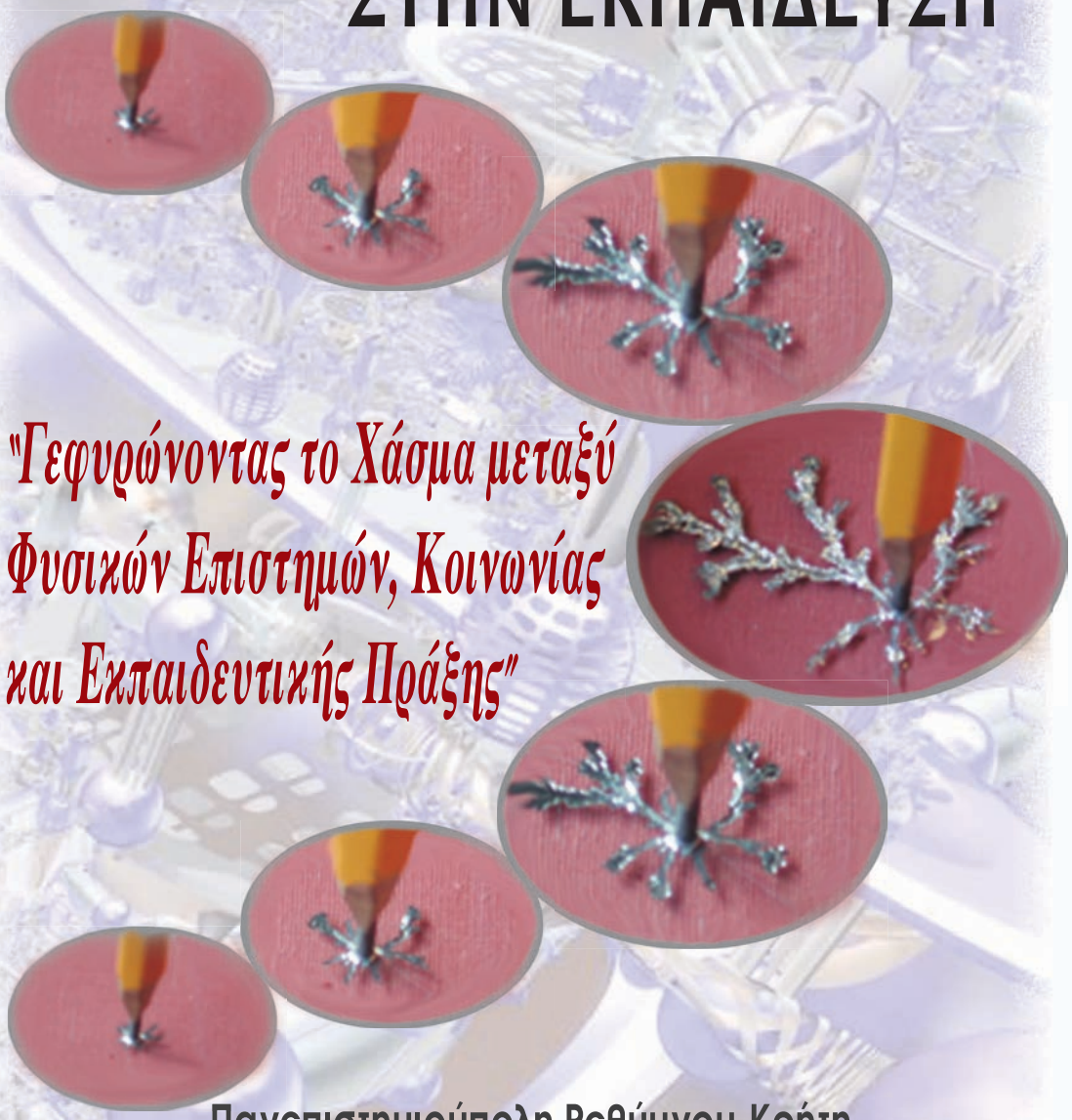
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ (ΕΔΘΕ)

ΕΝΕΦΕΤ
ΕΝωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία

10ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

ΠΡΑΚΤΙΚΑ



"Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης"

Πανεπιστημιούπολη Ρεθύμνου-Κρήτη

7-9 Απριλίου 2017

Blue Star Ferries www.bluestarferries.com
ANEK LINES www.anek.gr
MINOAN LINES a Grimaldi Group company
ΕΚΔΟΣΕΙΣ GUTENBERG
Κλαψινάκης
SCIENTIFIC APPLICATIONS
Διερευνητική Μάθηση why.gr
Samaria ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΟ ΝΕΡΟ

Πρακτικά

10ου Πανελλήνιου Συνέδριου
Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και
Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης

Ρέθυμνο, 2018

10ο Πανελλήνιο Συνέδριο
Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και
Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών,
Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης

Πρακτικά Συνεδρίου

ISBN 978-960-86978-3-6

Επιμέλεια έκδοσης: Σταύρου Δημήτρης, Μιχαηλίδη Αιμιλία, Κοκολάκη Αθανασία

Σελιδοποίηση, εξώφυλλο: Μεταξά Κωνσταντίνα

Τεχνική Υποστήριξη: Καπελώνης Νίκος

2018, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών
Πανεπιστήμιο Κρήτης

Web site: http://synedrio2017.enephet.gr

Πλήρης βιβλιογραφική αναφορά:

Σταύρου Δ., Μιχαηλίδη Α. & Κοκολάκη Α. (2017). Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, σελ. χχ-ψψ. http://synedrio2017.enephet.gr, Ημερομηνία πρόσβασης: ηη/μμ/εε

Συνέδριο με κρίση εργασιών

Όλες οι εργασίες του συνεδρίου κρίθηκαν με τυφλή κρίση από δύο τουλάχιστον κριτές, οι οποίοι/ες ήταν μέλη της επιστημονικής επιτροπής ή/και του αναφερόμενου καταλόγου κριτών.

Πρακτικά Συνεδρίου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ (ΕΔΘΕ)

ΕΝΕΦΕΤ
Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία

10ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

"Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης"

7-9 Απριλίου 2017
Πανεπιστήμιο Κρήτης,
Πανεπιστημιούπολη Ρεθύμνου

synedrio2017.enephet.gr

Επιμέλεια: Σταύρου Δημήτρης,
Μιχαηλίδη Αιμιλία &
Κοκολάκη Αθανασία

Υπό την Αιγίδα του Υπουργείου Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων

Οργανωτική Επιτροπή 10ου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ

Πρόεδρος

Σταύρου Δημήτρης, Αναπλ. Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης, Πρόεδρος Οργανωτικής Επιτροπής

Μέλη

1. Μιχαηλίδης Παναγιώτης, Ομότιμος Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης
2 Τζανάκης Κωνσταντίνος, Καθηγητής ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης
3. Καλαϊτζιδάκη Μαριάννα, Αναπλ. Καθηγήρια, ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης
4. Καλογιαννάκης Μιχάλης, Επικ. Καθηγητής, ΠΤΠΕ Παν. Κρήτης
5. Αναγνωστάκης Σίμος, Μέλος ΕΔΙΠ, ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης
6. Καπελώνης Νίκος, Μέλος ΕΤΕΠ, Σχολή Επιστημών Αγωγής Παν. Κρήτης
7. Βογιατζή Δήμητρα, Γραμματεία ΚΕΜΕ Παν. Κρήτης
8. Τσίγκρης Μιλτιάδης, Εκπ/κος Β/θμιας Εκπαίδευσης, Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ρεθύμνου
9. Τσαγλιώτης Νεκτάριος, Εκπ/κος Α/θμιας Εκπαίδευσης,
Υπεύθυνος Εργαστηρίου Φ.Ε. 9ου Δ.Σ. Ρεθύμνου
10. Μιχαηλίδη Αιμιλία – Αικατερίνη, Υποψ. Διδάκτορας ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης
11. Κοκολάκη Αθανασία, Μεταπτ. Φοιτ. ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης
12. Νιπυράκης Αργύρης, Μεταπτ. Φοιτ. ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης
13. Χοκούρογλου Δημήτρης, Μεταπτ. Φοιτ. ΠΤΔΕ Παν. Κρήτης

Δημιουργικό Αφίσας Συνεδρίου

Μεταξά Κωνσταντίνα, Μέλος ΕΤΕΠ του ΠΤΔΕ του Παν. Κρήτης

Επιστημονική Επιτροπή 10ου Συνεδρίου της ΕΝΕΦΕΤ

1. Αθανασίου Κυριάκος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
2. Αντώνογλου Λεμονιά, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
3. Ασημόπουλος Στέφανος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
4. Βαβουγυιός Διονύσιος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
5. Βελέντζας Αθανάσιος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
6. Γαλάνη Αποστολία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
7. Γαλανοπούλου Κωνσταντίνα, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
8. Δημητριάδη Κυριακή, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
9. Δημητρίου Αναστασία, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
10. Ζαχαρία Ζαχαρίας, Πανεπιστήμιο Κύπρου
11. Ζουπίδης Αναστάσιος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
12. Ιωαννίδης Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Πατρών
13. Καλαϊτζιδάκη Μαριάννα, Πανεπιστήμιο Κρήτης
14. Καλκάνης Γεώργιος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
15. Καλλέρη Μαρία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

16. Καλογιαννάκης Μιχαήλ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
17. Καριώτογλου Πέτρος, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
18. Κεβρεκίδης Θεόδωρος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
19. Κλωνάρη Κατερίνα, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
20. Κολιόπουλος Δημήτριος, Πανεπιστήμιο Πατρών
21. Κόλλιας Βασίλειος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
22. Κορφιάτης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Κύπρου
23. Κωνσταντίνου Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Κύπρου
24. Κώτσης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
25. Λαμπρινός Νικόλαος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
26. Λεύκος Ιωάννης, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
27. Μαλανδράκης Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
28. Μανδρίκας Αχιλλέας, Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ
29. Μαυρικάκη Ευαγγελία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
30. Μικρόπουλος Αναστάσιος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
31. Μιχαηλίδης Παναγιώτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης
32. Μολοχίδης Αναστάσιος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
33. Παντίδος Παναγιώτης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
34. Παρασκευάς Απόστολος, Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ
35. Παπαγεωργίου Γεώργιος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
36. Παπαδοπούλου Πηνελόπη, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
37. Παρασκευόπουλος Στέφανος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
38. Πετρίδου Ελένη, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
39. Πλακίτση Κατερίνα, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
40. Πνευματικός Δημήτριος, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
41. Πρίνου Λουκία, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
42. Ραβάνης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Πατρών
43. Σάλτα Αικατερίνη, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
44. Σιγάλας Μιχάλης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
45. Σκορδούλης Κωνσταντίνος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
46. Σκουμιός Μιχαήλ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
47. Σμυρναίου Ζαχαρούλα, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
48. Σούλιος Ιωάννης, Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ
49. Σπηλιωτοπούλου Βασιλική, ΑΣΠΑΙΤΕ Πατρών
50. Σπύρτου Άννα, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
51. Σταμοβλάσης Δημήτριος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
52. Σταύρου Δημήτριος, Πανεπιστήμιο Κρήτης
53. Ταραμόπουλος Αθανάσιος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
54. Τσιτσιπής Γεώργιος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
55. Τζανάκης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Κρήτης

56. Τζιμογιάννης Αθανάσιος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
57. Τζουγκράκη Χρύσα, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
58. Τσαπαρλής Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
59. Τσελφές Βασίλειος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
60. Τσιτουρίδου Μελπομένη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
61. Φασουλόπουλος Γεώργιος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
62. Χαλκιά Κρυσταλλία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
63. Χαριστός Νικόλαος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
64. Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
65. Χρηστίδου Βασιλεία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
66. Ψύλλος Δημήτριος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
67. Ψυχάρης Σαράντος, ΑΣΠΑΙΤΕ Αθηνών

Επιτροπή Κρίσης Εργασιών 10ου Συνεδρίου της ΕΝΕΦΕΤ

1. Αντώνογλου Λεμονιά, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
2. Ασημόπουλος Στέφανος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
3. Βαβουγυιός Διονύσιος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
4. Βελέντζας Αθανάσιος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
5. Γαλάνη Αποστολία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
6. Γαλανοπούλου Κωνσταντίνα, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
7. Γαρυφαλλίδου Δέσποινα, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
8. Δημητριάδη Κυριακή, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
9. Δημητρίου Αναστασία, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
10. Ζαχαρία Ζαχαρίας, Πανεπιστήμιο Κύπρου
11. Ζουπίδης Αναστάσιος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
12. Ιωαννίδης Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Πάτρας
13. Καλαϊτζιδάκη Μαριάννα, Πανεπιστήμιο Κρήτης
14. Καλκάνης Γεώργιος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
15. Καλλέρη Μαρία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
16. Καλογιαννάκης Μιχαήλ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
17. Καριώτογλου Πέτρος, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
18. Κλωνάρη Κατερίνα, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
19. Κολιόπουλος Δημήτρης, Πανεπιστήμιο Πατρών
20. Κόλλας Σπύρος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
21. Κόλλιας Βασίλης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
22. Κορφιάτης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Κύπρου
23. Κώτσης Κώστας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
24. Λαμπρινός Νίκος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
25. Λεύκος Ιωάννης, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
26. Μαλανδράκης Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

27. Μανδρίκας Αχιλλέας, Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ
28. Μαυρικάκη Ευαγγελία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
29. Μιχαηλίδης Παναγιώτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης
30. Μολοχίδης Αναστάσιος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
31. Παντίδος Παναγιώτης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
32. Παρασκευάς Απόστολος, Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ
33. Παπαγεωργίου Γεώργιος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
34. Παπαδοπούλου Πηνελόπη, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
35. Πατρινόπουλος Ματθαίος, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
36. Πετρίδου Ελένη, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
37. Πλακίτση Αικατερίνη, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
38. Πρίνου Λουκία, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
39. Ραβάνης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Πατρών
40. Σάλτα Αικατερίνη, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
41. Σιγάλας Μιχάλης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
42. Σκορδούλης Κώστας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
43. Σκουμιός Μιχαήλ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
44. Σμυρναίου Ζαχαρούλα, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
45. Σούλιος Ιωάννης, Σχολικός Σύμβουλος ΠΕ
46. Σπηλιωτοπούλου Βασιλική, ΑΣΠΑΙΤΕ Πατρών
47. Σπύρτου Άννα, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
48. Σταμοβλάσης Δημήτριος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
49. Σταράκης Ιωάννης, Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
50. Σταύρου Δημήτριος, Πανεπιστήμιο Κρήτης
51. Στεφανίδου Κωνσταντίνα, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
52. Σωτηρόπουλος Δημήτριος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
53. Ταραμόπουλος Θανάσης, Δευτεροβάθμια εκπαίδευση
54. Τζανάκης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Κρήτης
55. Τζουγκράκη Χρύσα, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
56. Τσάκωνας Παναγιώτης, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
57. Τσαπαρλής Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
58. Τσελφές Βασίλης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
59. Χαλκιά Κρυσταλλία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
60. Χαλκίδης Άνθιμος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
61. Χανιωτάκης Νικόλαος, Πανεπιστήμιο Κρήτης
62. Χαριστός Νικόλαος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
63. Χαρίτος Κωνσταντίνος, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
64. Χρηστίδου Βασιλεία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
65. Ψύλλος Δημήτριος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Γεφυρώνοντας το Χάσμα Μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Πλαίσιο του Συνεδρίου

Το 1997 η σχετικά νέα την εποχή εκείνη για τον ελληνικό χώρο ερευνητική κοινότητα της *Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* στο πλαίσιο μιας ημερίδας στην Αθήνα, αποφάσισε τη διοργάνωση Πανελληνίων Συνεδρίων κάθε δύο χρόνια. Το πρώτο συνέδριο διοργανώθηκε το 1998 από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Έκτοτε έχουν γίνει συνολικά 9 πανελλήνια συνέδρια, με το τελευταίο να διοργανώνεται και πάλι από το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (2015). Το παρόν συνέδριο (10ο Πανελλήνιο Συνέδριο) αποτελεί τη φυσική συνέχεια των προηγούμενων και διοργανώνεται από το Πανεπιστήμιο Κρήτης και ειδικότερα από το Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης.

Παράλληλα, η παραπάνω ερευνητική κοινότητα, η οποία στο μεταξύ διευρύνθηκε αρκετά με τη συμμετοχή νέων ερευνητών, στο συνέδριο της Αλεξανδρούπολης το 2011 αποφάσισε την ίδρυση ενός επιστημονικού σωματείου, αναφορικά με την έρευνα στην περιοχή της Εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και της Τεχνολογίας, με την επωνυμία «ΕΝΕΦΕΤ» (Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία). Η ΕΝΕΦΕΤ, σε συνεργασία με Πανεπιστημιακά Ιδρύματα, διοργανώνει πλέον τα αντίστοιχα συνέδρια.

Σκοπός των συνεδρίων αυτών, όπως και του παρόντος, αποτελεί η ανακοίνωση και η ενημέρωση για την έρευνα που διεξάγεται τόσο σε πανελλήνιο, όσο και σε διεθνές επίπεδο, η συζήτηση για τη βελτίωση της εκπαίδευσης στις ΦΕ και την Τεχνολογία, η ανάδειξη καινοτόμων εφαρμογών, η επικοινωνία και η αλληλεπίδραση μεταξύ ερευνητών και εκπαιδευτικών όλων των βαθμίδων. Στα συνέδρια αυτά παρέχεται η δυνατότητα για συζήτηση και ανταλλαγή απόψεων μεταξύ έμπειρων και νέων ερευνητών, εν ενεργεία, αλλά και μελλοντικών εκπαιδευτικών με αντικείμενο την Εκπαίδευση στις ΦΕ και την Τεχνολογία.

Λαμβάνοντας υπόψη τις πρόσφατες εξελίξεις στη Διδακτική των ΦΕ, στο παρόν συνέδριο, επιχειρήθηκε να αναδειχθούν εκείνες οι διαστάσεις της εκπαιδευτικής έρευνας που θα γεφυρώνουν το χάσμα μεταξύ της έρευνας αιχμής σε επιστημονικά αντικείμενα φυσικών επιστημών και της σχέσης τους με την κοινωνία και την εκπαιδευτική πράξη. Αντικείμενα που σχετίζονται με την έρευνα αιχμής δίνουν στους μαθητές την ευκαιρία να βιώσουν την επιστημονική γνώση εν τη γενέσει της, καθώς ορίζουν μια επιστημονική περιοχή που δεν είναι ακόμα σε κατασταλαγμένη και παγιωμένη μορφή και η οποία χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητα ως προς την εφαρμογή των επιστημονικών της επιτευγμάτων. Ως εκ τούτου η εισαγωγή αντικειμένων σύγχρονης επιστημονικής έρευνας στα αναλυτικά προγράμματα των ΦΕ μπορεί να καταστεί πολύ υποβοηθητική για τον εκπαιδευτικό προκειμένου να αναδείξει ζητήματα που αφορούν στην Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία (Responsible Research and Innovation, RRI). Η Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία, η οποία αποτελεί ένα σημαντικό πυλώνα στο πλαίσιο των προγραμμάτων Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, είναι μια διαδραστική διαδικασία με στόχο την ενίσχυση των κοινωνικών, ηθικών και περιβαλλοντικών πτυχών της επιστημονικής έρευνας. Για την Εκπαίδευση στις ΦΕ και τη Τεχνολογία, αυτό συνεπάγεται, μια μετατόπιση του περιεχομένου για διδασκαλία από την «καθαρή» επιστημονική γνώση που αφορά σε κατανόηση αποκλειστικά φυσικών αρχών, φαινομένων, μεθοδολογιών κλπ. σε περιεχόμενο όπου αναδεικνύονται επιπλέον και οι διάφορες κοινωνικές διαστάσεις της ανάπτυξης και των εφαρμογών της επιστημονικής γνώσης (π.χ. έμφυλη διάσταση στην έρευνα, ανοικτή πρόσβαση στην πληροφορία, ηθικές διαστάσεις των εφαρμογών της επιστημονικής γνώσης, διακυβέρνηση κλπ.)

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, απευθύνθηκε πρόσκληση στα μέλη της επιστημονικής και εκπαιδευτικής κοινότητας που δραστηριοποιούνται στην περιοχή της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας να υποβάλλουν εργασίες που αφορούσαν σε μια ή περισσότερες από τις ακόλουθες θεματικές:

- Διδασκαλία και μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ)
- Διδασκαλία και μάθηση στην Τεχνολογία
- Αντιλήψεις και συλλογισμοί μαθητών και εκπαιδευτικών
- Αναλυτικά Προγράμματα και βιβλία στις ΦΕ και την Τεχνολογία
- Εφαρμογές ΤΠΕ στη διδασκαλία των ΦΕ και της Τεχνολογίας
- Εκπαίδευση και Επιμόρφωση Εκπαιδευτικών
- Επιστημονικός γραμματισμός
- Εκπαιδευτική αξιοποίηση της Ιστορίας και Φιλοσοφίας στις ΦΕ και την Τεχνολογία
- Διδακτικές πρακτικές
- Πειραματική διδασκαλία
- Αναλογίες, μοντέλα και μοντελοποίηση
- Άτυπη εκπαίδευση στις ΦΕ και την Τεχνολογία
- Διαθεματικές προσεγγίσεις στις ΦΕ και την Τεχνολογία
- Περιβαλλοντικές εκπαιδευτικές προσεγγίσεις

Διεξαγωγή του συνεδρίου

Η ανταπόκριση στο κάλεσμα αυτό υπήρξε ιδιαίτερα μεγάλη. Μετά την τυφλή κρίση των εργασιών από δύο ανεξάρτητους κριτές, και την απόρριψη ενός αριθμού προτάσεων που δεν ανταποκρινόταν στα επιστημονικά πρότυπα του συνεδρίου, τελικά έγιναν αποδεκτές για παρουσίαση 181 εργασίες, οι οποίες κατανέμονται ως ακολούθως:

- Συμπόσια: **4** (σύνολο εργασιών 18)
- Προφορικές Ανακοινώσεις: **100**
- Αναρτημένες Ανακοινώσεις: **22**
- Εργαστήρια: **13**
- Εργασίες Εφαρμογής: **22**
- Υπαίθριες δραστηριότητες: **3**
- Στρογγυλά τραπέζια: **3**

Επίσης στο συνέδριο υπήρχαν τρεις κεντρικές ομιλίες από συναδέλφους που προέρχονταν από τη Γερμανία (Michael Komorek, Physics Education, University of Oldenburg), το Ισραήλ (Ron Blonder, Chemistry Education, Weizmann Institute of Science) και την Κύπρο (Κωνσταντίνος Κορφιάτης, Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Τμήμα Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου).

Ειδική μνεία αξίζει στις υπαίθριες δραστηριότητες, όπου συμμετείχαν μαθητές από σχολεία της Κρήτης, φοιτητές του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης, αλλά και συνάδελφοι εκπαιδευτικοί από το ΕΚΦΕ Χανίων.

Τέλος στο πλαίσιο των εργασιών του Συνεδρίου διοργανώθηκε από την ΕΝΕΦΕΤ συζήτηση με τους συνέδρους με τίτλο «Το παρόν και το μέλλον της Διδακτικής των Φ.Ε. σε Πανελλήνιο και Διεθνές επίπεδο».

Στο συνέδριο, το οποίο είχε τεθεί υπό την αιγίδα του Υπουργείου Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων (έγγραφο με αρ. Πρωτ.: Φ.14/1227/96178/Δ1), συμμετείχαν Πανεπιστημιακοί, Σχολικοί Σύμβουλοι και Εκπαιδευτικοί Προσχολικής, Πρωτοβάθμιας & Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Προπτυχιακοί και Μεταπτυχιακοί φοιτητές, Υποψήφιοι Διδάκτορες και Μεταδιδάκτορες από την Ελλάδα και την Κύπρο που ασχολούνται με την Έρευνα και τη Διδασκαλία στην περιοχή των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας.

Το συνέδριο ξεκίνησε με χαιρετισμούς που απηύθυναν ο Πρύτανης του Πανεπιστημίου Κρήτης κ. Ζώρας Οδυσσέας, ο Αντιδήμαρχος Παιδείας του Δήμου Ρεθύμνης κ. Γεωργαλής Γεώργιος, η Διευθύντρια του Κέντρου Ερευνών και Μελετών του Πανεπιστημίου Κρήτης (ΚΕΜΕ) κ. Κούση Μαρία καθώς και η Πρόεδρος του ΠΤΔΕ κ. Βασιλάκη Ελένη. Χαιρετισμούς απέστειλαν στους συνέδρους με επιστολή τους και η Αντιπεριφερειάρχης Ρεθύμνης κ. Λιονή Μαρία καθώς και η Κοσμήτορας της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου Κρήτης κ. Τάφα Ευφημία. Η χορωδία των φοιτητών του ΠΤΔΕ του Παν. Κρήτης υπό τη διεύθυνση της κ. Τριχάκη καθώς και μαθητές από το Πειραματικό Γενικό Λύκειο Ρεθύμνου με ένα θεατρικό δρώμενο φρόντισαν να διανθίσουν την έναρξη του Συνεδρίου με μια καλλιτεχνική νότα.

Ένα σημαντικό γεγονός που έλαβε χώρα στο πλαίσιο αυτού του Συνεδρίου ήταν η υλοποίηση της απόφασης που πάρθηκε ομόφωνα από το Διοικητικό Συμβούλιο της ΕΝΕΦΕΤ για βράβευση του αφυπηρετήσαντα Καθηγητή κ. Δημήτρη Ψύλλου από το ΠΤΔΕ του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης για την πολυετή προσφορά του στην έρευνα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Η τελετή έλαβε χώρα κατά την έναρξη του συνεδρίου, όπου ο κ. Πέτρος Καριώτογλου από το ΠΤΝ του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας σκιαγράφησε το έργο του κ. Ψύλλου στον οποίο ακολούθως απονεμήθηκε τιμητική πλακέτα από την ΕΝΕΦΕΤ.

Καινοτομία του Συνεδρίου αυτού αποτέλεσε η δημιουργία ηλεκτρονικής πλατφόρμας για την υποβολή και κρίση εργασιών. Η πλατφόρμα έδινε τη δυνατότητα μετά από εγγραφή του χρήστη να ανεβάσει την εργασία του. Η κάθε εργασία έπαιρνε έναν κωδικό από το σύστημα προκειμένου να διατηρηθεί η ανωνυμία των συγγραφέων. Στη συνέχεια γινόταν ανάθεση των εργασιών από τους διοργανωτές σε δύο ανεξάρτητους κριτές, οι οποίοι συμπλήρωναν το φύλλο αξιολόγησης ηλεκτρονικά. Οι διοργανωτές έστελναν μέσω της πλατφόρμας τις αξιολογικές κρίσεις στους συγγραφείς, και όπου απαιτούνταν από τους κριτές διορθώσεις, οι συγγραφείς καλούνταν να υποβάλλουν εκ νέου την εργασία τους με βάση τις παρατηρήσεις των κριτών. Για την υποβολή των εργασιών ακολουθήθηκε η πρακτική που εγκαινιάστηκε στο προηγούμενο συνέδριο για υποβολή συνόψεων μέχρι τέσσερις σελίδες πριν το συνέδριο. Ακολούθως μετά το συνέδριο με νέα πρόσκληση ζητήθηκε από τους συγγραφείς πλήρες κείμενο των εργασιών τους, οι οποίες εστάλησαν και πάλι ηλεκτρονικά. Επίσης μέσω της πλατφόρμας υπήρχε η δυνατότητα πρόσβασης των συνέδρων στις περιλήψεις, στις συνόψεις, καθώς και την ώρα και αίθουσα παρουσίασης που απεικονίζονταν ανά εργασία. Επίσης για τη διάχυση των πληροφοριών που αφορούσαν το συνέδριο δημιουργήθηκε μια ιστοσελίδα (http://synedrio 2017.enephet.gr) που ανανεωνόταν κατά τακτά χρονικά διαστήματα. Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Νίκο Καπελώνη, μέλος ΕΤΕΠ της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου Κρήτης, για την υπομονή και επιμονή του στην ανάπτυξη της πλατφόρμας και της ιστοσελίδας, ένα έργο το οποίο όσο και αν φαίνεται στις μέρες μας «αυτονόητο» απαίτησε πάρα πολλές ώρες δουλειάς.

Για τη διάχυση της πληροφορίας σχετικά με τη διοργάνωση του συνεδρίου αξιοποιήθηκαν επίσης δομές με πρόσβαση σε δίκτυα εκπαιδευτικών, όπως οι Περιφερειακές Διευθύνσεις Εκπαίδευσης, Σχολικοί Σύμβουλοι, Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (ΕΚΦΕ), αλλά και η Γενική Διεύθυνση Σπουδών Α/θμιας και Β/θμιας Εκπαίδευσης του Υπουργείου Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων.

Πρακτικά του συνεδρίου

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω μετά το πέρας των εργασιών του συνεδρίου οι συγγραφείς κλήθηκαν να υποβάλλουν για όλες τις κατηγορίες παρουσίασης (εκτός των στρογγυλών τραπεζιών), αν επιθυμούν, πλήρεις εργασίες για τον τόμο των πρακτικών του συνεδρίου. Από την πρόσκληση αυτή λάβαμε ανά κατηγορία παρουσίασης:

- Συμπόσια: **3** (σύνολο εργασιών 14)
- Προφορικές Ανακοινώσεις: **89**
- Αναρτημένες Ανακοινώσεις: **18**
- Εργαστήρια: **10**
- Εργασίες Εφαρμογής: **20**
- Υπαίθριες δραστηριότητες: **3**

Υποβλήθηκαν επομένως συνολικά 154 πλήρεις εργασίες οι οποίες ελέγχθηκαν από μέλη της οργανωτικής επιτροπής του συνεδρίου ως προς τη συνέπειά τους και την ωρίμανση σε σχέση με τις συνόψεις και δημοσιεύονται στο παρόν τόμο πρακτικών. Για την πληρέστερη ενημέρωση της επιστημονικής κοινότητας σχετικά με τις εργασίες που παρουσιάστηκαν στο συνέδριο, αποφασίστηκε να δημοσιευτούν σε ξεχωριστό παράρτημα και οι συνόψεις των εργασιών που δεν έστειλαν πλήρη κείμενα. Για τις συνόψεις ισχύει:

- Συμπόσια: **1** (σύνολο εργασιών 4)
- Προφορικές Ανακοινώσεις: **11**
- Αναρτημένες Ανακοινώσεις: **4**
- Εργαστήρια: **3**
- Εργασίες Εφαρμογής: **2**
- Στρογγυλά Τραπέζια: **3**

Ως εκ τούτου τα παρόντα πρακτικά χωρίζονται σε δύο μέρη: Α' μέρος: Πλήρεις Εργασίες (154) και Β' Μέρος: Συνόψεις Εργασιών (27).

Στο Α' μέρος των πρακτικών εκτός από τις πλήρεις εργασίες που έχουν χωριστεί σε ευρύτερες ενότητες ανάλογα με το είδος τους: συμπόσια, προφορικές ανακοινώσεις, αναρτημένες ανακοινώσεις, εργαστήρια και εργασίες εφαρμογής περιλαμβάνονται επίσης και οι τρεις κεντρικές ομιλίες που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια του συνεδρίου. Για την καλύτερη εποπτεία των εργασιών για τις προφορικές ανακοινώσεις, έχοντας ως σημείο αναφοράς τις θεματικές περιοχές του συνεδρίου αναπτύχθηκαν οι παρακάτω υποκατηγορίες:

Διδασκαλία και Μάθηση στις ΦΕ	24
Εφαρμογές ΤΠΕ στη διδασκαλία ΦΕ	18
Αναλογίες, Μοντέλα και Επιχειρηματολογία	6
Αναλυτικά Προγράμματα και σχολικά εγχειρίδια στις ΦΕ	6
Αντιλήψεις και συλλογισμοί μαθητών/φοιτητών	6
Άτυπη εκπαίδευση στις ΦΕ	6
Διδακτικές προσεγγίσεις σύγχρονων θεμάτων ΦΕ	6
Εκπαίδευση και Επιμόρφωση εκπαιδευτικών	6
Πειραματική διδασκαλία	6
Περιβαλλοντικές Εκπαιδευτικές Προσεγγίσεις	6
Επιστήμες της Γης και διδασκαλία ΦΕ	5
Επιστημολογικοί, συναισθηματικοί και κοινωνικοπολιτισμικοί παράγοντες στη διδασκαλία ΦΕ	5

Από τον πίνακα αυτό γίνεται φανερό ότι η πολυπληθέστερη κατηγορία αφορά στην ευρύτερη περιοχή της διδασκαλίας και μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες (24), ακολουθούμενη από τις εφαρμογές ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φ.Ε. (18), γεγονός που δείχνει τη σημαντική επίδραση των ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φ.Ε. Στις υπόλοιπες κατηγορίες οι εργασίες είναι σχεδόν ισοκατανεμημένες (5-6) καλύπτοντας μια ευρεία περιοχή θεματικών ενοτήτων, αναδεικνύοντας έναν πλουραλισμό στις ερευνητικές κατευθύνσεις.

Προοπτικές

Αν κρίνουμε από τον αριθμό των εργασιών που υποβλήθηκαν σε αυτό το συνέδριο, παρατηρείται από το 2011 και μετά μια συνεχώς αυξανόμενη συμμετοχή στα συνέδρια της ΕΝΕΦΕΤ. Παρόλη τη γεωγραφική απόσταση της Κρήτης από την υπόλοιπη Ελλάδα, αλλά και τις συνθήκες οικονομικής κρίσης που ακόμα βιώνουμε, ο αριθμός των εργασιών ξεπέρασε αυτές των προηγούμενων συνεδρίων. Αυτό είναι πολύ ενθαρρυντικό για την ερευνητική κοινότητα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Μία από τις αιτίες που μπορεί να συνέβαλε σε αυτό πέρα από την ενασχόληση όλο και περισσοτέρων νέων ερευνητών με το συγκεκριμένο πεδίο, είναι η οργάνωση της ερευνητικής κοινότητας της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών σε ένα συγκροτημένο σώμα που αποτελεί η ΕΝΕΦΕΤ. Η ωρίμανση των διαδικασιών εντός της ΕΝΕΦΕΤ και η διαμόρφωση ενός σαφούς πλαισίου, όπως αυτό περιγράφεται στο καταστατικό της ΕΝΕΦΕΤ, έθεσε πολύ ξεκάθαρα τους σκοπούς και τους στόχους της κοινότητας της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών με αποτέλεσμα αυτό να αντανακλάται πλέον και στα συνέδρια. Ας ελπίσουμε ότι θα συνεχιστεί αυτή η τάση και στο μέλλον και τα συνέδρια θα αποκτήσουν μια μεγαλύτερη δυναμική.

Η απαίτηση του τίτλου του συνεδρίου για γεφύρωση του χάσματος μεταξύ φυσικών επιστημών, κοινωνίας και εκπαιδευτικής πράξης θεωρούμε ότι επιτεύχθηκε σε μεγάλο βαθμό. Η σύνδεση με την κοινωνία επιτεύχθηκε κυρίως μέσω των προβληματισμών που αναπτύχθηκαν για μάθηση των Φυσικών Επιστημών σε μουσεία, κέντρα επιστήμης και ερευνητικά κέντρα, σε συνδυασμό με τη διαπραγμάτευση σύγχρονων κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων στη διδασκαλία των Φυσικών επιστημών, όπως έδειξαν λιγότερο ή περισσότερο και οι τρεις κεντρικές ομιλίες. Η σύνδεση με την εκπαιδευτική πράξη υπήρξε πολύ έντονη όχι μόνο λόγω της συμμετοχής των εκπαιδευτικών προσχολικής,

πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο συνέδριο, αλλά και της δυνατότητας που τους δόθηκε να υποβάλλουν εργασίες με καλές πρακτικές (ως εργασίες εφαρμογής), για τις οποίες οι προδιαγραφές και τα κριτήρια ήταν διαφορετικά από τις ερευνητικές εργασίες. Είναι ένας θεσμός που ξεκίνησε στο 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο, με αυξανόμενη συμμετοχή στο παρόν συνέδριο. Ως εκ τούτου θεωρούμε ότι είναι μια πρακτική, η οποία πρέπει να διατηρηθεί και να ενισχυθεί στα επόμενα συνέδρια.

Δυστυχώς η απουσία στελεχών της εκπαίδευσης, εκτός από κάποιους λίγους σχολικούς συμβούλους, και γενικότερα ατόμων που χαράσσουν εκπαιδευτική πολιτική ήταν εμφανής. Σε ένα συνέδριο αυτού του επιπέδου, όπου παρουσιάζονται και συζητούνται οι τελευταίες εξελίξεις στην έρευνα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα και στην Κύπρο θα έπρεπε να ήταν παρόντες άνθρωποι που με τον ένα ή άλλο τρόπο συμμετέχουν στη διαμόρφωση της εκπαιδευτικής πολιτικής, έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνουν ενήμερες αποφάσεις. Σε επόμενα συνέδρια της ΕΝΕΦΕΤ η προσέλκυση στελεχών εκπαίδευσης θα πρέπει να αποτελέσει ένα βασικό στόχο, έτσι ώστε οι αποφάσεις που λαμβάνονται σε επίπεδο εκπαιδευτικής πολιτικής σε σχέση με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας να βασίζονται στις εξελίξεις στο συγκεκριμένο επιστημονικό χώρο.

Ευχαριστίες

Η οργάνωση του 10ου Συνεδρίου ξεκίνησε σχεδόν αμέσως μετά το Συνέδριο στη Θεσσαλονίκη το Μάιο του 2015. Συστάθηκε η οργανωτική επιτροπή του συνεδρίου, η οποία με διαρκείς συναντήσεις έπαιρνε αποφάσεις και διαμόρφωσε το πλαίσιο διεξαγωγής του συνεδρίου. Θα ήθελα σε αυτό το σημείο να ευχαριστήσω όλα τα μέλη της οργανωτικής επιτροπής, ο καθένας από τους οποίους με τον τρόπο συνέβαλε στην επιτυχή διεξαγωγή του συνεδρίου.

Ένα ευχαριστώ οφείλουμε στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης και την Πρόεδρό του την περίοδο εκείνη κ. Βασιλάκη Ελένη για την στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια προετοιμασίας του συνεδρίου αλλά και για την οικονομική ενίσχυση που διευκόλυνε τις παροχές προς τους Συνέδρους. Επίσης ευχαριστούμε το Πανεπιστήμιο Κρήτης για τις υποδομές και τις διευκολύνσεις που μας παρείχε.

Οι ευχαριστίες μας αφορούν και σε αυτούς που με παροχές ή οικονομική ενίσχυση συνέβαλαν στην διοργάνωση του συνεδρίου και ήταν: Το τμήμα Πολιτισμού και Τουρισμού του Δήμου Ρεθύμνης, τις εκδόσεις Gutenberg, το βιβλιοπωλείο Κλαψινάκης, τη Scientific Applications – PASCO, τη Διερευνητική Μάθηση, το επιτραπέζιο νερό Samaria, την Anek-Lines/Blue Star Ferries και τη Minoan Lines.

Ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ απευθύνεται βέβαια στα «παιδιά» του συνεδρίου (φοιτητές, μεταπτυχιακοί και υποψήφιοι διδάκτορες) των οποίων ο ρόλος ήταν κάτι παραπάνω από πολύτιμος. Βοήθησαν ενεργά τόσο στην προετοιμασία του συνεδρίου όσο και στη διεξαγωγή του ευρισκόμενοι στις αίθουσες, στη γραμματεία, στους διαδρόμους… , πρόθυμοι να εξυπηρετήσουν τους συνέδρους. Ευχαριστώ λοιπόν τους: Αλβανού Φιλιώ, Αρκούδη Αγγελική, Βόλακα Μιχάλη, Βουράκη Μάγια, Ηλιάκη Γεωργία, Ιατράκη Νίκη, Καλατζαντωνάκη Μιχάλη, Κονσολάκη Μάρια, Κουρή Ιωάννα, Μαρινάκη Ιωάννα, Μαρκάκη Μαρία, Νεοφώτιστο Ρήγα, Νιπυράκη Αργύρη, Ξένου Ηλέκτρα, Πανηγυράκη Άννα, Παπαδάκη Πέτρο, Σανδαλάκη Νίκο, Σημαντηράκη Μαρία, Στρογγυλού Αργυρώ, Τσουρουνάκη Ελένη, Χαιρέτη Μανόλη, Χαραλαμπάκη Ειρήνη, Χοκούρογλου Δημήτρή.

Ένα ευχαριστώ επίσης στην Ντίνα Μεταξά, μέλος ΕΤΕΠ του ΠΤΔΕ του Παν. Κρήτης για τα υπέροχα γραφικά του συνεδρίου (αφίσες, μπάνερ, εξώφυλλα κλπ.) αλλά και την επιμέλεια της έντυπης μορφής του προγράμματος του συνεδρίου.

Θα ήθελα, κλείνοντας, να κάνω ιδιαίτερη μνεία στην Έμιλυ Μιχαηλίδη, υποψήφια διδάκτορα του ΠΤΔΕ του Παν. Κρήτης και την Αθανασία Κοκολάκη, μεταπτυχιακή φοιτήτρια του ΠΤΔΕ του Παν. Κρήτης. Η συμβολή τους δεν μπορεί να αποτιμηθεί εύκολα μιας και υπήρξαν οι βασικοί συντελεστές που έδωσαν πνοή στο συνέδριο με τις καινοτόμες ιδέες τους και την πολύωρη για μεγάλο χρονικό διάστημα εργασία τους. Είχαν την πλήρη εποπτεία όλων των διαδικασιών του συνεδρίου και έδιναν λύσεις σε οργανωτικά ζητήματα όταν και όπου απαιτούνταν. Ήταν το σημείο αναφοράς όλων μας… ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ!!!

Δημήτρης Σταύρου
Πρόεδρος της Οργανωτικής Επιτροπής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Α΄ ΜΕΡΟΣ: Πλήρεις Εργασίες

ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΟΜΙΛΙΕΣ

UNDERSTANDING OUT-OF-SCHOOL LEARNING PROCESSES IN STEM DISCIPLINES-WHAT APPEAL DO SCIENCE CENTERS, EXHIBITIONS AND STUDENT LAB OFFER?
Michael Komorek 1

«ΗΠΙΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΣΜΟΣ», ΠΑΙΔΙΚΗ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ
Κορφιάτης Κωνσταντίνος 13

LEARNING SCIENCE THROUGH CONTEMPORARY RESEARCH AND INTEGRATING RESPONSIBLE RESEARCH AND INNOVATION (RRI) INTO SCIENCE EDUCATION
Ron Blonder 22

ΣΥΜΠΟΣΙΑ

ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
Άννα Σπύρτου, Δημήτρης Σταύρου 31

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ Η ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Ιωάννης Καρατάσιος, Βασίλειος Κωνσταντούδης, Ιωάννης Λαζάρου, Μερόπη Σανοπούλου, Χρήστος Τράπαλης, Καλιόπη Τροχίδου 33

ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΝΩΡΙΜΙΑΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟ ΕΚΕΦΕ "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ"
Δημήτριος Βελεσιώτης, Ευάγγελος Αλμπάνης, Μαρία-Ελένη Βλαχοπούλου, Γεώργιος Παπαδημητρόπουλος, Ιωάννης Λεοντής, Βιολέττα Γιαννέτα, Χάρης Γεωργίου, Μαρία Βερούτη, Κωνσταντίνος Γιαννακόπουλος 37

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ-ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ
Λεωνίδας Μάνου, Άννα Σπύρτου, Ευρυπίδης Χατζηκρανιώτης, Πέτρος Καριώτογλου 44

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΙΑΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΘΗΣΗΣ
Γιάννης Σγουρός, Δημήτρης Σταύρου 52

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΜΕ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΠΕΥΘΥΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ
Αιμιλία Μιχαηλίδη, Δημήτρης Σταύρου 61

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ STEAM ΣΕ ΜΙΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ
Κατερίνα Πλακίτση.....69

ΤΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΣΧΕΔΙΟ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΣΤΙΣ ΜΙΚΡΕΣ ΗΛΙΚΙΕΣ
Ελένη Κολοκούρη, Κατερίνα Πλακίτση.....71

ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Ευτυχία Νάννη, Κατερίνα Πλακίτση.....78

ΕΝΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ MOODLE
Ευθύμιος Σταμούλης, Παναγιώτης Πήλιουρας, Νίκος Κολιός, Νεκτάριος Τσαγλιώτης, Κατερίνα Πλακίτση, Φανή Σέρογλου.....85

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ
Αναστασία Γκουλγκούτη, Αικατερίνη Πλακίτση.....91

ΓΕΦΥΡΩΝΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ, ΤΙΣ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΤΟ ΑΕΙΦΟΡΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ
Μαρία Τοπολιάτη.....97

ΕΝΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΠΤΥΧΕΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ
Πέτρος Καριώτογλου, Άννα Σπύρτου.....103

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ/ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΠΕΠΟΙΘΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ
Πηνελόπη Παπαδοπούλου, Σοφία Αυγητίδου.....105

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ: Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΟΨΕΩΝ ΤΗΣ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ-ΜΑΘΗΣΗ
Μαρία Χαϊτίδου, Άννα Σπύρτου.....116

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «STED» ΣΤΗ ΔΙΕΥΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΨΕΩΝ ΔΥΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
Αικατερίνη Γκιγκοπούλου, Γεώργιος Μαλανδράκης, & Πέτρος Καριώτογλου.....123

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
Χριστίνα Τσαλίκη, Γεώργιος Μαλανδράκης, Πηνελόπη Παπαδοπούλου, Πέτρος Καριώτογλου.....132

ΠΡΟΦΟΡΙΚΕΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ

Η ''ΤΥΦΛΟΤΗΤΑ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΑ ΦΥΤΑ'' ΩΣ ΜΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΟΣΜΟΥ: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ
Αλέξανδρος Αμπράζης, Πηνελόπη Παπαδοπούλου 141

ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΝΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΥΝ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ: ΜΙΑ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΛΑΤΕΙΑΣ
Γεωργία Αγγέλου, Λία Γαλάνη, Ευαγγελία Μαυρικάκη 147

ΑΠΟΨΕΙΣ ΠΟΛΙΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΣΤΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ
Ευάγγελος Καπίας, Γεώργιος Μαλανδράκης, Ελένη Τσακιρίδου 155

ΣΧΟΛΙΚΟΙ ΛΑΧΑΝΟΚΗΠΟΙ, ΠΑΙΔΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΕΓΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ: ΜΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ
Στέλλα Πέτρου, Κωνσταντίνος Κορφιάτης 162

Ο ΤΟΠΟΣ ΜΟΥ ΚΑΙ Η ΘΑΛΑΣΣΑ. ΕΝΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ "ΒΑΣΙΣΜΕΝΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ"
Μαριάννα Καλαϊτζιδάκη, Αμαλία Φιλιππάκη 168

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

ΟΙ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΝΑ ΚΡΙΝΟΥΝ ΤΑ ΑΠΟΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ ΓΡΑΠΤΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΑ
Ευδοκία Ταράλλη, Μιχαήλ Σκουμιός 177

Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΖΑΧΑΡΗΣ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΟΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ
Ελένη Πράττα, Άννα Κουκά 186

ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΑΠΟ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ
Γεώργιος Στύλος, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης 193

ΣΤΑΣΕΙΣ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Μαρία Μπιμπούδη 200

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΣΤ' ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΜΕ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ
Νικολέτα Γεκενίδου, Παπαλεξόπουλος Παναγιώτης, Διονύσης Βαβουγυιός, Φίλιππος Βλάχος 207

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΕΝΝΟΙΩΝ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ
Κυριακή Μακρυγιάννη, Γιάννης Αποστολάκης, Δήμητρα Χατζηδάκη, Στέφανος Φύσκιλης, Ελένη Φέγγου, Παναγιώτης Παπαλεξόπουλος 214

ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ ΩΣ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ
Ευαγγελία Ηρακλειώτη Παναγιώτης Παντίδος Μαρία Μπιρμπίλη 222

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (INSTALLATION ART): ΜΙΑ ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΙΔΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΦΩΣ ΜΕΣΩ ΥΛΙΚΩΝ ΤΕΧΝΗΜΑΤΩΝ
Ιωάννα Γιαννουλάτου, Αντιγόνη Παρούση, Βασίλης Τσελφές 230

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ
Αναστασία Λυμνίδου, Άγγελος Σοφιανίδης, Μαρία Καλλέρη 239

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ
Χριστίνα Ανθούλας, Μιχαήλ Σκουμιός 245

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΙΑΣ ΝΗΠΙΑΓΩΓΟΥ ΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
Πασχαλία Δάρατζη, Άννα Σπύρτου, Πηνελόπη Παπαδοπούλου 254

Η ΧΡΗΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ – ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ, ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ
Μαρία Βλαχολιά, Στέλλα Βοσνιάδου, Κατερίνα Σάλτα, Πέτρος Ρούσσος, Σμαράγδα Καζή, Μιχάλης Σιγάλας, Χρύσα Τζουγκράκη 262

ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΩΝ ΒΙΟΜΟΡΙΩΝ ΣΤΗ Γ΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ
Γεωργία Χουλιαρά, Ντία Γαλανοπούλου 270

Ο ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΙΔΕΩΝ ΤΟΥΣ ΣΕ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
Ελένη Κίτσιου, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης 277

Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ «ΑΤΟΜΟΥ» ΑΠΟ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ
Χριστίνα Αναστασιάδη, Ευαγγελία Μαυρικάκη 286

«ΟΜΟΙΟΠΟΛΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ. ΠΑΡΑΝΟΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΦΥΓΗ ΑΥΤΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ CLIL»
Κώστας Χαρίτος, Στέλλα Βολυράκη 291

ΜΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ
Μαρία Καλλέρη, Δημήτρης Ψύλλος, Βασίλης Τσελφές 297

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ Β΄ ΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ
Κυρούλα Σακελλάρη, Μιχαήλ Σκουμιός 305

Η ΧΡΗΣΗ «ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ» ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΩΝ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΑΠΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΠΕ04 ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
Ζωή Βαθάκου, Ευαγγελία Μαυρικάκη 314

ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΝΤΑΣ ΜΙΚΡΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΕΝΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ STEM ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΙΚΡΕΣ ΤΑΞΕΙΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
Λεμονιά Αντώνογλου, Ηλίας Καλαμπόκης, Κωνσταντίνα Μαρούλη – Χατζηαντωνίου 320

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΠΕ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ Α΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ "Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α."
Δημήτριος Σωτηρόπουλος 326

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ, ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ Ή ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥΣ; ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ Ε΄ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ
Δήμητρα Παντάζου, Μιχαήλ Καλογιαννάκης 332

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΥ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
Ανάργυρος Δρόλαπας, Ουρανία Γκικοπούλου, Γεώργιος Θ. Καλκάνης 340

Ο ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΚΑΙ Η ΧΡΟΝΟΜΗΧΑΝΗ: ΕΝΑ ΨΗΦΙΑΚΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ I-PAD
Χριστίνα Θεοδωροπούλου, Ιωάννης Ψαρομήλιγκος, Συμεών Ρετάλης 346

2DRAWCHEMQUIZ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΟΣ ΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΕΞΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟ ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ
Νικόλας Χαριστός, Βασίλης Κουταλάς, Μαρία Βλαχολιά, Κατερίνα Σάλτα, Χρύσα Τζουγκράκη, Μιχάλης Σιγάλας 352

ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ MEMS ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
Κωνσταντίνος Κώτσης 359

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ / ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΩΝΙΚΩΝ ΤΟΜΩΝ ΣΕ ΔΥΟ ΚΑΙ ΤΡΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕΣΩ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
Παναγιώτης Τσάκωνας, Μιχαήλ Σαρρής, Ευάγγελος Βασιλείου, Χρήστος Χατζηχρήστος, Ηρακλής Νικολόπουλος 366

Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΕΙΔΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΕΝΟΥ LMS ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
Αντώνης Σκέλλας, Δέσποινα Γαρυφαλλίδου, Γιώργος Ιωαννίδης 375

ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΣ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ
Σοφοκλής Σωτηρίου, Ελπίδα Γιαλούρη 380

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΕΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ
Απόστολος Μιχαλούδης, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης 387

Η ΣΥΛΛΟΓΙΚΗ (COLLECTIVE) ΚΑΙ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΗ (EMERGENT) ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ, ΟΠΩΣ ΔΙΔΑΣΚΕΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ «ΣΜΗΝΗ ΠΟΥΛΙΩΝ» ΤΗΣ NETLOGO. ΜΙΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ
Άνθιμος Χαλκίδης, Αριστοτέλης Γκιόλμας, Αρτεμησία Στούμπα, Μαρία Παπακωνσταντίνου, Zafar Iqbal, Κώστας Καραμάνος, Κωνσταντίνος Σκορδούλης 395

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΟ SCRATCHJR
Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Σταμάτιος Παπαδάκης 403

Ο ΒΑΘΜΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΧΡΟΝΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ (MULTILOG) ΣΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Φ.Ε. ΕΡΕΥΝΑ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ
Στέφανος Ντούλας 411

ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΣ ΤΗΝ "ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ" ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΛΥΚΕΙΟΥ ΜΕΣΩ ΑΠΛΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΟΣΧΕΔΙΟΥ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ
Αθανάσιος Καπόγιαννης, Ευστράτιος Καπότης, Γεώργιος Καλκάνης 417

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ - ΧΗΜΕΙΑΣ ΜΕ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
Σίμος Αναγνωστάκης, Δημήτρης Σταύρου 426

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΑΠΟ ΧΡΗΣΤΕΣ ΠΟΛΥΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΙΑΚΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΙΣ ΠΡΟΒΟΛΕΣ FISCHER & NEWMAN
Βασίλειος Κουταλάς, Παρθένα Κατικαρίδου, Νικόλας Χαριστός, Μιχάλης Σιγάλας 433

ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΧΗΜΕΙΑΣ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥΣ
Κατερίνα Σάλτα 439

ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΓΟΝΙΔΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ: ΤΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΤΗΣ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ
Ακριβή Χρηστίδου, Πηνελόπη Παπαδοπούλου 446

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΙΤΕΙΟΤΗΤΑ: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Κωνσταντίνα Στεφανίδου 455

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗ ΓΥΜΝΑΣΙΑΚΗ ΧΗΜΕΙΑ
Γιαννούλα Πανταζή, Γεώργιος Τσαπαρλής 460

Η ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΗΝ Α' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ- ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ
Δέσποινα Ιμβριώτη, Δημήτρης Αθανασιάδης 469

ΟΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ ΤΗΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
Ηλίας Χαριτωνίδης, Κωνσταντίνος Κώτσης, Ελευθερία Τσιούρη 476

ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ Φ.Ε. ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΟΥΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ
Ευάγγελος Βραγοτέρης, Δημήτριος Ψύλλος 485

ΒΕΛΤΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΝΑ ΚΡΙΝΟΥΝ ΤΙΣ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΓΡΑΠΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΩΝ
Μιχαήλ Σκουμιός 492

ΟΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΟΥΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ
Παντελίτσα Καρνάου, Χριστιάνα Νικολάου, Κωνσταντίνος Κωνσταντίνου 500

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΜΗ ΔΙΑΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΕΞΗΓΗΣΕΩΝ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΚΕΙΜΕΝΑ
Ειρήνη Σκοπελίτη, Στέλλα Βοσνιάδου 507

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΛΟΓΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΝΕΥΤΩΝΕΙΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
Κώστας Ναούμ, Βασίλης Κόλλιας, Ηλίας Καρασσαβίδης 516

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΟΛΟΥ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ-ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ
Άννα Σπύρτου, Ελένη Δαγρέ, Λεωνίδας Μάνου, Ελένη Κωνσταντινίδου 523

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ

ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ «ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ» ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜ Ο ΣΤΑ ΣΧΟΛΕΙΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΕΥΚΑΙΡΙΑΣ
Σπύρος Κόλλας, Κρυσταλλία Χαλκιά 531

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ: Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ Η ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΙΚΗΣ ΡΟΥΜΠΡΙΚΑΣ
Άγγελος Σοφιανίδης, Μαρία Καλλέρη 537

ΜΠΟΡΕΙ ΤΕΛΙΚΑ ΝΑ ΑΠΟΤΥΠΩΘΕΙ ΚΑΙ ΝΑ ΑΝΑΠΤΥΧΘΕΙ Η ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ;
Βασίλης Γρηγορίου 544

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ (ΠΓΠ) ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΤΗΞΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΗΞΗΣ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ
Ελένη Τσέου 553

ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΝΤΑΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΣΤΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΜΑΘΗΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Ελένη Αντωνιάδου, Γεώργιος Μαλανδράκης 562

ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΚΑΙ ΣΥΛΛΟΓΙΣΜΟΙ ΜΑΘΗΤΩΝ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΜΑΘΗΣΗΣ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΣΧΕΣΗ ΔΟΜΗΣ– ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ
Ελευθερία Βαρδαλαχάκη, Δημήτρης Σταύρου 570

ΟΙ ΝΟΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΗΣ Β΄ ΛΥΚΕΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ
Καλλιόπη Μέλη, Δημήτρης Κολιόπουλος, Κώστας Λαβίδας, Γιώργος Παπαλεξίου 577

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΙΔΕΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΜΕ ΑΝΑΠΗΡΙΑ ΟΡΑΣΗΣ ΣΕ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
Όλγα Μαλεζά·Βασίλης Αργυρόπουλος, Διονύσης Βαβουγυιός 584

ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ ΜΑΘΗΤΡΙΩΝ ΣΤ΄ ΤΑΞΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ
Γεωργία Μπαμπάτσικου, Βάια Μπακάλη, Στέφανος Ασημόπουλος, Τριαντάφυλλος Τριανταφυλλίδης 591

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΟΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ
Παναγιώτης Αλεξόπουλος, Ντία Γαλανοπούλου, Άννα Κουκά, Ευαγγελία Μαυρικάκη 599

ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΕΠΟΙΘΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΗΜΕΙΑ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΚΑΙ ΛΥΚΕΙΟΥ
Χαρούλα - Ελευθερία Λαμπριανάκη, Ευαγγελία Μαυρικάκη, Κατερίνα Σάλτα 606

ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΟΙ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΙΝΗΤΡΩΝ ΜΑΘΗΣΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
Κατερίνα Σάλτα, Διονύσιος Κουλουγλιώτης 614

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΥΛΟΥ ΣΤΟΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΕΓΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ
Γιώργος Καράογλου, Κωνσταντίνος Κώτσης 623

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΕΝΟΣ/ΜΙΑΣ ΜΑΘΗΤΗ/ΤΡΙΑΣ ΣΕ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΤΑΥΡΟΥ
Κατερίνα Γεωργακούδη, Κρυσταλλία Χαλκιά 631

ΑΝΤΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗ ΑΥΤΟ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΙΝΗΤΡΑ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
Ευστάθιος Ξαφάκος, Λάμπρος Παπαδήμας, Χρήστος Μπαντάνης, Αναστάσιος Μαράτος, Αποστολία Μπέκα.....637

ΑΤΥΠΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΣΕ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΜΥΘΙΑ ΤΟΥ CHARLES PERRAULT
Δήμητρα Καζαντζίδου, Κωνσταντίνος Κώτσης.....643

ΜΙΑ ΣΧΟΛΙΚΗ ΕΠΙΣΚΕΨΗ ΣΕ ΕΝΑ ΤΕΧΝΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ
Αναστάσιος Ζουπίδης, Μαρία Καρνέζου.....652

ΑΝΑΠΑΡΙΣΤΩΝΤΑΣ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΑΘΛΗΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ
Γεώργιος Κυριάκου, Φανή Σέρογλου.....660

ΑΝΑΓΝΩΡΙΖΟΝΤΑΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΟΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟ ΚΟΣΜΟ: ΕΝΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ
Νατάσσα Κυριακοπούλου, Στέλλα Βοσνιάδου.....666

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΤΕΣ
Αθανασία Κοκολάκη, Αιμιλία Μιχαηλίδη, Δημήτρης Σταύρου.....674

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

Η ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ
Χαρίλαος Τσιχουρίδης, Διονύσιος Βαβουγυιός, Γεώργιος Σ. Ιωαννίδης.....682

ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ
Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης, Αναστάσιος Μολοχίδης.....689

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΝΑ ΜΕΤΑΦΡΑΖΟΥΝ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ «ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ»
Βασιλική Γκίτζια, Κατερίνα Σάλτα, Χρύσα Τζουγκράκη.....698

Ο ΛΥΚΕΙΑΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ (;) ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ – ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ
Ουρανία Γκικοπούλου, Παναγιώτης Τσάκωνας, Γεώργιος, Καλκάνης, Γεώργιος Τόμπρας.....705

ΜΙΑ ΜΙΚΡΟ-ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΘΗΣΗΣ: ΕΡΕΥΝΑ ΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΗ ΜΕ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗ ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ Α' ΛΥΚΕΙΟΥ
Γεώργιος Πολυζώης, Δημήτριος Βαμνιές.....711

ΠΟΣΟ ΕΓΚΥΡΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΟΤΑΝ Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΡΙΖΕΤΑΙ ΑΠΛΑ ΣΕ ΕΛΕΓΧΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΠΛΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ?
Γεώργιος Ιωαννίδης.....720

ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΓΗΣ ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΟΝ ΣΥΛΛΟΓΙΣΜΟ ΠΑΙΔΙΩΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΩΝ
Μαρία-Ελένη Χαχλιουτάκη, Παναγιώτης Παντίδος, Μαρία Καμπεζά 731

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΟΣ-ΓΗ-ΣΕΛΗΝΗ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
Ιωάννης Σταράκης, Κρυσταλλία Χαλκιά 741

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΝΟΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ: ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΓΗ
Γιούλη Βαϊοπούλου, Γεώργιος Παπαγεωργίου 749

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΕΠΟΧΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ
Άννα Λεούση, Παναγιώτης Παπαλεξόπουλος, Διονύσης Βαβουγυιός, Σωτηρία Τζιβινίκου 758

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΛΥΚΕΙΟΥ
Ελένη Ελματζίδου, Πηνελόπη Παπαδοπούλου 766

ΓΝΩΣΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΠΡΟΤΥΠΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ
Γεώργιος Τσαπαρλής, Σωτήριος Χαρτζάβαλος, Βασιλική Βλάχα, Κωνσταντίνα Μαλάμου, Ιωάννα Νείλα, Χριστίνα Παντούλα 773

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΗΣ ΕΝΤΡΟΠΙΑΣ ΜΕΣΩ ΕΝΟΣ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΚΑΤΑΣΤΑΕΩΝ
Βάια Μπακάλη, Γεωργία Μπαμπάτσικου, Στέφανος Ασημόπουλος 784

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΤΗΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑΣ
Ευστράτιος Καπότης, Παναγιώτης Τσάκωνας, Γεώργιος Καλκάνης 793

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ-ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ
Γιώργος Πέικος, Άννα Σπύρτου, Λεωνίδας Μάνου 802

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑΣ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ
Μαρία Τσέτσερη, Κατερίνα Σάλτα, Δημήτρης Σταύρου 811

ΑΝΑΡΤΗΜΕΝΕΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ (ΠΟΣΤΕΡ)

SOLANUM TUBEROSUM ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Ελευθερία Αργυρού.....821

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ ΣΤΟΧΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
Νεκτάριος Μήλιος, Δέσποινα Σταμπάκη-Χατζηπαναγιώτη.....828

ΟΙ ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΖΟΥΝ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΟΥΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ-ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ
Νίκος Μαντρατζής, Υβόνη Μπάρα, Μαρία Πετσίβα,
Ευαγγελία Σερμπίνη, Λεωνίδας Μάνου, Άννα Σπύρτου.....836

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ-ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΡΙΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ
Παντελής Κίζος, Ελένη Κωνσταντινίδου, Ουρανία Μακαρίου, Γιώργος Πέικος, Άννα Σπύρτου.....842

«ΟΤΑΝ Η ΧΙΟΝΑΤΗ ΒΡΕΘΗΚΕ ΣΤΟΝ ΝΑΝΟΚΟΣΜΟ»: ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ
Μαρία Τζιώλη, Άννα Σπύρτου.....848

Η ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΤΟΥ ΝΑΝΟ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΑΥΡΑΣ ΓΚΕΚΟ
Κωνσταντίνα Σακελλάρη, Λεωνίδας Μάνου.....856

ΦΕΣΤΙΒΑΛ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ: ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΛΩΤΟΥ ΣΤΗΝ Α/ΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΙΑΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΘΗΣΗΣ
Γαρυφαλλιά Τζίμα, Γιώργος Πέικος.....862

ΟΙ ΙΔΕΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΓΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΟΥ ΝΑΝΟ: ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΛΩΤΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΑΥΡΑΣ GECKO
Δημήτρης Αλεξίου, Γιώργος Πέικος, Λεωνίδας Μάνου.....868

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΚΑΙ ΥΠΕΥΘΥΝΗΣ ΈΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ
Αιμιλία Μιχαηλίδη, Γιάννης Σγουρός, Αθανάσιος Βελέντζας, Κυριακή Δημητριάδη,
Αχιλλέας Μανδρίκας, Αντώνης Μαργαρίτης, Κατερίνα Σάλτα, Δημήτρης Σταύρου.....874

ΣΤΑΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ
Ελένη Κίτσιου, Κωνσταντίνος Κώτσης.....881

ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΥΡΑΝΙΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΠΑΡΑΜΥΘΙΩΝ
Δήμητρα Καζαντζίδου, Κωνσταντίνος Κώτσης.....889

ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΙΣ Τ.Π.Ε. ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΜΙΑΣ ΚΟΙΝΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΕΝΝΟΙΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
Βασιλική Γκίτζια, Δημήτρης Διαμαντίδης 898

ΟΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΕ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΑ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
Χαριτωνίδης Ηλίας, Κώτσης Κωνσταντίνος, Τσιούρη Ελευθερία 906

ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΕΠΟΙΘΗΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Γεώργιος Στύλος, Κωνσταντίνος Κώτσης 913

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΤΙΘΕΝΤΑΙ ΝΑ ΕΦΑΡΜΟΣΟΥΝ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
Γεώργιος Στύλος, Κωνσταντίνος Κώτσης, Αναστασία Γκουλγκούτη 921

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΑΓΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΚΟΡΙΤΣΙΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΜΙΑ ΜΕΤΑ-ΑΝΑΛΥΣΗ
Χαρίκλεια Σταβάρα, Δημήτριος Σταμοβλάσης 929

ΨΗΦΙΑΚΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ. ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΥ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ
Κωνσταντίνος Μιτζήθρας, Γεώργιος Καλκάνης 936

ΟΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΒΙΒΛΙΑ ΧΗΜΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
Σοφία Κασιάρα, Λεμονιά Αντώνογλου, Μιχάλης Σιγάλας 942

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΑΡΤΥΡΙΕΣ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΖΩΗΣ
Ελένη Καπελώνη, Μιλτιάδης Τσίγκρης 951

ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΠΟΥ ΕΝΘΑΡΡΥΝΟΥΝ ΟΙ ΤΕΧΝΕΣ ΩΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ
Πέτρος Στεργιόπουλος, Ιωάννης Αλεξόπουλος, Σοφοκλής Σωτηρίου 960

ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΠΤΥΧΕΣ ΤΟΥ ΛΙΘΟΥ
Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Χαρίκλεια Ρεκούμη, Αιμιλία Χαρτσά, Αγάπη-Γεωργία Ρεκούμη, Δημήτρης Πρωτοπαπάς 968

ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΚΛΑΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ (ΚΑΙ) ΜΕΣΩ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ
Ευστράτιος Καπότης, Παναγιώτης Τσάκωνας, Δημήτριος Γουσόπουλος 974

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ «ΠΕΡΙ ΦΥΤΩΝ»- ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΤΗΣ ΤΥΦΛΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ
Μαριάννα Καλαϊτζιδάκη 979

Η ΧΡΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΕΞΥΠΝΕΣ ΚΙΝΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΣΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
Αθανασιος Βελέντζας, Αλέξανδρος Κατέρης, Παναγιώτης Λάζος, Παύλος Τζαμαλής, Σεραφείμ Τσούκος 987

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕΣΩ ΦΥΣΙΚΗΣ - ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕΣΩ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ. ΜΙΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
Παναγιώτης Τσάκωνας, Μιχαήλ Σαρρής, Νικόλαος Παπαδάκης 996

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
Δημήτρης Σταύρου, Σίμος Αναγνωστάκης, Νίκος Χανιωτάκης 1005

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΕΝΝΟΙΩΝ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΦΥΣΗ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΤΟ ΠΟΛΥΠΡΑΚΤΟΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΤΗΣ NETLOGO
Άνθιμος Χαλκίδης, Αριστοτέλης Γκιόλμας, Αρτεμησία Στούμπα, Μαρία Κονταξή, Κωνσταντίνος Σκορδούλης ..1013

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ
Κωνσταντίνος Βενέτης, Μιλτιάδης Τσίγκρης 1021

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "BOX OF EXPERIMENTS" ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΑΠΛΑ ΥΛΙΚΑ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ
Ελένη Κορακάκη, Μαρία Μακρυδάκη, Saso Zigon 1029

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΔΟΣΗ, ΤΗΝ ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ, ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
Ειρήνη Ματαλλιωτάκη 1032

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ
Κωνσταντίνος Καράμπελας 1038

ΕΝΑΡΜΟΝΙΖΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ
Γεώργιος Ρούσσος, Νεκτάριος Μήλιος 1045

ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ ΠΟΥ ΠΗΓΑΙΝΟΕΡΧΟΝΤΑΙ ΜΕ ΛΑΣΤΙΧΑΚΙΑ, ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
Νεκτάριος Τσαγλιώτης 1050

ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΑΡΧΑΝΩΝ - ΡΟΥΒΑ - ΓΟΥΒΩΝ
Ειρήνη Δερμιτζάκη, Άννα Μαρτιμιανάκη, Ελένη Φανιουδάκη, Παρθένα Μαυρογενίδου, Μαρία Σφακιανάκη ...1056

ΘΕΡΙΝΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΥΛΗ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΖΩΗ». ΜΙΑ ΠΡΩΤΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ
Κωνσταντίνος Χαλκιαδάκης, Γιώργος Αναστασιάδης, Μιλτιάδης Τσίγκρης 1062

Η ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΟ ΚΠΕ ΑΝΩΓΕΙΩΝ: ΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ
Ζαχαρένια Κεφαλογιάννη, Ασημένια Δραμουντάνη, Ερωφίλη Δακανάλη, Ελένη Καπετάνιου 1068

Η ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΜΕ ΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (ΤΠΕ)
Ελευθερία Αργυρού, Νεκτάριος Μήλιος 1075

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΦΕ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ - ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ
Σίμος Αναγνωστάκης 1081

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ Γ/ΘΜΙΑΣ, Β/ΘΜΙΑΣ ΚΑΙ Α/ΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΘΕΜΑΤΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΠΡΑΞΗ
Αιμιλία Μιχαηλίδη, Δημήτρης Σταύρου 1087

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΗΝ Α/ΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
Αχιλλέας Μανδρίκας, Κώστας Γκιώνης, Σοφία Κακάτση, Τούλα Καλπίδου, Ρένα Καρατζόγλου, Μιχάλης Κορδώνιας, Αφροδίτη Κουφάκη, Βάσω Λάζαρη, Μαρία Μηλιώνη, Βιβή Παπακώστα, Φωτεινή Σδρόλια 1092

ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ ΜΕΣΩ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ
Αθανάσιος Βελέντζας, Αναστασία Ευαγγελοπούλου, Αναστασία Καμπούρη, Σωτηρία Καράμπελα, Παρασκευή Λυκούση, Αντώνης Μπέρτσος, Κωνσταντίνα Στεφανίδου 1098

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ
Κυριακή Δημητριάδη, Γιάννης Βίγλης, Καλλιόπη Γιαννακουδάκη, Βασίλειος Δημόπουλος, Χρήστος Μάντζιος, Κωνσταντίνος Χαλκιαδάκης 1105

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΚΑΙ ΛΥΚΕΙΟ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ
Αντώνης Μαργαρίτης, Μαρία Ελευθερίου, Αλεξάνδρα Μπάκου, Μαρία Πανοπούλου, Ιωάννης Χατζηδάκης, Γεώργιος Χατζησάββας 1111

ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΕΜΠΝΕΟΥΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ
Κατερίνα Σάλτα, Αγγελική Ευαγγελοπούλου, Ιωάννα Καραχάλιου, Μαρία Κωνσταντογιάννη, Ελένη Μελανίτου, Πανδώρα Σιφνιώτη, Φωτεινή Χάλαρη, Κωνσταντίνος Χαρίτος 1118

Ο ΚΗΠΟΣ ΤΩΝ ΟΝΕΙΡΩΝ ΜΑΣ
Αγγελάκου Μαρία, Καλκαντάρα Καρολίνα, Νατσίκου Παναγιώτα, Σωτηρίου Σοφοκλής, Σπάτουλα Μαρία, Στάθη Ευαγγελία, Τσούτσια Αγγέλικα 1124

ΕΛΕΦΥΣ – ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΜΕΝΟ ΛΕΞΙΚΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ
Ιωάννης Λεύκος, Μαρία Μητσιάκη 1130

«ΕΧΕΙ Ο ΚΑΙΡΟΣ ΓΥΡΙΣΜΑΤΑ»: ΜΙΑ ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ STEM ΣΤΗ Β΄ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ
Πανδώρα Σιφνιώτη, Βαρβάρα Φρούντζα, Ελένη Καστάνη, Φωτεινή Χάλαρη, Αφροδίτη Βλάχου, Κωνσταντίνα Κουτσαφτούλη, Αικατερίνη Λιάγκουρα, Ευαγγελία Καρανάνα, Παναγιώτα Σκανδάλη Πούλου, Αγγελική Περτέση, Κωνσταντίνος Σωτηρόπουλος, Θεοδώρα Απαρτόγλου, Ελένη Σπηλιοπούλου, Σοφία Χαραλαμποπούλου, Βικτώρια Παπακωνσταντίνου 1139

ΟΜΙΛΟΙ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ 26ΟΥ & 29ΟΥ ΔΣ ΑΧΑΡΝΩΝ
Ματθαίος Πατρινόπουλος, Χρυσοβαλάντης Κεφαλής 1144

ΥΠΑΙΘΡΙΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΔΥΣΑΝΕΞΙΑ ΣΤΗΝ ΤΕΛΕΙΟΤΗΤΑ
Ειρήνη Βογιατζή, Κασσάνδρα Μπεϊκάκη, Γεώργιος Πενθερουδάκης, Μιλτιάδης Τσίγκρης 1151

ΤΑ ΦΥΣΙΚΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ ΄Η ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ
Δημοσθένης Μαρκογιαννάκης, Γιάννης Στυλιανακάκης, Νίκος Αναστασάκης, Γιώργος Μαυροματάκης, Χαράλαμπος Χαραλαμπίδης, Νεκταρία Αρχοντάκη 1154

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΜΕΝΕΣ ΣΕ ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΘΕΜΑΤΑ ΥΠΕΥΘΥΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ
Αθανασία Κοκολάκη, Αιμιλία Μιχαηλίδη, Δημήτρης Σταύρου 1158

Β΄ ΜΕΡΟΣ: Συνόψεις Εργασιών

ΣΥΝΟΨΕΙΣ ΣΥΜΠΟΣΙΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ – ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΕΣ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ
Δημήτρης Ψύλλος, Πέτρος Καριώτογλου 1169

ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ-ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ Φ.Ε.
Βασίλης Τσελφές 1171

ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Δημήτρης Ψύλλος, Πέτρος Καριώτογλου 1176

ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΕΞΕΛΙΣΣΟΜΕΝΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
Δημήτρης Ψύλλος, Αναστάσιος Μολοχίδης 1180

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΥ: Η ΠΥΚΝΩΤΗΤΑ ΩΣ ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, ΣΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΒΥΘΙΣΗΣ
Τάσος Ζουπίδης, Άννα Σπύρτου, Γεώργιος Μαλανδράκης, Πέτρος Καριώτογλου 1184

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΙΑΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ: Η ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ Ο ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ
Ιωάννης Σούλιος, Αναστάσιος Μολοχίδης 1187

ΣΥΝΟΨΕΙΣ ΠΡΟΦΟΡΙΚΩΝ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ

ΓΝΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΣΕ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΩΝ: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ
Νεζάμ Τζαμπερής, Μαρία Λελέκη 1192

ΕΝΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ 3Δ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ
Ελένη Μαθιουδάκη, Ηλίας Καρασαββίδης, Βασίλης Κόλλιας 1197

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ
Αναστάσιος Μολοχίδης, Απόστολος Παρασκευάς, Δημήτρης Ψύλλος 1201

ΡΟΛΟΙ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗ
Μαρία Ηρακλέους, Μάριος Παπαευριπίδου, Ζαχαρίας Ζαχαρία 1206

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΛΥΚΕΙΟΥ ΟΤΑΝ ΕΡΓΑΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΝΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ
Νικολέτα Ξενοφώντος, Ζαχαρίας Ζαχαρία, Τάσος Χαβαρδάς 1211

Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΕΓΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ
Στέφανος Οικονόμου 1215

ΔΙΕΡΕΥΝΩΝΤΑΣ ΤΗ ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΕΠΟΙΘΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΗΘΙΚΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ ΔΑΣΚΑΛΩΝ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΖΗΤΗΜΑΤΩΝ
Ανδρεανή Μπάιτελμαν 1219

ΟΙ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΠΟΙΑ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ Η ΑΞΙΑ ΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΕΝΝΟΙΩΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΗΛΙΚΙΑΣ 5 ΚΑΙ 9 ΧΡΟΝΩΝ
Μαμίνα Κανελλίδου, Ζαχαρίας Ζαχαρία 1223

ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΤΡΙΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΟΙ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΣΧΕΔΙΑΖΟΥΝ ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ, ΑΚΟΛΟΥΘΩΝΤΑΣ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΗΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ
Αναστάσιος Μολοχίδης, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης 1228

ΠΩΣ ΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗΣ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΘΩΣ ΕΡΓΑΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΝΑΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟ ΧΩΡΟ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗΣ
Ελευθερία Παντελή, Νικολέττα Ξενοφώντος, Ζαχαρίας Ζαχαρία 1233

Η ΓΡΑΠΤΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΩΣ ΜΕΣΟ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ
Ευαγγελία Ηρακλέους, Μιχάλης Λιβίτζης, Νίκος Παπαδούρης, Κώστας Κωνσταντίνου 1238

ΣΥΝΟΨΕΙΣ ΑΝΑΡΤΗΜΕΝΩΝ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΟ SPHERO
Μιχάλης Ιωάννου, Θαρρενός Μπράτιτσης, Άννα Σπύρτου 1244

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕΣΩ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (AUGMENTED REALITY CONTENT WITH ENTITI CREATOR): Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ
Πηνελόπη Μπαρδανίκα, Θαρρενός Μπράτιτσης 1248

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΗΥΡΑΤΙΑ – ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΦΗΒΩΝ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ STEM ΜΕ ΤΡΟΠΟ ΙΣΟΤΙΜΟ ΠΡΟΣ ΤΑ ΔΥΟ ΦΥΛΑ
Μαρία Καρνέζου, Ελεάνα Μπάλλα 1251

ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΜΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΑΘΗΤΩΝ ΛΥΚΕΙΟΥ
Χαρά Σταματάκη, Αστρινός Τσουτσουδάκης 1255

ΣΥΝΟΨΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ «ΦΑΣΑΡΙΟΜΕΤΡΟΥ»
Ελευθερία Φανουράκη, Νικόλαος Φανουράκης 1260

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΓΙΑ ΧΑΡΙΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΟΥΧΑ ΠΑΙΔΙΑ (CTY GREECE)
Αντώνης Χρυσός, Κυριακή Αντωνιάδου, Περικλής Χατζησταυρίδης, Γεωργία Τσουλφά, Χάιδω Σαμαρά 1263

ΜΑΘΑΙΝΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΕΙΣΜΟΥΣ: ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ
Υβόνη Παύλου, Μάριος Παπαευριπίδου, Ζαχαρίας Ζαχαρία, Γιώργος Μαυρομανολάκης 1267

ΣΥΝΟΨΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΙΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗΣ: ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΙΩΝ
Ανδρεανή Μπάιτελμαν, Θεονίτσα Λοΐζου Γεωργίου 1271

ΜΕΛΕΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΓΧΡΟΝΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ (MULTILOG) ΚΑΙ ΤΟ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ ARDUINO
Στέφανος Ντούλας, Θωμάς Νίκας 1273

ΣΤΡΟΓΓΥΛΑ ΤΡΑΠΕΖΙΑ

ΜΑΘΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΕ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ ΚΑΙ ΜΟΥΣΕΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Δημήτρης Σταύρου 1276

ΟΙ ΓΙΟΡΤΕΣ, ΟΙ ΕΚΘΕΣΕΙΣ, ΤΑ ΠΑΝΗΓΥΡΙΑ, ΤΑ ΦΕΣΤΙΒΑΛ ΚΑΙ ΟΙ ΜΑΘΗΤΙΚΟΙ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΣΧΟΛΕΙΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ
Νεκτάριος Τσαγλιώτης, Δημοσθένης Μαρκογιαννάκης 1278

ΕΠΑΝΑΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
Κατερίνα Πλακίτση, Άννα Σπύρτου 1280

E-MAIL ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ 1283

Α΄ ΜΕΡΟΣ
Πλήρεις Εργασίες

ΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΟΜΙΛΙΕΣ

UNDERSTANDING OUT-OF-SCHOOL LEARNING PROCESSES IN STEM DISCIPLINES - HOW TO INVESTIGATE AND TO DEVELOP STUDENT LABS AND EXHIBITIONS?

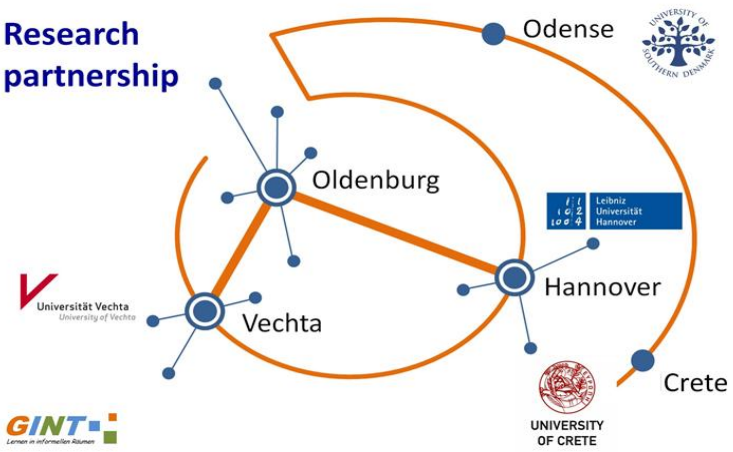
Michael Komorek

Institute of Physics, University of Oldenburg, German

In October 2016, the graduate program "STEM-Learning in Extracurricular Learning Environments and their Integration into Regional Learning Contexts (GINT)" has started. The program is funded by the Lower Saxony Ministry of Science and Culture. It is run by the University of Oldenburg in cooperation with the Universities of Hannover, Vechta, Odense (Denmark) and Rethymno (Greece) (fig. 1). More than twenty extracurricular educational institutions, student labs, regional environmental education centers, Wadden Sea houses, energy training centers, coastal research institutes and museums are associated with the program. A total of twelve Georg Christoph Lichtenberg scholarships have been granted. Another four doctoral students with related topics joined the program. Doctoral students from geography education, computer science and technology education, natural sciences education, philosophy education as well as from educational sciences are involved. They deal with the research of extracurricular subject-specific learning offers in the participating disciplines. They investigate how learning takes place in extracurricular learning environments in detail and how the offerings of an educational region could be networked and developed (Huber 2014) by integrating out-of-school learning opportunities into school curricula. Further information is available at: https://www.uni-oldenburg.de/gint/.

The program implements a comprehensive qualification concept. Three-day workshops twice a year, regular seminars on core topics and research methods, small-scale work on data analysis and external lectures are provided. Additionally, a systematic presence of the doctoral students at conferences and an introduction to publication activities are supported.

Figure 1. Research partnership of the graduate program GINT



1. Investigating out-of-school learning processes

For the program we use the acronym GINT. In German, 'MINT' would be more common (mathematics, informatics, science and technology, equivalent to STEM), but since geography instead of mathematics in the application were there, this name has emerged. Overall, the program is not limited to the MINT subjects, as many out-of-school learning opportunities go beyond the scientific-technical approaches and are interdisciplinary. That is why geography and, more recently, philosophy are also part of the program. Geography has a long history of co-operation with extracurricular learning environments and a wealth of pedagogical considerations for their use. Philosophy began to philosophize in extracurricular learning environments.

Reasons for the emergence of extracurricular informal learning opportunities in the STEM disciplines

The number of out-of-school learning environments, such as student labs at universities and companies or science centers, science museums, inventor clubs, has increased significantly over the past 15 years, especially in Germany. They address themselves with the "house of the little researchers" to very young children or with offerings in the field of biotechnology to high school students. A large proportion of the student laboratories in Germany are represented by the association "Lernort Labor e.V." (Dänhardt et al. 2010, Schülerlabor-Atlas Lernort Labor 2015). The quite differently oriented offerings intend to promote motivation and interest and to encourage them to deal with nature, society, technology and science (Hobbensiefken 2010). They want to provide an unconstrained access to different phenomena, either explain these phenomena intelligibly or deliberately not explain them (see concept of the Phenomenta Flensburg). In many cases they try to support inquiry-based learning (Hmelo-Silver, Duncan & Chinn 2006).
It is argued that out-of-school learning environments can also fill some gaps in school work and supplement traditional lessons with important elements (Euler 2005). Societal, scientific and technological changes of the last 25 years have only been slightly reflected in a changed offer of the school or if so, then in additional offers, which are rather marginal nature (working groups, afternoon work). Other explanations aim at the fact that the teaching of knowledge today and increasingly in the future next to school seeks and finds other channels. In a multi-faceted knowledge-based society that produces new knowledge in a short time, the school system continues to play an important role in knowledge building and education, but parallel programs that aim at lifelong learning, individualization and differentiation win in importance.

Characteristics and modeling of extracurricular GINT learning processes

There is a long list of expectations associated with the constructed extracurricular learning environments. It is suspected that children and adolescents learn freer and more self-determined, more effective, according to their interests, and thus more authentic, more phenomenologically oriented, more application-oriented, more context-oriented and in a more sustainable way than at schools (see Hobbensiefken 2010). In particular, it is expected that free experimentation situations have these characteristics (see Börlin 2012). To what extent and which learning processes actually take place at extracurricular GINT learning

environments has not been investigated empirically in a sufficient way yet (Clausen 2015, see also Schmidt, Di Fuccia & Ralle 2011, Di Fuccia & Ralle 2005).
Engeln (2004), Scharfenberg (2005), Glowinski (2007), Guderian (2007) and Pawek (2010) show that there is a certain increase in students' interests and motivation after visiting student labs. Whether further goals can be achieved, especially with regard to subject-related learning processes, whether learning processes take place that have a different structure than learning processes at school, and to what extent these processes can be modeled by the concept of inquiry-based learning (Wolf & Fraser 2008) remains open in these studies (Kirschner, Sweller & Clark 2006).

Informal learning

At least in Germany, the idea of informal learning is still hardly established (BMBF 2001), even though it enjoys relatively high international importance (BMBF 2001, 2005). Especially, the OECD tries to disseminate informal learning activities by projects like "Recognition of non-formal and informal learning" (Cross 2007, OECD 2013). In most cases informal learning doesn't describes the structuredness of the learning processes themselves, but rather the extent of the structuredness of the learning environment. This can be explained by the fact that under a constructivist learning paradigm (Gerstenmeier & Mandl 1995), in which learning processes are highly individualized (but not arbitrary), as well as under an instructional paradigm. There is a close linkage between the structuredness of the learning environment and the learning processes. In addition, there is an unspoken hypothesis that informal learning is self-determined, varied and therefore differentiable, free from pressure to perform and authentic (see BMBF 2001, 2005, Zürcher 2007, Cross 2007).

Research questions within the graduate program GINT

The considerations above lead to a broad spectrm of research question which the doctoral students work on:

- Characterization of learning environments: How to characterize out-of-school learning environments from a learn-theoretical point of view? Which learning processes can potentially and actually take place against the background of basic models of learning? Which equipment is available and which formats are realized at the out-of-school-learning programs? What are the goals of the leaders of the learning places?
- Learning prerequisites: Which prerequisites (interests, knowledge, motives, experiences) of the students have a significant influence on their learning processes at the extracurricular learning environments?
- Motivation and learning: How to assess the relationship between increasing interest and motivation to content-related learning processes against the background of the goals of extra-curricular learning places? How is long-term learning that does not lead to 'passive' or 'inert' knowledge supported? How do students perceive their visit at the extracurricular learning location? How do you rate environment, equipment and personnel?
- Learning processes: Which processes of perception, thinking, learning, problem solving etc. take place in extracurricular learning environments and how can they be modeled? Which subject-related and interdisciplinary learning processes take place and how are they promoted or inhibited? How do knowledge, abilities, attitudes of students develop by visiting the out-of-school learning place?

- Education for Sustainability: To what extent is awareness raised for questions of sustainable development? To what extent can the concrete learning offering (for example in the field of energy, coastal protection, the dynamics of the Wadden Sea, bird migration, regional development) contribute to raise awareness?
- Development of extra-curricular learning environments: To what extent can existing offerings be developed? How can differentiated learning environments be designed that take account of heterogeneity according to various characteristics such as achievement, previous experience, interest, gender, ethnic-cultural background, self-efficacy etc.?
- Extracurricular and school learning: What are the goals of the school or teacher visiting the extracurricular learning location? How can phases of informal learning be effectively and efficiently integrated into school lessons (see Schmidt, Di Fuccia & Ralle 2011)? To what extent is the visit designed for the requirements of the school lesson? How can knowledge about extra-curricular learning be used to improve STEM teaching in school? What is the relationship of the school and the extracurricular learning places? And is a learning collaboration developing?

Two examples of doctoral studies of the GINT-program will be lined out here. In her study Christin Sajons tries to model the interrelation between the characteristics of student labs, the running learning processes and the perspective of the leaders of the labs. Her additional goal is to further develop the offerings of the student labs in order to learn about development processes. Kai Bliesmer and Annika Roskam investigate the usage and learning processes of visitors in an exhibition on water and air flows at the coast, in the Wadden Sea and in the ocean. This empirical work is interrelated with processes of educational reconstruction of a new scientific content area.

2. Multi-perspective view on processes in student labs (Study of Christin Sajons)

Doing science in out-of-school student labs seems to be very attractive for students from grade 5 to 10. One can argue that student labs have the potential to promote scientific literacy by providing hands-on activities in nearly authentic settings (Braund & Reiss 2007, Stocklmayer, Rennie & Gilbert 2010, Tal 2012). We know quite a lot about the effects of science student labs on the development of interests and of the motivation to think and work in a scientific manner (Engeln 2004, Glowinski 2007, Pawek 2010). But there is still a lack of knowledge about thinking and learning processes at student labs in detail; about which characteristics of these out-of-school learning environments can foster or hamper scientific thinking and learning; and about how Mediator variables like self-efficacy can play important roles.

Subject and research questions

In an empirical study at three cooperating student labs in northwest Germany Christin Sajons used a multi-methods-approach to investigate the complex dynamics and interrelations between the goals of the providers, the characteristics of the learning environments, and the activities and cognitive processes of the students. Questionnaires, interviews and tools for characterizing the labs and for observing the students were applied. Groups of students were accompanied by the researcher who interviewed them in crucial situations. Knowledge about cognitive processes that can be stimulated in student labs is necessary in order to increase the value of visits in student labs. Therefore, all results are systematically related to one another in order to further develop the offerings of the three participating student labs. This study is

based on the constructivist paradigm according to which learning is understood as an active construction process of the individual involved in social situations and must be modeled accordingly (Phillips 2000, Duit & Treagust 2003). The following research questions are investigated:

- To what extent are the objectives and the expectations of the providers reflected in the offerings? To what extent do the providers overestimate or underestimate the potentials of their learning environment? What are discrepancies between the providers' view and the results from a characterization of the offerings in terms of psychological, learn-theoretical constructs that are discussed as being relevant to learning?
- What learning processes take place in student labs? In what way do students use the offerings? To what extent do the characteristics of the offerings foster or hamper learning processes? What is the role of Mediator variables such as the self-efficacy of the students (Deci & Ryan, 2008)?
- What kind of actions, thinking and learning processes do the providers expect from the students? Which processes do they perceive? What differences can be seen between the expectations of the providers and the recognized resp. reconstructed learning processes?

Instruments, Sample and Data

Three student labs in the northwestern part of Germany participated in the study: The *Center for Nature and Technics* (ZNT), the student lab of the extracurricular facility *Education for Technics and Nature*, as well as a student lab of the *German Aerospace Center* (DLR). To answer the above research questions at these student labs several research tools were adopted to realize a multi-method design to understand the dynamics of the labs' offerings and of students' usage processes. First investigations took place within existing offerings which afterwards were changed data-supported, before a second phase of investigation started.
a) Interview to survey the point of view of the student lab's providers. A focusing, partially structured, qualitative guided interview has been developed. Its questions refer to the goals pursued by the student lab, to the view of the operators, how their offerings contribute to achieving these goals, and what thinking, learning and usage processes they expect from the students. A total of nine interviews were conducted, each student lab three. The average length of the interviews is two hours. The educational directors of the student lab as well as the employees who carry out the offerings were interviewed. The interviews were literally transcribed, coded and evaluated with methods of qualitative content analyses (Lamnek & Krell 2016).
b) Characterization grid to profile the student labs. For the analysis of the structure of the student labs, a characterization grid has been developed, which includes psychological and educational constructs/facets, which allows a classification of offerings mostly between two poles. The originally planned classification of the offerings on a scale between the poles *formal* and *informal* (see Harring, Witte & Burger 2016, Rohs 2016) has proved to be too imprecise and thus inappropriate to characterize certain features of the student labs. In order to avoid conceptual inconsistencies, the terms formal and informal have therefore been omitted. These facets to characterize the student labs include, for example, objectives and targeting, autonomy, contextualization or the role of objects that students produce. For example, in the student lab, the support of autonomous acting within the offering can be orientated between external control and self-control. For each of the three cooperating student labs the programs were characterized by several raters, so that profiles of the student labs were created.

c) Questionnaires, observation grid and interviews to investigate the students' processes. In order to clarify the students' usage of student lab offerings and to find out which cognitive processes as well as which actions take place, all participating students are given pre-post questionnaires including open and closed items asking about specific knowledge and the students' estimation of the offerings. During the four-hour offerings, 45 students are observed and interviewed with an open guideline on their activities, subject-related content, self-perception and establishing relations. At each cooperating student lab five classes (grade 5 or 6) have taken part in the study, a total of 450 students. There are digitized questionnaires for all students, which represent the development in the classes in a pre-post survey. For nine student groups audio transcripts are available, which have been evaluated by means of a qualitative content analysis.

A case study

The following is a description of a three-person student group during a visit of the student lab in the *German Aerospace Center* (DLR). The group consists of two girls and two boys of grade 5. The offering refers to the space flight with aspects such as planets, space missions, rocket launch, landing of satellites and vacuum conditions in space. It consists of four elements, a guided tour through the DLR and three experimental stations about *conditions in vacuum*, *landing navigation* and *rocket launching technology*. The processes of the student group during the station about *conditions in vacuum* are described in the following.
a) Structure of the station *conditions in vacuum*. At this station, the illustration of the phenomenon of vacuum or negative pressure is addressed. On the basis of the behavior of certain experimental setups (vacuum bell), the students should understand that the internal pressure of objects such as a chocolate marshmallow is caused to expand when the external pressure is reduced. They are intended to produce analogies to the vacuum in space and the conditions of astronauts outside pressure chambers. The actions of the station are given in relatively small-steps by the tutor.

- *Pre-knowledge:* The station is linked to the students' prior knowledge and experiences by formulating and justifying hypotheses for the different situations presented. However, there is not spontaneous variation of the course of action due to the students' expressions.
- *Contextualization:* Context orientation plays a role at this station, because the used example situations originate from the everyday world of the students, but the relation to the context of space travel is not established. A transfer of the knowledge obtained with the vacuum bell on a model system to the context of space does not take place.
- *Control of activities and Self-efficacy:* The station can be characterized as externally controlled. Activities and steps of reasoning are mostly prescribed by the tutor; variations by the students are not intended which reduces the perception of self-efficacy.

The station has two difficulties: firstly, it allows only little self-determined behavior of the students. Secondly, the central context of space travel is not addressed. Here, there are opportunities for development, which place the understanding of the vacuum as a danger for the aerospace industry more prominently in the foreground.
b) Activities of students. The students have an observing role during the demonstration of the experiments in the vacuum bell, while the tutor presents explaining models at the board. Verbal interaction within the student group does not take place and is also not motivated by the tutor. Nevertheless, later the students themselves express to be active and self-determined, as this quotation illustrates: "And then we observed what happened and before we were allowed to formulate hypotheses. Afterwards we also tried to explain the happenings." In the

last phase of the station the students become active, they evacuate the "Magdeburg hemispheres" themselves and then try to pull them apart with ropes. However, the sequence of the station is to a large extent externally controlled, student expressions do not lead to a variation of the sequences.

c) Cognitions of the students. While the students can hardly describe the concept of vacuum in the pre-questionnaires, the post-questionnaire contains a large number of elements from the experimental station: When explaining the concept of vacuum they use terms as "air particles" introduced by the tutor. The relationship between the concept of vacuum and the space context can be reconstructed by the students, as the following student quotation shows: "Space is a strong vacuum. For this reason, it is important to explore whether certain things work in the same way as on earth." In the interviews after visiting the station, the students establish a connection between space and the phenomenon of vacuum. They explain, that in space there is a strong vacuum, what they validate with the fact that the alarm clock under the vacuum bell can still be heard very quietly, which is not possible in space. The students can largely reproduce the tutor's explanations. Some students succeed in understanding the idea of the station, that there are pressure differences between the interior and the exterior of the objects viewed, which leads to effects such as expansion. The relationship between the station and the problems with a space flight is too little discussed and is therefore hardly found in the interview data and the questionnaire responses.

This case shows that the complexity of the processes in student labs can be reconstructed by the multi-method-approach. The instruments appear appropriate and do not influence the field decisively: Indeed, accompanying a student group is influential, but the students accept it and show great enthusiasm to share their thoughts, also in subsequent interviews. The questionnaires also provide crucial information to clarify cognitive processes in interaction with activities. Together with the data from the characterization of the student labs and the interviews with the providers, the student lab offerings can now be revised reasonably to be examined again.

3. Educational Reconstruction in the field of water and air flows in an exhibition (Study of Kai Bliesmer)

The educational potential of the physical dynamics on coasts, in the Wadden Sea, and in the ocean is given only little attention in science education and in exhibitions. But understanding of the important influence of geophysical processes on self-organizing structures, on flows of water and air and on changing living conditions in coastal areas seem to be an important aspect of scientific literacy for the knowledge based society. Additionally, we see a contribution to Sustainability Education. The goal of this study is to foster the integration of physical aspects into the exhibitions about coasts and the ocean. We use the Model of Educational Reconstruction (Parchmann & Komorek 2008, Duit, Gropengießer, Kattmann, Komorek & Parchmann 2012) to investigate the educational significance of the referring phenomena and the effects on learning processes in exhibitions.

Here, Educational Reconstruction integrates the investigation of students' perspectives on water and air flows, the clarification and analysis of the scientific models about these flows and emerging structures, and the design of learning environments or teaching-learning sequences. Based on the analyses of students´ and of scientific perspectives, guidelines and material for teaching and learning environments are developed. For the transformation of the topic of water and air flows and of emerging structures into a learning environment the content structure for instruction has to become more complex than the science content structure in order to meet the learners' needs. The scientific facts have to be enriched by and embedded into the contexts of everyday life and interests of the learners. The concept *cause* --

flow -- effect has a consistent ordering function to interpret phenomena like thunderstorms, ebb and flow, wind, tsunamis, typhoons, turbulence, fractal patterns, the Gulf Stream and other marine currents. Flows can be causes and effects at the same time.

Clarification of the aims and needs of the leaders of marine exhibitions and of marine research facilities

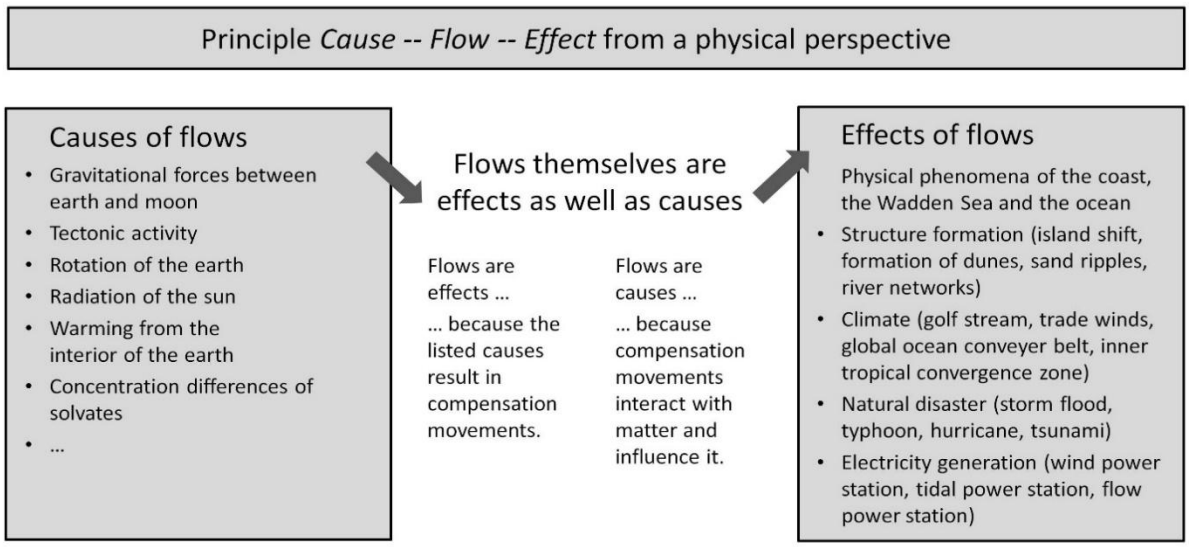
Offers in the mentioned thematic area are created by marine research facilities, who seek to present their own research. Additionally, there are many exhibitions near the North Sea in the Netherlands, Germany and Denmark which aim to build up knowledge and evaluation competencies by addressing the importance of the UNESCO World Heritage Site *Wadden Sea*. It was therefore a task of exploring the thoughts and experiences of those responsible, in order to analyze the institutes' educational offerings and to formulate consequences for further development. Guided, partially structured interviews were conducted with the heads of various exhibition centers (Roskam 2016) and with those responsible for education of marine research facilities (Bliesmer 2016). In interviews, the aim was to ascertain how the institutes' research topics are being processed for educational offerings and what qualifications people possess who are involved.
The two interview studies (Bliesmer 2016, Roskam 2016) show a strong focus on the representation of biological aspects in the educational offerings**.** Physical dynamics in the ocean and on the coast play only a subordinate role. As a reason, the interviewees argue that addressing the topic of physical aspects leads, according to their experience, to a rejection by the visitors. Nevertheless, the responsible persons for education in the exhibitions centers perceive the lack of physical aspects as a deficit (Roskam 2016), because this does not adequately represent the peculiarities of the Wadden Sea according to the UNESCO classification (UNESCO World Heritage Committee 2009).

Elementarization of core concepts of the physical dynamics of coast and ocean and their educational relevance

Coastal areas and oceans are sensitive to natural and man-made influences (Davidson-Arnott 2010) and react with energy and matter flows. Any changes in the system of the coast and the ocean lead to a change in the dynamics of the natural forces air and water. Through their interaction with the coast, processes of self-organization and structure formation are initiated which lead to a new formation of the coastal regions. The energetic processes appear in the short term as well as in the long term as diverse phenomena, such as tsunamis, tornadoes, storms, typhoons, large-scale ocean circulations and complex wind systems. The knowledge about physical dynamics has profound significance for the design of the coastal habitat and thus represents a part of a future-oriented scientific literacy.
An important aspect is that science education and Sustainability Education, in terms of the ocean and the coast, is often supplemented by offers of extracurricular learning (Braund & Reiss 2007, Tal 2012). Visits to scientific exhibitions are equally appealing to teachers and students, as the differentness of these places contributes to scientific literacy and thus to the fulfillment of the school curriculum because more informal learning (Stocklmayer, Rennie & Gilbert 2010) and a high level of self-activity are promised. Current marine research is often addressed as well. In this context, knowledge about sustainability means being aware of the human impact on ecological, economic and social developments, also in the thematic area of the coast and the ocean, and recognizing their dependencies. Thus, the topic has a pronounced significance for education. However, it is currently being observed that physical aspects are neglected in exhibitions on Sustainability Education. The sensitivity of the ocean and the

coast to energy and material flows and the shaping of coastal areas are the main topics of the elementarization. Here, processes of structure formation and self-organization play important roles. The human influence on physical systems such as the climate, coastal protection and the use of coastal areas for operating power plants are also part of the restructuring of the subject matter structure. Heuristic methods (Kircher 2015) are used to carry out specific elementarization processes, such as focusing on qualitative characteristics and using analogies and principles. The core of the reconstructed subject matter structure is to emphasize the concept of water and air flow as an essential link between the regarded physical phenomena (severe weather, natural disasters, and climate changes). Water and air movements interact with matter and thus cause processes of self-organizing structure formation. Humans also use water and air flows on the coast and in the ocean, for example in power plants, by converting kinetic energy of the flows into electrical energy. The following specific cause-effect relation is formulated as a structuring principle (fig.2).

Figure 2. Principle Cause -- Flow -- Effect



This principle allows all relevant phenomena to be classified. Flows take a dual role: There are certain causes that lead to the creation of water and air flows. Therefore, flows can be considered as an effect. But flows are also a cause because they interact with matter. The effects of the water and air flows include the above-mentioned subject areas: climate, structure formation, natural disasters and electricity generation. Based on this principle, an exhibition concept with different exhibits was developed to illustrate the relations between causes and effects and the role of the water and air flows that convey between them. The principle of cause -- flow -- effect makes it possible to classify the exhibits of the exhibition. The exhibits are to be discovered, observed and described to construct knowledge. Through the formation of analogies, the visitors should recognize the exhibits as models for geophysical systems.

Validation und evaluation of the reconstructed educational structure

In Interviews with scientific specialists, it is to ascertain to which extent the reconstructed subject matter structure for exhibitions satisfies scientific requirements. Feedback and assessments then form the basis for further reconstructions. In Interviews with experts for

science education it is to ascertain to which extent the reconstructed subject matter structure corresponds with current perspectives of science education and how the developed subject matter structure can be optimized. In order to investigate learning processes of visitors, exhibits were produced, based on the developed subject matter structure for exhibitions. The learning processes of visitors are investigated by means of guided, structured interviews and participatory observation (Study of Annika Roskam). The effectiveness of the exhibits and the suitability of the reconstructed structure are then deduced from this investigation.

4. Conclusions

Scientific literacy aims at a social participation of all the citizens of a country. The increasing extracurricular offerings for science education can support and complement education in schools. In particular, exhibitions and student labs dealing with subjects like coast and ocean, aerospace or renewable energies have the potential to bring social key problems to heterogeneous user groups, which have different prerequisites considering gender, pre-knowledge, interests, cognitive performance, etc. Differentiated offers, which respond to the heterogeneity of the visitors, are in demand here. The presented studies aim to bring together complex scientific content and heterogeneous user groups. For this purpose, the studies perform basic research and development work and an investigation of whether the development results are adapted to the addressees. In Addition, it is also examined how the visits of exhibitions and the student labs can be better integrated into regular school education. The results of these studies are suitable for reinterpreting the results of other studies which, in the case of pure pre-post-design, recognize only small effects of the visit to student lab or exhibitions with regard to subject-related learning but cannot explain this. Here in-depth analyses of the processes can provide explanations and modeling. By investigating and understanding processes of perception, thinking, learning, and interaction at out-of-school environments in detail, the overall aim of the graduate program GINT is to help improving out-of-school learning in STEM disciplines and to promote its integration into curricular school activities.

References

Bliesmer, K. (2016). Fachdidaktische Analyse der Bildungsangebote deutscher Meeresforschungsinstitute. Oldenburg: Universität Oldenburg.

BMBF (Hrsg.) (2001). Informelles Lernen – Die internationale Erschließung einer bisher vernachlässigten Grundform menschlichen Lernens für das lebenslange Lernen aller. Bonn: BMBF.

BMBF (Hrsg.) (2005). Stand der Anerkennung non-formalen und informellen Lernens in Deutschland im Rahmen der OECD Aktivität , Recognition of non-formal and informal Learning. Bonn: BMBF.

Börlin, J. (2012). Das Experiment als Lerngelegenheit. Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seines Vergleichs. Berlin: Logos.

Braund, M. & Reiss, M. (2007). Towards a more authentic science curriculum: The contribution of out- of- school learning. *International Journal of Science Education*, 28(12), 1373-1388.

Clausen, S. (2015). Systemdenken in der außerschulischen Umweltbildung – eine Feldstudie. Münster Waxmann.

Cross, J. (2007). *Informal Learning. Rediscovering the natural pathway that inspire innovation and performance*. San Francisco: Pfeiffer.

Dähnhardt, D., Haupt, O. & Pawek, C. (2010). Kursbuch 2010 – Schülerlabore in Deutschland. Marburg: tectum.

Davidson-Arnott, R. (2010). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. Cambridge: University Press.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2008). *Self-determination theory: A macrotheory of human motivation, development, and health*. Canadian Psychology, 49(3), 182-185.

Di Fuccia, D. & Ralle, B. (2005). Schülerexperimente als Instrument der Leistungsbeurteilung. In: D. Höttecke (Hrsg.). GDCP-Tagungsband 2004, Münster: Lit., 220-223.

Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: a powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education*, 25, 671-688.

Duit, R., Gropengießer H., Kattmann U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for improving Teaching and Learning Science. In: D. Jorde & J. Dillon (Hrsg.), *Science Education Research and Practice in Europe*. Retrospective and Prospective. Rot-terdam: Sense Publishers, 13-37.

Engeln, K. (2004). Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglich keit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken. Berlin: Logos.

Euler, M. (2005). Schülerinnen und Schüler als Forscher: Informelles Lernen im Schülerlabor. Naturwissenschaften im Unterricht – Physik 16 (90), 4-12.

Gerstenmaier, J. & Mandl, H. (1995). Wissenserwerb unter konstruktivistischer Perspektive. Zeitschrift für Pädagogik 41, 6, 867-888.

Glowinski, I**.** (2007). Schülerlabore im Bereich Molekularbiologie als Interesse fördernde Lernumgebungen. Dissertation. Kiel: Universität Kiel.

Guderian, P. (2007). Wirksamkeitsanalyse außerschulischer Lernorte – Der Einfluss mehrmaliger Besuche eines Schülerlabors auf die Entwicklung des Interesses an Physik. Berlin: Humboldt-Universität.

Harring, M., Witte, M. D. & Burger, T. (Hrsg.) (2016). Handbuch informelles Lernen – Interdisziplinäre und internationale Perspektiven. Weinheim: Beltz.

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2006). Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning: A Response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99-107

Hobbensiefken, G. (2010). Analyse von physikorientierten Konzepten für außerschulische Lernorte. Bachelor-Arbeit. Oldenburg: Universität.

Huber, S. G. (Hrsg.) (2014). Kooperative Bildungslandschaften – Netzwerke(n) im und mit System. Neuwied: Carl Link.

Kircher, E. (2015). Elementarisierung und didaktische Rekonstruktion. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), Physikdidaktik. Theorie und Praxis (S. 107-140). Berlin, Heidelberg: Springer

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41, 75–86.

Lamnek, S. & Krell, C. (2016): Qualitative Sozialforschung. Weinheim: Beltz.

Lernort Labor (2015). Schülerlabor-Atlas 2015. Stuttgart: Klett MINT.

OECD (2013). *Recognising Non-Formal and Informal Learning: Outcomes, Policies and Practices*. New York: OECD-Press.

Parchmann, I., & Komorek, M. (2008). The Model of Educational Reconstruction – A research model for the investigation of students' and teachers' conceptual ideas. In: B. Ralle & I. Eilks (Eds.),

Promoting successful science education – the worth of science education research (S. 169-181). Aachen: Shaker.

Pawek, C. (2009). Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe. Dissertation. Kiel: Universität.

Phillips, D.C. (Ed.) (2000). *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.

Rohs, M. (Hrsg.) (2016). Handbuch informelles Lernen. Berlin: Springer.

Roskam, A. (2016). Fachdidaktische Analyse außerschulischer Repräsentationen der (geo-) physikalischen Dynamik im Wattenmeer und an der Küste. Oldenburg: Universität Oldenburg.

Scharfenberg, F.-J. (2005). Experimenteller Biologieunterricht zu Aspekten der Gentechnik im Lernort Labor: empirische Untersuchung zu Akzeptanz, Wissenserwerb und Interesse. Dissertation, Bayreuth: Universität.

Schmidt, I., Di Fuccia, D. S. & Ralle, B. (2011). Außerschulische Lernstandorte – Erwartungen, Erfahrungen und Wirkungen aus sicht von Lehrkräften und Schulleitungen. Der mathematisch-naturwissenschaftliche Unterricht 64 (6), 362-369.

Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J. & Gilbert, J. K. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education, *Studies in Science Education*, 46 (1), 1-44.

Tal, T. (2012). Out-of-School: Learning Experiences, Teaching and Students' Learning. In: B. J. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Eds.), *Second International Handbook of Science Education* (S. 1109-1122). Heidelberg: Springer.

UNESCO World Heritage Commitee (2009). Report of decisions of the 33rd session of the World Heritage Committee. http://whc.unesco.org/archive/2009/whc09-33com-20e.pdf (access: 10.08.2017).

Wolf, S. J. & Fraser, B. J. (2008). Learning environments, attitudes, and achievement of middle-school science students using inquiry-based laboratory activities. *Research in Science Education* 38, 321-341.

Zürcher, R. (2007). Informelles Lernen und der Erwerb von Kompetenzen: Theoretische, didaktische und politische Aspekte. Materialien zur Erwachsenenbildung. Wien: BUKK.

«ΗΠΙΟΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΣΜΟΣ», ΠΑΙΔΙΚΗ ΕΝΔΥΝΑΜΩΣΗ ΚΑΙ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΥΡΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΈΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΠΡΑΚΤΙΚΗ

Κορφιάτης Κωνσταντίνος

Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Περίληψη

Η μελέτη της σύγχρονης βιβλιογραφίας στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση[1] μας οδηγεί σε δύο διαπιστώσεις χρήσιμες για την πορεία της μελλοντικής έρευνας: Η πρώτη διαπίστωση είναι ότι η κυρίαρχη τάση στις σημερινές ανθρώπινες κοινωνίες είναι ο «ήπιος περιβαλλοντισμός», ο οποίος χαρακτηρίζεται από θετικές απόψεις και στάσεις προς το περιβάλλον, φιλο-περιβαλλοντικές αξίες, και από την πεποίθηση ότι τα περιβαλλοντικά ζητήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν χωρίς συμβιβασμούς στην οικονομική ανάπτυξη και αλλαγή των κοινωνικών σχέσεων. Εχει δημιουργηθεί με αυτό τον τρόπο μία ιδεολογική «ζώνη ευκολίας» (comfort zone) μέσα στην οποία βλέπουν οι περισσότεροι άνθρωποι να βρίσκεται η σχέση τους με το περιβάλλον και οι τρόποι επίλυσης των περιβαλλοντικών ζητημάτων. Όμως ερευνητικά δεδομένα δείχνουν ότι αυτή η κατάσταση πραγμάτων λειτουργεί ως εμπόδιο για την ριζική αλλαγή των σχέσεων κοινωνίας-φύσης.

Η δεύτερη διαπίστωση είναι ότι οι εκπαιδευτικές παρεμβάσεις συχνά επιτυγχάνουν στον μετασχηματισμό των περιβαλλοντικών αντιλήψεων των συμμετεχόντων, στην αύξηση του περιβαλλοντικού ενδιαφέροντός τους και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων λήψης απόφασης, επιχειρηματολογίας και ανάληψης δράσης. Δεν προκύπτουν όμως ιδιαίτερα στοιχεία τα οποία να αναφέρονται στην εμπλοκή των παιδιών σε καταστάσεις που αφορούν την πραγματική τους ζωή, την ενδυνάμωση τους για δράση, την ανάπτυξη της αυτό-επάρκειάς τους και της αντίληψης του εαυτού τους ως παράγοντα αλλαγής, που αποτελούσαν και αποτελούν σημαντικό ζητούμενο της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Θα επιχειρήσω να δείξω ότι αυτό το παραμελημένο κομμάτι της έρευνας σχετικά με τον τύπο και την ποιότητα της συμμετοχής των παιδιών στα εκπαιδευτικά προγράμματα, είναι ουσιαστικής σημασίας για την επίτευξη της αυτό-επάρκειας και της αντίληψής τους ως παράγοντες αλλαγής. Επιπλέον θα υποστηρίξω ότι ο εποικοδομητισμός και η διαμόρφωση εκπαιδευτικών πλαισίων στα πρότυπα του εποικοδομητισμού, είναι σημαντικό στοιχείο των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων τις οποίες χρειάζεται η σύγχρονη Περιβαλλοντική Εκπαίδευση.

[1] Δεν είναι στις προθέσεις του κειμένου να συζητήσει τη σχέση του όρου «Περιβαλλοντικής Εκπαίδευση» με όρους όπως «Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη», «Εκπαίδευση για την Αειφορία», «Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία». Ωστόσο ο αναγνώστης ή η αναγνώστρια μπορεί να θεωρήσει ότι τα όσα περιέχονται στο κείμενο ισχύουν και αν αντικαταστήσει τον όρο «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση» με κάποιον συγγενικό του.

Abstract

The review of current literature on Environmental Education leads to two important findings with relevance to the future of Environmental Education research and practice. The first finding is that, according to evidence, a worldview of "soft environmentalism" dominates in modern societies. "Soft environmentalism" is characterized by positive attitudes towards the environment, pro-environmental values, and a faith that all environmental problems will be resolved without any compromise to the economic growth and development. As a result, an intellectual "comfort zone" has been created which function as a barrier against a radical transformation of human-environment relations.

The second finding refers to the research evidence showing that environmental education projects are indeed successful in transforming participating students' environmental conceptions, increasing their environmental concern and improving their environmental decision-making, argumentation and environmental problem-solving skills. There is a lack of research however of children's active engagement in real-life situations, their self-efficacy, agency and empowerment following their participation in EE projects. I will argue, using examples from case studies, that this underdeveloped area of research is of crucial importance for the goals of environmental education, and that constructivism, and constructivistic learning environments, could be important elements of a "next generation" environmental education interventions.

1. Εισαγωγή

Στην περιβαλλοντική θεωρία χρησιμοποιούμε συχνά έννοιες όπως αυτή του «συνεχούς», στη προσπάθεια να κατηγοριοποιήσουμε τις απόψεις/στάσεις/αξίες των ανθρώπων απέναντι στο περιβάλλον, και ταυτόχρονα να δείξουμε ότι οι κατηγορίες που προκύπτουν δεν είναι απόλυτες, ούτε «συμπαγείς»: Αντίθετα αποτελούνται από διαφορετικά, συχνά αντιφατικά, στοιχεία, τα οποία ωστόσο θα μπορούσαν ως σύνολο να καταταχθούν σε κάποιο σημείο του «συνεχούς» που έχουμε κατασκευάσει (Μια άλλη, συχνά χρησιμοποιούμενη για τον ίδιο σκοπό έννοια είναι αυτή του «φάσματος»). Από τα πιο γνωστά «συνεχή» στη βιβλιογραφία είναι αυτό του ανθρωποκεντρισμού/οικοκεντρισμού, όπου ο ένας πόλος, ο ανθρωποκεντρικός, εκφράζει τις αντιλήψεις και τις αξίες εκείνες που τοποθετούν τον άνθρωπο έξω και πάνω από τον υπόλοιπο φυσικό κόσμο και υιοθετούν εκμεταλλευτική σχέση ανθρώπου-φύσης. Ο οικοκεντρισμός, στο αντίθετο άκρο, πρεσβεύει την αρμονική, συνεργατική και μη-εκμεταλλευτική σχέση του ανθρώπινου είδους με τον υπόλοιπο πλανήτη (παρόμοιας λογικής ήταν η διάκριση μεταξύ 'Βαθιάς' και 'Ρηχής' Οικολογίας). Μεταξύ των δύο άκρων θα συναντήσουμε διάφορες διαβαθμίσεις, ανάλογα με το αν για παράδειγμα κάποιος/α ενδιαφέρεται για τη διατήρησή της φύσης, αλλά από ωφελιμιστική για τον άνθρωπο οπτική (ήπιος ανθρωποκεντρισμός), ή αν θεωρεί τον άνθρωπο μέρος του φυσικού κόσμου, χωρίς να αποδέχεται την ενδογενή αξία της φύσης (ήπιος οικοκεντρισμός).
Στο παρόν κείμενο υποστηρίζω την άποψη ότι η κυρίαρχη περιβαλλοντική οπτική σήμερα μπορεί να χαρακτηριστεί ως οπτική του «ήπιου περιβαλλοντισμού», σε αντιδιαστολή τόσο με τον οικεντρισμό, τις απόψεις της «Βαθιάς Οικολογίας», ή του «Ριζοσπαστικού Περιβαλλοντισμού», όσο και με τις απόψεις του ανθρωποκεντρισμού, αλλά και του τεχνοκρατικού περιβαλλοντισμού. Θα υποστηρίξω την άποψη ότι η έρευνα και πρακτική της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης θα πρέπει να αναζητήσει κατευθύνσεις πέρα από τη «ζώνη ευκολίας» που έχει δημιουργήσει ο ήπιος περιβαλλοντισμός και θα προσπαθήσω να σκιαγραφήσω τα χαρακτηριστικά μιας πιθανής κατεύθυνσης.

2. Ήπιος Περιβαλλοντισμός

Ο ήπιος περιβαλλοντισμός θεωρεί την προστασία του περιβάλλοντος ως ζήτημα ατομικής ευθύνης και την επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων ως θέμα προσωπικού τρόπου ζωής (πχ. μείωση παραγωγής απορριμμάτων, χρήση ανακυκλώσιμων συσκευασιών κοκ). Σε αντίθεση, ο ριζοσπαστικός περιβαλλοντισμός για παράδειγμα, θεωρεί τα περιβαλλοντικά προβλήματα ενδογενές χαρακτηριστικό του βιομηχανικού καπιταλισμού και πιστεύει ότι η επίλυσή τους μπορεί να πραγματοποιηθεί μόνο με τη ριζοσπαστική πολιτική αλλαγή, ενώ ο τεχνοκρατικός περιβαλλοντισμός διακηρύττει την πίστη του στη δύναμη της τεχνολογίας και πιστεύει ότι τα περιβαλλοντικά προβλήματα θα αντιμετωπιστούν με την εφαρμογή των κατάλληλων τεχνολογιών.
Σημαντικό χαρακτηριστικό του ήπιου περιβαλλοντισμού είναι η πίστη στην πεποίθηση ότι στα περιβαλλοντικά προβλήματα υπάρχει τρόπος να μένει «και η πίττα ακέρια και ο σκύλος χορτάτος», δηλαδή ότι οποιοδήποτε περιβαλλοντικό πρόβλημα μπορεί να λυθεί με τέτοιο τρόπο ώστε και το περιβάλλον να προστατεύεται και τα συμφέροντα των κοινωνικών εταίρων να ικανοποιούνται. Η πεποίθηση αυτή επικρατεί στις σύγχρονες κοινωνίες σε τέτοιο βαθμό, ώστε να εμφανίζεται ως η κυρίαρχη αντίληψη σε όλες τις έρευνες που αφορούν απόψεις για λύσεις σε περιβαλλοντικά προβλήματα. Για παράδειγμα, σε έρευνα η οποία δημοσιεύτηκε στο Hadjihambi-Paraskeva et al (2015), οι συμμετέχοντες μαθητές ηλικίας 11-12 ετών, ερωτηθέντες με ποια κριτήρια θα έλυναν ένα συγκεκριμένο περιβαλλοντικό πρόβλημα, επέλεξαν στην πλειοψηφία τους κοινωνικά, «ήπια» ανθρωποκεντρικά, κριτήρια όπως η εξασφάλιση της υγείας από την περιβαλλοντική ρύπανση. Τα περιβαλλοντικά κριτήρια ήταν δεύτερα σε προτιμήσεις, ενώ τα οικονομικά κριτήρια (και άρα, όπως θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε, τα κριτήρια που εκφράζουν «σκληρό» ανθρωποκεντρισμό), ήταν η τελευταία σε προτιμήσεις κατηγορία. Σε μια αντίστοιχης λογικής εκπαιδευτική διαδικασία λήψης απόφασης για την κατασκευή ενός δρόμου, οι μαθητές δημοτικού κατά μεγάλη πλειοψηφία επιλέγουν τη χάραξη του δρόμου μέσω μιας θαμνώδους έκτασης, έναντι άλλων επιλογών που θα είχαν είτε μεγαλύτερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, είτε μεγαλύτερο οικονομικό κόστος (το σχετικό μαθησιακό περιβάλλον είναι ελεύθερα προσβάσιμο στην ιστοσελίδα http://lsg.ucy.ac.cy/Flora/Flora_Official/Index/Index.html). Ένα άλλο παράδειγμα της προτίμησης της νέας γενιάς σε επιλογές και δραστηριότητες αμοιβαία επωφελών τόσο για τον άνθρωπο όσο και το περιβάλλον, παρουσιάστηκαν σε έρευνα με τη συμμετοχή παιδιών που ζουν στη περιοχή της λίμνης Κερκίνης, όπου η πλειοψηφία των ερωτηθέντων παιδιών ηλικίας 4-12 ετών είχε περισσότερο θετικές προδιαθέσεις απέναντι στη δραστηριότητα της πτηνοπαρατήρησης, απ' ότι σε δραστηριότητες όπως ο θερισμός ή το ψάρεμα, παρόλο που τα ίδια προέρχονταν από οικογένειες που ασχολούνταν με αγροτο-κτηνοτροφικές δραστηριότητες (Korfiatis et al, 2009). Ενα ακόμα χαρακτηριστικό παράδειγμα θέσεων που κινούνται μεταξύ ήπιου ανθρωποκεντρισμού και ήπιου οικοκεντρισμού καταγράφηκαν σε μία άλλη έρευνά μας, όπου η πλειοψηφία των συμμετεχόντων παιδιών εξέφρασε αισθητικές αξίες, ως λόγους προστασίας των απειλούμενων ειδών φυτών (Hadjihambi-Paraskeva et al. 2012).

Οι θετικές προς το περιβάλλον στάσεις και απόψεις και τα όρια της ατομικής σφαίρας
Ένα άλλο χαρακτηριστικό της εποχής του ήπιου περιβαλλοντισμού είναι οι ιδιαίτερα θετικές προς το περιβάλλον στάσεις των συμμετεχόντων που καταγράφονται διεθνώς σε κάθε σχετική κοινωνική έρευνα. Ωστόσο, εδώ και αρκετά χρόνια έχει επισημανθεί στη βιβλιογραφία ότι οι θετικές στάσεις δεν συνεπάγονται ανάλογα θετική συμπεριφορά και πολλές αιτίες έχουν αναφερθεί για την εξήγηση αυτής της διαφοράς. Υπάρχει ωστόσο μία παράμετρος στην οποία θεωρώ ότι δεν έχει δοθεί η δέουσα προσοχή και η οποία αφορά το

κοινωνικό, οικονομικό και πολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο ζούμε και του οποίου η υπέρβαση με βάση μόνο τις ατομικές συμπεριφορές είναι εξαιρετικά δύσκολη έως αδύνατη.
Χαρακτηριστικό είναι εδώ το παράδειγμα του οικολογικού αποτυπώματος. Υπολογίζεται ότι η ανθρωπότητα καταναλώνει σήμερα φυσικούς πόρους για τους οποίους θα χρειαζόμασταν 1,7 πλανήτες σαν τη Γη για να τους εξασφαλίσουμε. Φυσικά, δεν έχουν όλες οι χώρες το ίδιο οικολογικό αποτύπωμα. Οι ΗΠΑ για παράδειγμα «καταναλώνουν» το ισοδύναμο πέντε (!) πλανητών, η Γερμανία 3,2 πλανήτες, η Ιαπωνία 2,9, αλλά η Ινδία μόλις 0,6 πλανήτες (Global Footprint Network, National Footprint Accounts 2017)!
Σε πρόσφατη έρευνα (Μαλλούπα 2017), ζητήθηκε από φοιτητές του Πανεπιστημίου Κύπρου να υπολογίσουν το οικολογικό τους αποτύπωμα και στη συνέχεια να προσπαθήσουν να το μειώσουν σε βιώσιμα επίπεδα για μία εβδομάδα (δηλαδή στο επίπεδο που θα αντιστοιχούσε στο ισοδύναμο ενός πλανήτη για όλη την ανθρωπότητα). Ανάμεσα στα πολλά ενδιαφέροντα ευρήματα της συγκεκριμένης έρευνας ήταν και το ότι οι συμμετέχοντες φοιτητές και φοιτήτριες διαπίστωσαν το αδύνατο της μείωσης του οικολογικού τους αποτυπώματος σε βιώσιμα επίπεδα μόνο μέσα από προσωπικές επιλογές, όσο συστηματικά και αν προσπάθησαν. Ο λόγος είναι φυσικά ότι σημαντικό μέρος του οικολογικού μας αποτυπώματος οφείλεται στις συλλογικές υποδομές (πχ αυτοκινητόδρομοι, ηλεκτροδότηση δημόσιων χώρων, δημόσια κτίρια και παρεχόμενες δημόσιες υπηρεσίες) και στο συνολικό τρόπος λειτουργίας της κοινωνίας (πχ προέλευση και τρόπος παραγωγής των διαθέσιμων προϊόντων, τρόπος παραγωγής ενέργειας). Το κοινωνικό αυτό πλαίσιο προσδιορίζει και το εύρος των προσωπικών επιλογών. Είναι χαρακτηριστική η δήλωση μιας συμμετέχουσας φοιτήτριας που δείχνει το αδιέξοδο στο οποίο βρέθηκε και τον τρόπο που το αντιμετώπισε: «*θέλω να το κάνω αλλά είναι δύσκολο… θέλω να βοηθάω το περιβάλλον αλλά δεν θέλω να δυσκολεύω τη ζωή μου ….. Δεν θέλω να σκέφτομαι συνέχεια τι πρέπει να φάω …. Να μετράω πόση ώρα έκανα ντους…. Πόσα χιλιόμετρα οδήγησα….»!* Οι Chawla και Flander-Cushing (2007) επεσήμαναν τη διαφορά της ιδιωτικής σφαίρας και της δημόσιας σφαίρας του περιβαλλοντισμού, και εξήγησαν την αξία της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης που εστιάζει σε αλλαγές στην δημόσια σφαίρα. Ωστόσο, οι περισσότερες παρεμβάσεις της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στοχεύουν ακόμα στην ιδιωτική σφαίρα και στην ανάπτυξη των ατομικών δεξιοτήτων και συμπεριφορών (Ideland & Malberg 2015).

3. Η «Ζώνη Ευκολία» στην έρευνα και πράξη της Π.Ε.

Ο ήπιος περιβαλλοντισμός αποτελεί «ζώνη ευκολίας» για το οικολογικό κίνημα για την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Εννοώ ότι παρεμβάσεις που αφορούν τη περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και την ανάπτυξη φιλοπεριβαλλοντικών στάσεων απευθύνονται σε ένα ήδη ευαισθητοποιημένο πληθυσμό που όμως δεν μετατρέπει τις στάσεις σε πράξεις. Εννοώ επίσης, ότι πρωτοβουλίες όπως οι αλλαγές σε ατομικές καταναλωτικές συνήθειες, ή προτάσεις που κινούνται στη λογική του κοινού οφέλους περιβάλλοντος-κοινωνίας και οικονομίας κινούνται στα πλαίσια του καθολικά αποδεκτού σήμερα ήπιου περιβαλλοντισμού και μάλλον έχουν εξαντλήσει το ρόλο τους ως μετασχηματιστικές εκπαιδευτικές προτάσεις.
Στο ερευνητικό επίπεδο η «ζώνη ευκολίας» έχει να κάνει με το ότι έχει συσσωρευτεί μετά από σχεδόν μισό αιώνα έρευνας μεγάλος όγκος πληροφορίας που αφορά ατομικές συμπεριφορές, φιλοπεριβαλλοντικές στάσεις και απόψεις, καθώς και ατομικές δεξιότητες που συνδέονται με το ενδιαφέρον για το περιβάλλον. Γνωρίζουμε αρκετά πράγματα για τις «ψυχο-κοινωνικές» περιβαλλοντικές μεταβλητές, όπως οι αξίες, στάσεις, απόψεις, για τον τρόπο που συνδέονται μεταξύ τους, και με δημογραφικές και άλλες κοινωνικές παραμέτρους. Γνωρίζουμε επίσης αρκετά πράγματα για το πώς αυτές οι μεταβλητές συνδέονται, ή δεν συνδέονται με φιλοπεριβαλλοντικές συμπεριφορές και δράσεις. Επίσης μας είναι γνωστά αρκετά πράγματα για μαθησιακά περιβάλλοντα τα οποία πράγματι βελτιώνουν ατομικές

δεξιότητες, όπως οι δεξιότητες συστημικής σκέψης, οι δεξιότητες λήψης απόφασης, η ικανότητα επιχειρηματολογίας και διαπραγμάτευσης πολύπλοκων κοινωνικο-οικολογικών θεμάτων (ενδεικτικά Evagorou et al 2009; Nikolaou et al 2009; Petrou & Korfiatis 2013; Hadjichambi-Paraskeva et al 2015; Korfiatis 2016). Ακόμα σπουδαιότερο από την σκοπιά των στόχων της Π.Ε. είναι το ότι διαθέτουμε πλέον αρκετή πληροφορία που μας δείχνει ότι τα παιδιά «αλλάζουν», τουλάχιστον όσο αφορά κάποιες πτυχές του τρόπου σκέψης τους. Στο Petrou and Korfiatis (2013) για παράδειγμα, δείχτηκε ότι παιδιά 11-12 ετών πέρασαν, μετά από μια σχετικά σύντομη εκπαιδευτική παρέμβαση, από απλοϊκές και κατά κάποιο τρόπο «παιδικές» αντιλήψεις για τη περιβαλλοντική προστασία, σε περισσότερο σύνθετες αντιλήψεις και περισσότερο «πολιτικές» θέσεις.
Ωστόσο, όπως δείχνουν πρόσφατες επισκοπήσεις της βιβλιογραφίας γύρω από την Π.Ε., η έρευνα συνεχίζει να εστιάζει σε ήδη δουλεμένα θέματα, όπως η ανάπτυξη δεξιοτήτων σκέψης και οι περιβαλλοντικές ψυχο-κοινωνικές μεταβλητές (Korfiatis 2016). Από την βιβλιογραφική επισκόπηση που δημοσιεύεται στο Korfiatis (2016), προκύπτει ότι το 46% των ερευνών σχετικών με την ΠΕ που δημοσιεύτηκαν την 15ετία 2000-2015 σε περιοδικά διδακτικής της επιστήμης, αφορούσαν την ανάπτυξη δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης, το 23% με την εννοιολογική κατανόηση, το 15% με περιβαλλοντικές ψυχο-κοινωνικές μεταβλητές, και το 12% με την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού και δραστηριοτήτων. Οι έρευνες που αφορούσαν ειδικά εκτός τάξης εκπαιδευτικές παρεμβάσεις εστίαζαν κυρίως στην εννοιολογική κατανόηση και στις ψυχο-κοινωνικές μεταβλητές. Προκύπτει επομένως ότι μικρός αριθμός ερευνών ασχολείται με την κοινωνική μάθηση, την κοινωνική συμμετοχή και την κοινωνική δράση. Κατά συνέπεια το αίτημα της «ανάπτυξης της ικανότητας για συμμετοχή και ανάληψη δράσης σε περιβαλλοντικά/κοινωνικά ζητήματα, το αίτημα της σύνδεσης των μαθητών με την κοινότητα» (Stevenson et al. 2013, p. 14) δεν έχει έρθει ακόμα στο ερευνητικό προσκήνιο (Aquilar 2016; Korfiatis 2016). Σε θεωρητικό επίπεδο οι περισσότεροι διανοητές συμφωνούν ότι έχει δοθεί αρκετά μεγάλη έμφαση στη μελέτη ατομικών στάσεων και συμπεριφορών, και πρέπει η έρευνα πλέον να εστιάσει σε νέα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία αφορούν τη συλλογική δράση, την ενδυνάμωση για δράση και την ικανότητα των ανθρώπων να καθορίσουν τη ζωή τους, αλλά η εκπαιδευτική έρευνα και πράξη στην περιβαλλοντική εκπαίδευση δεν έχει πάρει ακόμα αυτή την κατεύθυνση (Stevenson et al 2013; Ardoin et al 2012).

4. Ενδυνάμωση, αυτό – επάρκεια και η δυνατότητα να ορίζεις τη ζωή σου.

Οι έννοιες της ενδυνάμωσης, της αυτοεπάρκειας, και της δυνατότητας να ορίζει κάποιος/α τη ζωή του/της (agency), αν και προέρχονται από διαφορετικά θεωρητικά πλαίσια, μοιράζονται μια κοινή θέση: ότι η δυνατότητα των ανθρώπων να παίρνουν αποφάσεις, η αίσθηση ότι οι αποφάσεις τους μπορούν να αλλάξουν τα πράγματα και ότι οι ίδιοι είναι σε θέση να εφαρμόσουν αυτά που πιστεύουν, είναι οι «μεταβλητές» που μπορούν να διαμορφώσουν τη σχέση των ανθρώπων με τη φύση. Αξίζει να αναφερθεί εδώ ένα σχετικό παράδειγμα: Στο Hadjihambi-Paraskeva et al (2012), μαθητές ηλικίας 11-12 ετών ερωτήθηκαν ποια μέτρα θα έπαιρναν για την προστασία των ενδημικών φυτών ως μαθητές και ποια μέτρα αν ήταν οι δήμαρχοι της πόλης τους (αν ήταν δηλαδή άνθρωποι με εξουσία και δυνατότητα να εφαρμόσουν τις απόψεις τους). Οι απαντήσεις ήταν σημαντικά διαφορετικές στις δύο περιπτώσεις. Αναλυτικότερα, οι μαθητές απάντησαν ότι ως δήμαρχοι θα όριζαν προστατευόμενες περιοχές και κανονισμούς προστασίας των απειλούμενων ειδών, θα επέβαλλαν ποινές σε όσους δεν τηρούσαν τους κανονισμούς και θα προσπαθούσαν να δημιουργήσουν συνθήκες καλύτερης αναπαραγωγής των προστατευόμενων ειδών. Ως άτομα της ηλικίας τους οι απαντήσεις τους ήταν ατομικού χαρακτήρα, και αφορούσαν τρόπους με τους οποίους θα προστάτευαν ατομικά τα φυτά, πχ φυτεύοντάς τα στο κήπο τους, ή βάζοντας

απλά προειδοποιητικές πινακίδες. Από εκπαιδευτική σκοπιά λοιπόν αυτό που προτείνεται είναι ότι στη περιβαλλοντική εκπαίδευση πρέπει να «μετακινηθούμε» από εκπαιδευτικές παρεμβάσεις ευαισθητοποίησης σε παρεμβάσεις που θα αφορούν στη δημιουργία μαθησιακών περιβαλλόντων στα οποία οι συμμετέχοντες θα έχουν τη δυνατότητα να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν τις ιδέες τους σε πραγματικές συνθήκες, δλδ σε συνθήκες που θα προκαλούν αλλαγές στη προσωπική τους ζωή και στο κοινωνικό περιβάλλον τους.
Η διδακτική προσέγγιση που προτείνω στηρίζεται στο συνδυασμό στοιχείων των κοινωνικών θεωριών μάθησης και των θεωριών του εποικοδομητισμού και της διερευνητικής προσέγγισης. Η μεγαλύτερη ενσωμάτωση του εποικοδομητισμού στη παιδαγωγική πρακτική της Π.Ε. μπορεί να προσφέρει:

- στην εγκατάλειψη του συμπεριφορισμού ο οποίος εξακολουθεί να χαρακτηρίζει ένα μεγάλο μέρος της εκπαιδευτικής πρακτικής στη περιβαλλοντική εκπαίδευση.
- Το δεύτερο σημαντικό στοιχείο των εποικοδομηστικών πρακτικών είναι η ανάπτυξη της κριτικής αντίληψης της επιστημονικής γνώσης και της κριτικής σκέψης γενικότερα, στοιχείο το οποίο απουσιάζει από τη πρακτική της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.
- Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο του οικοδομισμού είναι η συγκεντρωμένη γνώση πάνω στις προϋπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις και πως αυτές μπορούν να κλονιστούν μέσα από μαθησιακές διαδικασίες. Η ενσωμάτωση αυτής της γνώσης είναι πολύτιμη για τη περιβαλλοντική εκπαίδευση, η οποία επιμένει σε συμπεριφοριστικού τύπου λογικές όταν πρόκειται για αλλαγές περιβαλλοντικών αντιλήψεων ή στάσεων.
- Τέλος σημαντική συνεισφορά του οικοδομισμού είναι η μεγάλη του «εμπειρία» στην δημιουργία υποστηρικτικών περιβαλλόντων, η οποία απουσιάζει από τις κοινωνικές θεωρίες μάθησης. Σε περιβαλλοντικές εκπαιδευτικές παρεμβάσεις σε μη-τυπικά περιβάλλοντα μάθησης
- Στον αντίποδα η περιβαλλοντική εκπαίδευση μπορεί να προσφέρει στην διδακτική των φυσικών επιστημών το επιστημολογικό πλαίσιο για την ανάδειξη της πλουραλιστικής γνώσης στη θέση της σημερινής αναζήτησης της μίας και μοναδικής αντικειμενικής αλήθειας η οποία χαρακτηρίζει τη διδασκαλία της επιστήμης.

Με την ενσωμάτωση του εποικοδομητισμού στις κοινωνικές θεωρίες μάθησης μπορεί να προκύψει ένα μαθησιακό περιβάλλον το οποίο θα είναι (Kyburz-Graber, R. 2013; Petrou & Korfiatis 2016):
Συμμετοχικό (θα στηρίζει την ενεργό συμμετοχή, τη συνεργασία και τη δράση στα πλαίσια μικρών κοινοτήτων μάθησης)
Εποικοδομιστικό (έμφαση σε διαδικασίες κατασκευής της γνώσης, βασισμένες σε διερευνήσεις και εμπειρίες σε πραγματικές καταστάσεις)
Αναστοχαστικό (θα περιλαμβάνει συζητήσεις, ανταλλαγή απόψεων και εμπειριών, αξιολόγηση προτάσεων και ιδεών, προσωπικές και ομαδικές διαδικασίες επεξεργασίας απόψεων και πράξεων)
Κριτικό (θα προάγει την κριτική και κοινωνική προσέγγιση)

Επειδή όμως οι ιδιότητες της ενδυνάμωσης, της αυτό-επάρκειας, της ικανότητας να παρεμβαίνεις στο γύρω σου κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον, έχουν μεγάλη σχέση και με την ηλικία των συμμετεχόντων, ειδικά στις ηλικίες του δημοτικού σχολείου είναι δύσκολο να δημιουργηθεί ένα μαθησιακό περιβάλλον το οποίο να δίνει τη δυνατότητα για αυθεντικές καταστάσεις δράσεις και αλλαγής με υποκείμενα τους συμμετέχοντες μαθητές. Αυτή τη

δυνατότητα ωστόσο μας δίνουν οι σχολικοί λαχανόκηποι. Παραθέτω κάποια χαρακτηριστικά παραδείγματα για το πώς η συμμετοχή παιδιών Τετάρτης Δημοτικού στη καλλιέργεια σχολικών λαχανόκηπων βοήθησε την κριτική σκέψη των παιδιών, την αυτό-επάρκειά τους και την αίσθηση ότι μπορούν να αλλάξουν κάτι στη ζωή τους αν το θελήσουν (Petrou & Korfiatis 2016; Πέτρου 2017):

Ενας μαθητής στην αρχή της εμπλοκής του με τη καλλιέργεια δήλωσε ότι *«εάν έχεις τον δικό σου κήπο δεν χρειάζεται να αγοράζεις από το supermarket».* Λίγες εβδομάδες μετά δήλωσε *«Εχουμε τα δικά μας φρέσκα λαχανικά, διασκεδάζουμε καλλιεργώντας τον κήπο μας και συζητώντας γι' αυτόν στο σχολείο…»,* και αρκετό καιρό μετά δήλωνε για την εμπειρία του *«… καταλήγεις να έχεις τα δικά σου λαχανικά, έχεις περισσότερο πράσινο, είσαι χαρούμενος γιατί κάνεις κάτι χρήσιμο για τους ανθρώπους και το περιβάλλον».* Μια μαθήτρια δήλωσε *«Αγόρασα βιολογικό βασιλικό με τα δικά μου χρήματα…. Το έβαλα σε ένα φωτεινό μέρος και το αφήνω να μεγαλώνει».* Τέλος, ένας μαθητής δήλωσε *«αγοράσαμε διάφορα φυτά για το σπίτι, θυμόμουνα πως το κάναμε στο σχολείο και τα φύτεψα. Φύτεψα ντομάτες, πιπεριές, μελιτζάνες…. Ηξερα πώς να το κάνω και το έκανα!»*

Θα πρέπει να τονιστεί ότι στη διαδικασία καλλιέργειας των σχολικών λαχανόκηπων sthn οποία αναφέρομαι, η συμμετοχή των παιδιών στην υλοποίηση της καλλιέργειας, αλλά και στη διαχείριση του «project» και στη διαδικασία λήψης απόφασης εξασφαλιζόταν από οργανωμένες και καθορισμένες διαδικασίες συναντήσεων, συζητήσεων και λήψεων αποφάσεων και δεν αφέθηκε στην καλή θέληση των συμμετεχόντων κάθε ηλικίας! Υπήρχαν επίσης δραστηριότητες αναστοχασμού, καθώς και δραστηριότητες προσέγγισης του σχολικού λαχανόκηπου και της παραγωγής τροφίμων ως κοινωνικές διαδικασίες που αλλάζουν τη σχέση των συμμετεχόντων με την κοινότητά τους αλλά και με την τροφή τους. Ηταν η ύπαρξη αυτών των στοιχείων του δομημένου μαθησιακού περιβάλλοντος το οποίο δημιουργήθηκε γύρω από το σχολικό λαχανόκηπο η οποία απέτρεψε τη μετατροπή του λαχανόκηπου σε διακοσμητικό στοιχείο της σχολικής αυλής και η οποία επίσης απέτρεψε τον υποβιβασμό της συμμετοχής των παιδιών σε διακοσμητική και ευκαιριακή!

5. Επίλογος

Οι διάφορες θεωρίες κοινωνικής, μετασχηματιστικής και κριτικής μάθησης δεν είναι κάτι καινούριο. Η εφαρμογή τους ωστόσο σε προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης παραμένει περιορισμένη. Ακόμα περισσότερο περιορισμένη είναι η ερευνητική αξιολόγηση εφαρμογών που στηρίζονται σε αυτές τις θεωρίες, έτσι ώστε να μπορέσει η εκπαιδευτική και ερευνητική κοινότητα της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης να σχηματίσει ολοκληρωμένη εικόνα για τον τρόπο που αυτές οι θεωρίες μπορούν να εξυπηρετήσουν τους στόχους της ΠΕ, τα στοιχεία τους που χρειάζονται βελτίωση ή αλλαγή και τους νέους ερευνητικούς ορίζοντες που μπορεί να δημιουργήσει η συστηματική εφαρμογή και αξιολόγησή τους. Βρισκόμαστε στο σημείο όπου η έρευνα και πράξη της ΠΕ θα πρέπει μάλλον να εγκαταλείψει τη «ζώνη ευκολίας» της (ή, διατυπωμένο διαφορετικά, τη φάση της κατά Kuhn «κανονικής επιστήμης» την οποία διέρχεται και η οποία δείχνει να έχει εξαντλήσει της δυνατότητές της) και να εστιάσει τη προσοχή της σε θέματα που εδώ και καιρό απαιτούν τη προσοχή μας, όπως το πως η μάθηση μπορεί να συνδεθεί με την πραγματική ζωή, πως οι άνθρωποι αποκτούν έλεγχο της ζωής τους και ακόμα τι πραγματικά σημαίνει μετασχηματιστική και κριτική γνώση.

6. Βιβλιογραφία

Μαλούππα, Ρ. (2017). Η μέτρηση του οικολογικού αποτυπώματος ως μέσο ευαισθητοποίησης και αναστοχασμου για το περιβάλλον φοιτητών επιστημών της αγωγής του πανεπιστημίου Κύπρου. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κύπρου. Λευκωσία. Κύπρος.

Πέτρου Σ. (2017). *Σπόροι Αλλαγής και Αειφορίας: Αναπτύσσοντας τον Περιβαλλοντικό Εγγραμματισμό και την Πολιτότητα Μαθητών Δημοτικής Εκπαίδευσης Μέσω Κοινοτήτων Καλλιέργειας Σχολικών Λαχανόκηπων*. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Κύπρου. Λευκωσία. Κύπρος

Ardoin, N. M., Clark, C., & Kelsey, E. (2012). An exploration of future trends in environmental education research. *Environmental Education Research*, 19, 499-520.

Aguilar O. M. (2016): Examining the literature to reveal the nature of community EE/ESD programs and research, *Environmental Education Research*, DOI: 10.1080/13504622.2016.1244658

Chawla L. & D. Flanders Cushing (2007): Education for strategic environmental behavior, *Environmental Education Research*, 13:4, 437-452

Evagorou M., Korfiatis K., Nicolaou Ch., & C. Constantinou (2009). An Investigation of the Potential of Interactive Simulations for Developing System Thinking Skills in Elementary School: A case study with fifth-graders and sixth-graders. *International Journal of Science Education*, 31: 655-674.

Global Footprint Network, National Footprint Accounts (2017). www.footprintneteork. Org. Retrieved 14/07/2017.

Ideland M. & C. Malmberg (2015) Governing ‘eco-certified children’ through pastoral power: critical perspectives on education for sustainable development, Environmental Education Research, 21:2, 173-182

Hadjihambi-Paraskeva D., Korfiatis K, Hadjihambis A., & M. Arianoutsou (2012). Conservation Reasoning and Proposed Actions for the Protection of Threatened Plant Species: Insights from a Sample of Rural and Urban Children of Cyprus. *Society and Natural Resources*, 25(9): 868-882.

Hadjihambi-Paraskeva D., Hadjihambis A., & K. Korfiatis (2015). How Students’ Values are intertwined with Decisions in a Socio-scientific Issue. *International Journal of Environmental & Science Education*, 2015, 10(3), 493-513.

Korfiatis, K. (2016). Science Education Journals as Hosts of Environmental Education Research: Perspectives and Trends in the 21th Century. *International Journal of Environmental and Science Education*, 11(16), 9489-9506.

Korfiatis K., Hovardas T., Tsaliki E., & J. A. Palmer (2009). Rural children’s views on human activities, and changes in a Greek wetland. *Society and Natural Resources*, 22: 339-352.

Kyburz-Graber, R. (2013). Socioecological approaches to environmental education and research: A paradigmatic response to behavioral change orientations. In: Stevenson, B., Brody, M., Dillon, J. and Wals, A.E.J. (Eds.) *International Handbook of Environmental Education Research*. London: Routledge, 23-32.

Nicolaou Ch., Korfiatis K., Evagorou M., & C. Constantinou (2009). Development of decision-making skills and environmental concern through computer-based, scaffolded learning activities. *Environmental Education Research*, 15: 39-54.

Petrou St., & K. Korfiatis (2013) The Effect of a Digital Learning Environment on Children’s Conceptions About the Protection of Endemic Plants, *Journal of Biological Education*, 47(3): 150-156.

Petrou S. & K. Korfiatis (2016). School Kitchen-Gardens as Innovative Learning Environments for Supporting Environmental Education Pedagogies: Opportunities and Challenges for Teachers,

Students and the Community. In Wallace K (ed.) *Learning Environments: emerging theories. Applications and Future Directions*. New York: NOVA Science Publishers, 51-72.

Stevenson, B., Brody, M., Dillon, J. & Wals, A. E. J. (2013). Introduction: An Orientation to Environmental Education and the Handbook. In: Stevenson, B., Brody, M., Dillon, J. and Wals, A.E.J. (Eds.) *International Handbook of Environmental Education Research*. London: Routledge, 1-12.

LEARNING SCIENCE THROUGH CONTEMPORARY RESEARCH AND INTEGRATING RESPONSIBLE RESEARCH AND INNOVATION (RRI) INTO SCIENCE EDUCATION

Ron Blonder

Department of Science Teaching, Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel

Abstract

Currently there is growing interest in examining how science can be learned through contemporary research and learning about the cutting-edge development of scientific ideas, e.g., nanoscience and nanotechnology (Jones, Blonder, Gardner, Albe, Falvo, & Chevrier, 2013). According to this approach, students have high interest and motivation to learn modern aspects of science, and they gain high-order skills and conceptual understanding as well. Note that this approach is very challenging for science teachers, who need to continually participate in professional development programs to update their knowledge. Contemporary research also provides an authentic view that reflects the way scientists conduct their research.

Responsible Research and Innovation (RRI) is the basis of several EU projects and represents the EU commission's contemporary view of the connection between science and society. The goal of RRI is to create a shared understanding of the appropriate behaviors of the European Commission, governments, business, and NGOs, which are central to building the trust and confidence of the public and other stakeholders in safe and effective systems, processes, and products of innovation (Sutcliffe, 2011).

Von Schomberg (2013) defined RRI as "a transparent, interactive process by which societal actors and innovators become mutually responsive to each other with a view to the (ethical) acceptability, sustainability, and societal desirability of the innovation process and its marketable products (in order to allow a proper embedding of scientific and technological advances in our society)." RRI consists of six dimensions (Sutcliffe, 2011): 1. Engagement; 2. Gender Equality; 3. Science Education; 4. Open Access; 5. Ethics; and 6. Governance. Integrating these 6 dimensions is recommended in order to improve RRI.

In this paper I will describe how our understanding of the RRI construct developed and how it can implemented in science education when teaching contemporary research at the high-school level (Blonder et al., 2016). The results that will be presented are based on a three-year EU project, Irresistible. Ten project partners have used this approach for teaching science through contemporary research and the integration of RRI.

Theoritical Framework

Integrating contemporary science into school scinece is a new approach for science education (Blonder 2015; Jones et al. 2013). This approach provides the students with an opportunity to learn about research development while it is still in the research laboratories (Blonder, Joselevich & Cohen 2010; Blonder & Sakhnini 2016; Bryan & Giordano 2015). Different methods can be used to introduce leading-edge scientific developments to school science

lessons: reading primary literature that is adapted to the students' level (Yarden 2009), meeting scientists that describe their research, and learning from well-updated teachers who are familiar with contemporary research (Blonder & Mamlok-Naaman 2016; Kapon, Ganiel, & Eylon 2009). This approach allows the students to actually observe (1) the development of modern scientific knowledge; (2) authentic research that is conducted in the research labs nowadays; (3) who are currently the leading scientists and how they work; and (4) the nature of contemporary science. Here I will present an example of nanotechnology and its possible integration into school science.

However, when it comes to integrating contemporary research into school science, there are many open questions that should receive attention. The first question deals with the scientific content. Namely, what concepts should be taught. First, we should recognize the development of teaching modules and activities conducted independently in different research and educational institutions around the world (e.g., (Blonder & Dinur 2011; Blonder & Sakhnini 2012; Delgado, Stevens, Shin, & Krajcik 2015; Lin & Lin, 2016; Shabani, Massi, Zhai, Seal, & Cho 2011). Each of these developments by itself does not represent the full field of nanotechnology. In order to be able to develop a complete program of any field one must identify the basic concepts of the scientific field. In the field of nanotechnology several studies have been conducted for this purpose (Blonder & Sakhnini 2016). In 2009 Stevens, Sutherland, and Krajcik (2009) published a book describing nine big ideas representing the core scientific concepts underlying the field of nanoscale science and engineering. Later, as the nature of the nanotechnology field became clearer, additional research was conducted in order to elucidate the essential concepts of nanotechnology that should be taught in school science. A research-based process to reach a consensus regarding the essential concepts of nanoscale science and technology was conducted; it involved researchers in nanotechnology and science educators (Sakhnini & Blonder 2015, 2016). Eight essential concepts and five nanotechnological applications were identified in the research, as presented in Tables 1 and 2.

Table 1: Essential concepts of nanoscale science and technology as identified by (Sakhnini & Blonder 2015)

Essential concept	Definition	Sub-concepts
1. Size-dependent properties	In the nanoworld the properties of materials change as a function of the material's size. This effect does not exist in the macroscopic world.	*The surface-area-to-volume ratio (SA/V)* .a *Quantum properties* .b *Optical properties* .c *Defects* .d
2. Innovations and applications of nanotechnology	The potential applications and innovations of nanotechnology	*Current and future applications* .a *Mimicking nature* .b *Risks and benefits of nanotechnology* .c *Tailoring nano-materials to the application* .d
3. Size and scale	Size is defined as the extent or amount of an object. Scale is defined as a comparison of the size of an object to a reference object	

4. Characterization methods	Tools for observing, imaging, studying, and manipulating the nanomaterial's size, along with techniques for characterizing nanomaterials	*SPM (Scanning probe microscopy)* .a *EM (Electron microscopy)* .b *Resolution* .c
5. Functionality	A property that is provided for a material or for a specific area in it. This property endows the material with a specific activity or endows it with bonding ability. Functionality transforms nanoscience into nanotechnology.	
6. Classification of nanomaterials	Nanomaterials can be categorized according to the following characteristics: (see the sub-categories)	*Type of nanomaterials* .a *Electrical conductivity* .b *The origin of the nanomaterial* .c *Dimensionality* .d
7. Fabrication approaches of nanomaterials	A wide variety of options can be used for fabricating nanomaterials. For example, there are top down vs. bottom up approaches for fabricating nanomaterials as well as a self-assembly fabrication approach. Self-assembly is the leading example of a bottom-up approach: the ability of molecules to arrange themselves into ordered structures "on their own" to satisfy the laws of thermodynamics	*Top down vs. Bottom up approaches for fabricating nanomaterials* .a *Self-assembly approach for fabricating nanomaterials* .b
8. The making of nanotechnology	Uncovering the mystery of nanotechnology or in other words, how nanoscience research is performed and how are innovations transformed into applications.	*Multidisciplinary science and technology* .a *Team work* .b *Development of nanotechnology* .c

Table 2: The recommended five nanoethnological applications and their definitions based on (Sakhnini & Blonder 2016)

1. Nanomedicine Nanomedicine refers to applications of nanotechnology including medical treatment and diagnosis. There are two kinds of nanomedicine applications: in-vivo and ex-vivo medical treatment and diagnosis. Ex-vivo refers to using nanosensors outside the living organism and in-vivo refers to using nanomaterials within a living organism. Diagnosis is made by monitoring the change in the optical/physical/electrical/chemical signals of the nanomaterials upon binding to the targeted (disease) site/organ. Medical treatment and drug delivery are concerned with the use of nanomaterials, such as liposomes and polymer micelles and/or Nano-electro-mechanical (NEM) systems for drug delivery into specific organs or disease sites.
2. Nanoelectronics Nanoelectronics refers to the use of nanotechnology in manufacturing electronic components. It is concerned with the miniaturization of electronic devices. "Carbon nanotubes or silicon nanowires can be integrated into electronic devices and/or circuits to regulate the transfer of electrons from one side of the device to the other (i.e., these nanomaterials can be used as precise electrical switches or diodes). These devices can then be integrated as the main parts of super-computers, and might revolutionize computing power.
3. Photovoltaic cells Photovoltaic cells based on Nanomaterials (such as Titanium oxide nanoparticles) can be integrated within the components of conventional solar cells (either within the materials themselves or as separate films) to increase the efficiency of the devices because of their enormous surface area. Additionally, the integration of nanomaterials into solar cells increases their sensitivity to the optimal wavelengths of the sun's light.
4. Nanobots Nanobots refer to the nanotechnology engineering discipline concerned with designing and building nanorobots, with devices ranging in size from 0.1 to 10 micrometers and that are constructed of nanoscale or molecular components.
5. Self-cleaning Two different kinds of self-cleaning nanotechnology applications are based on different nanomaterials and different principles: (1) Use of nanomaterials as a self-cleaning agent. Applying TiO_2 nanoparticles as thin films on glass, eye glasses, buildings, paintings, cloth, and other materials induces photocatalytic behavior. In this process the (sun) light induces oxygen species on the surface of the TiO_2 nanoparticles or thin films, which, in turn, attack organic contaminants adsorbed on the surface. In other processes, the same material can be used as an anti-fog agent. In this way, entities that are coated with this material remain clean for a long time. (2) The use of super hydrophobic surfaces based on nanoparticles is a good example of a commercially available nanotechnology product that is widely used today, and its scientific principles are easy to grasp.

Tables 1 and 2 emphasize the central role of applications in the field of nanotechnology. This leads us to a second question that requires attention, when contemporary science is integrated into school science, what is the direction of the connection between science technology and society. Usually basic science is perceived as the knowledge provider for the development of

new technology. Nowadays this connection is more complex. It is true that the scientific ability to create new nano-materials with novel properties led to the development of novel applications in many fields. However, in nanoscience the development of high-resolution microscopies such as AFM, STM, and electron microscopies (all represented in the fourth essential concept, characterization methods, which is presented in Table 1) enabled scientists to actually view the nano-materials and nanostructures they created in research labs. The ability to observe these products deepened scientists' understanding of the particles at the nano-scale and resulted in increased research work and the development of the nano-science and nanotechnology field (Blonder et al. 2010).

The relationship between science and society has received much attention when dealing with contemporary research (Owen, Macnaghten, & Stilgoe 2012). The European commission emphasizes the importance of responsible research and innovation (RRI) values (Sutcliffe 2011) and several programs were developed and implemented in Europe for science education programs that integrate RRI into science education. Here I will describe the Irresistible project with which I was involved together with ten partners from different EU countries. The Irresistible project focused on the design of science education activities that foster the involvement of students and the public in the process of responsible research and innovation (Blonder, Zemler, & Rosenfeld 2016). The Irresistible project introduced to science lessons contemporary research, together with possible ethical dilemmas and environmental influences, which are discussed in class (Apotheker et al. 2016). In the Irresistible activities, both formal and informal learning environments play an important role. The project raises awareness about RRI in two ways:

1. Increasing content knowledge about research by bringing topics of cutting-edge research into the program.
2. Fostering a discussion among the students regarding RRI issues about the topics that are introduced.

Table 3 presents the 6 RRI dimensions and their definitions, as was perceived in the Irresistible project.

Table 3. The 6 dimensions of RRI used in the Irresistible project

1. Engagement The first key to RRI is the engagement of all societal actors – researchers, industry, policymakers, and civil society – and their joint participation in the research and innovation process, in accordance with the value of inclusiveness, as reflected in the Charter of Fundamental Rights of the European Union. To establish a sound framework for excellence in research and innovation, the societal challenges should be framed on the basis of widely representative social, economic, and ethical concerns as well as common principles. Moreover, mutual learning and agreed upon practices are needed to develop joint solutions to societal problems and opportunities, and to pre-empt possible public value failures of future innovation.

2. Gender *Equality* Engagement means that all actors – including women and men – are on board. The under-representation of women must be addressed. Research institutions, in particular, their human resources management, need to be modernized. The gender dimension must be integrated into research and innovation content.
3. Science Education Europe must not only increase its number of researchers—it also needs to enhance the current education process to better equip future researchers and other societal actors with the requisite knowledge and tools to fully participate and take responsibility in the research and innovation process. There is an urgent need to boost the interest of children and youth in math, science, and technology, so they can become the researchers of tomorrow, and contribute to a science-literate society. Creative thinking calls for science education as a means of making change happen.
4. Open Access Research and innovation must be both transparent and accessible. This means giving free online access to the results of publicly funded research (publications and data). This will boost innovation and further increase the use of scientific results by all societal actors.
5. Ethics European society is based on shared values. In order to adequately respond to societal challenges, research and innovation must respect the fundamental rights of individuals and maintain the highest ethical standards. Beyond the mandatory legal aspects, this ensures increased societal relevance and the acceptability of the research and innovation outcomes. Ethics should not be perceived as a constraint to research and innovation, but rather, as a way of ensuring high-quality results.
6. Governance Policymakers also have a responsibility to prevent harmful or unethical developments in research and innovation. Through this key dimension, we will develop harmonious models for Responsible Research and Innovation that integrate public engagement, gender equality, science education, open access, and ethics.

Thirteen different modules dealing with a variety of cutting-edge science topics were developed by the Irresistible partners. Each partner chose a research topic currently being investigated at their university and cooperated with the researcher to obtain contemporary scientific information. The Irresistible modules created a different way of perceiving the connections between science and society and succeeded in activating chemistry teachers and students to be more aware of possible problems that can influence them as responsible scientifically literate citizens (Blonder et al. 2016). Most of the six RRI dimensions are at least mentioned in the existing SSI literature. However, the integration of them together into a

common guiding framework could provide an operative educational tool that is not difficult for teachers to adopt and for students to understand. We therefore believe that using the RRI dimensions as six critical lenses can advance the field of SSI.

I would like to conclude with the following quote from one of the Israeli teachers:

''The 6 RRI dimensions are not just good for researchers.
They are good for all of us. They build a person's character
because they are also good principles that help you think
deeply and help you better manage your life.''

References

Apotheker, J., Blonder, R., Akaygun, S., Reis, R., Kampschulte, L., & Laherto, A. (2016). Responsible Research and Innovation in secondary school science classrooms: Experiences from the project Irresistible. *Pure and Applied Chemistry*, 1-9. doi:10.1515/pac-2016-0817

Blonder, R. (2015). "Chemistry of tomorrow" should be part of the school chemistry of today. *EC2E2N NewsLetter, 16*(1). Retrieved from http://www.ec2e2n.info/news/2015/1601_201502

Blonder, R., & Dinur, M. (2011). Teaching nanotechnology using student-centered pedagogy for increasing students' continuing motivation. *Journal of Nano Education, 3*, 51-61. doi:10.1166/jne.2011.1016

Blonder, R., Joselevich, E., & Cohen, S. R. (2010). Atomic force microscopy: Opening the teaching laboratory to the nanoworld. *Journal of Chemical Education, 87*(12), 1290-1293. doi:10.1021/ed100963z

Blonder, R., & Mamlok-Naaman, R. (2016). Learning about teaching the extracurricular topic of nanotechnology as a vehicle for achieving a sustainable change in science education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 14*, 345-372. doi:10.1007/s10763-014-9579-0

Blonder, R., & Sakhnini, S. (2012). Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods. *Chemistry Education Research and Practice, 13*, 500-516. doi:10.1039/C2RP20026K

Blonder, R., & Sakhnini, S. (2016). What are the basic concepts of nanoscale science and technology (NST) that should be included in NST educational programs. In K. Winkelmann & B. Bhushan (Eds.), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education* (pp. 117-127). AG Switzerland: Springer International Publishing.

Blonder, R., Zemler, E., & Rosenfeld, S. (2016). The story of lead: A context for learning about responsible research and innovation (RRI) in the chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice, 17*, 1145-1155. doi:10.1039/C6RP00177G

Bryan, L. A., & Giordano, N. J. (2015). Special issue on Pre-college nanoscale science, engineering, and technology learning *Nanotechnology Reviews, 4*(1), 1-6. doi:10.1515/ntrev-2014-0051

Delgado, C., Stevens, S. Y., Shin, N., & Krajcik, J. (2015). A middle school instructional unit for size and scale contextualized in nanotechnology. *Nanotechnology Reviews, 4*(1), 51-69. doi:10.1515/ntrev-2014-0023

Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International Journal of Science Education, 35*, 1490-1512. doi:10.1080/09500693.2013.771828

Kapon, S., Ganiel, U., & Eylon, B. S. (2009). Explaining the unexplainable: Translated scientific explanations (TSE) in public physics lectures. *International Journal of Science Education, 32*(2), 245-264. doi:10.1080/09500690802566632

Lin, S.-F., & Lin, H.-S. (2016). Learning nanotechnology with texts and comics: the impacts on students of different achievement levels. *International Journal of Science Education, 38*(8), 1373-1391. doi:10.1080/09500693.2016.1191089

Owen, R., Macnaghten, P., & Stilgoe, J. (2012). Responsible research and innovation: From science in society to science for society, with society. *Science and Public Policy, 39*(6), 751-760. doi:10.1093/scipol/scs093

Sakhnini, S., & Blonder, R. (2015). Essential concepts of nanoscale science and technology for high school students based on a Delphi study by the expert community. *International Journal of Science Education, 37*(11), 1699-1738. doi:10.1080/09500693.2015.1035687Sakhnini, S., & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education, 38*(3), 521-538. doi:10.1080/09500693.2016.1152518

Schomberg, V., & Von Schomberg, R. (2013). A vision of responsible research and innovation. In R. Owen, M. Heintz, & J. Bessant (Eds.), *Responsible Innovation* (pp. 51-74). London: John Wiley & Sons, Ltd.

Shabani, R., Massi, L., Zhai, L., Seal, S., & Cho, H. J. (2011). Classroom modules for nanotechnology undergraduate education: development, implementation and evaluation. *European Journal of Engineering Education, 36*(2), 199-210. doi:10.1080/03043797.2011.573536

Stevens, S., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers.* . Arlington, VA: NSTA Press.

Sutcliffe, H. (2011). *A report on Responsible Research and Innovation for the European Commission*. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/rri-report-hilary-sutcliffe_en.pdf

Yarden, A. (2009). Reading scientific texts: Adapting primary literature for promoting scientific literacy. *Research in Science Education, 39*, 307-311.

ΣΥΜΠΟΣΙΑ

ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Οργανωτές: Άννα Σπύρτου[1], Δημήτρης Σταύρου[2]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Συζητητής: Κρυσταλία Χαλκιά

ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Το παρόν συμπόσιο αφορά στη διερεύνηση της διαπραγμάτευσης βασικών θεμάτων έρευνας αιχμής στη διδασκαλία των φυσικών Επιστημών στην Α/θμια και Β/θμια Εκπαίδευση. Επικεντρώνει ιδιαίτερα σε θέματα Νανοτεχνολογίας αλλά επεκτείνεται κατά περίπτωση και σε άλλα θέματα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας, όπως Μικροπλαστικά και ο Μητρικός Θηλασμός. Κοινός τόπος αυτών των προσεγγίσεων είναι να γνωρίσουν οι μαθητές την επιστήμη «εν τω γεννάσθαι» και να δημιουργήσουν ένα πλαίσιο για την προώθηση της ενεργού συμμετοχής των μαθητών στη διαδικασία της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (ΥΕΚ, Responsible Research and Innovation, RRI). Η ΥΕΚ αντιπροσωπεύει μια σύγχρονη άποψη της διασύνδεσης μεταξύ επιστήμης και κοινωνίας καθώς έχει ως στόχο τη δημιουργία μιας κοινής αντίληψης για το ποιος πρέπει να είναι ο ρόλος διαφόρων εμπλεκόμενων παραγόντων (επιστημόνων, πολιτών, πολιτικών κ.α.) στις διαδικασίες της έρευνας και της καινοτομίας. Η συμβολή των ερευνητικών κέντρων ως χώροι που αναπτύσσεται η έρευνα αιχμής θεωρείται επομένως κομβικής σημασίας για την πληρέστερη κατανόηση των επιστημονικών εξελίξεων, όταν θέματα έρευνας αιχμής διαπραγματεύονται σε σχολικό επίπεδο.

Οι εργασίες που θα παρουσιαστούν στο συμπόσιο καλύπτουν επομένως διαφορετικές πτυχές της εφαρμογής έρευνας αιχμής στην εκπαίδευση. Η πρώτη παρουσίαση *"Επιστημονικές εξελίξεις στον τομέα της Νανοτεχνολογίας και η προοπτική της συμβολής των ερευνητικών κέντρων στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών"* διαπραγματεύεται το ρόλο των ερευνητικών κέντρων στην προβολή των εξελίξεων στη έρευνα της Νανοτεχνολογίας στο ευρύ κοινό και ιδιαίτερα σε μαθητές. Η δεύτερη παρουσίαση *"Δράσεις γνωριμίας μαθητών με τη Νανοτεχνολογία στο Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δημόκριτος»"* περιγράφει συγκεκριμένες δράσεις για μαθητές που υλοποιήθηκαν κατά το σχολικό έτος 2015-2016 στο Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ". Η τρίτη παρουσίαση *"Εφαρμογή Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας στο περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας: αξιολόγηση της μάθησης Πρωτοβάθμιων Εκπαιδευτικών"* επικεντρώνει στη εφαρμογή βασικών ιδεών της Νανοτεχνολογίας στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση από εκπαιδευτικούς και αξιολόγηση της μάθησής τους. Η τέταρτη παρουσίαση *"Ανάπτυξη Διδακτικής Ενότητας Νανοτεχνολογίας μέσα στο πλαίσιο μιας Κοινότητας Μάθησης"* παρουσιάζει την ανάπτυξη και αξιολόγηση μια ενότητας νανοτεχνολογίας για Δημοτικό, Γυμνάσιο και Λύκειο από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς σε συνεργασία με ερευνητές στο πεδίο της Νανοτεχνολογίας, ερευνητές της Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και ειδικούς στην επικοινωνία της επιστήμης.

Τέλος, η πέμπτη παρουσίαση *"Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών στην εφαρμογή διδακτικών ενοτήτων αντικειμένων σύγχρονης έρευνας με διαστάσεις της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας"* αφορά στην εφαρμογή θεμάτων έρευνας αιχμής (Νανοτεχνολογία, το πρόβλημα των μικροπλαστικών στους ωκεανούς, μητρικός θηλασμός) από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων στις τάξεις τους με την υποστήριξη μεντόρων.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΕΣ ΕΞΕΛΙΞΕΙΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ Η ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ ΤΗΣ ΣΥΜΒΟΛΗΣ ΤΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΚΕΝΤΡΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Ιωάννης Καρατάσιος, Βασίλειος Κωνσταντούδης, Ιωάννης Λαζάρου, Μερόπη Σανοπούλου, Χρήστος Τράπαλης, Καλιόπη Τροχίδου

Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας – ΕΚΕΦΕ “Δημόκριτος”

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι επιστημονικές δραστηριότητες του Ινστιτούτου Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (ΙΝΝ) του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος», καθώς και η εμπειρία των ερευνητών μέσα από οργανωμένες δράσεις προβολής των επιστημονικών αποτελεσμάτων και ενημέρωσης του κοινού (εκπαιδευτικές δράσεις σε μεταπτυχιακούς φοιτητές, επισκέψεις σχολείων, παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού). Επίσης, συζητώνται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την Ημερίδα με τίτλο «Νανοτεχνολογία και Εκπαίδευση», μια συνάντηση επιστημόνων από διαφορετικούς ακαδημαϊκούς τομείς και επιστημονικά πεδία με σκοπό την ορθή και αποδοτική προβολή, επικοινωνία και διάχυση των επιτευγμάτων της Νανοτεχνολογίας μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων και δραστηριοτήτων. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η προώθηση της συνεργασίας του ΙΝΝ με εκπαιδευτικούς φορείς για την περαιτέρω αξιοποίηση της υπάρχουσας εμπειρίας στην προβολή των δραστηριοτήτων και επιτευγμάτων του, σε εκπαιδευτικές δράσεις με αντικείμενο την νανοτεχνολογία.

Abstract

This paper presents the scientific advances in nanotechnology, through the research achievements and activities of the Institute of Nanoscience and Nanotechnology (INN), NCSR "Demokritos". It also presents the researchers’ experience through organized activities of promoting scientific results and public information (educational activities for graduate students, school visits, and production of educational material). Moreover, we discuss the conclusions of the "Nanotechnology and Education"Conference held at NCSR "Demokritos", a meeting of scientists from different academic fields and disciplines aiming at the efficient projection, communication and diffusion of nanotechnology achievements through training programs and other educational activities. The overall aim of this paper is to promote the collaboration between INN, educational and training institutes or partners, through the dissemination and promotion of the research achievements in the field of nanotechnology.

1. Εισαγωγή: Το Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος»

Το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δ» έχει ως κύριο στόχο των δραστηριοτήτων του τη διεξαγωγή υψηλού επιπέδου θεωρητικής και εφαρμοσμένης έρευνας. Ταυτόχρονα, οι Εκπαιδευτικές δραστηριότητες αποτελούν έναν παράλληλο στόχο του Κέντρου, από την ίδρυσή του μέχρι και σήμερα. Στον τομέα της Εκπαίδευσης, βασική προτεραιότητα του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δ» είναι η δημιουργία υψηλής στάθμης εκπαιδευτικών δράσεων σε επίπεδο μεταπτυχιακών σπουδών, επαγγελματικής κατάρτισης, ενημέρωσης και συνεχιζόμενης κατάρτισης, οι οποίες απευθύνονται σε

προπτυχιακούς και μεταπτυχιακούς φοιτητές, μαθητές, εξειδικευμένες ομάδες αλλά και στο ευρύ κοινό.
Οι εκπαιδευτικές δράσεις του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δ» βασίζονται κατά κύριο λόγο στον εθελοντισμό και στην προθυμία του ανθρώπινου δυναμικού του να διαδώσει τα επιστημονικά επιτεύγματα των ερευνητικών εργαστηρίων που απαρτίζουν τα Ινστιτούτα του Κέντρου, σε σημαντικούς τομείς των φυσικών επιστημών, αλλά και στην ειδική και σε πολλές περιπτώσεις μοναδική εργαστηριακή υποδομή του.Στα 52 χρόνια λειτουργίας του, το Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δ» έχει υποστηρίξει στον τομέα της εκπαίδευσης:

- πάνω από 1500 διδακτορικές διατριβές,
- 500 δράσεις μετεκπαίδευσης καθηγητών μέσης εκπαίδευσης,
- 230 προγράμματα κατάρτισης αποφοίτων ΤΕΙ και τεχνικών σχολώνσε τεχνολογίες αιχμής,
- 2500 διαλέξεις σε μαθητές Λυκείου,

Επίσης, Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. «Δ» δέχεται, μέσω διαφορετικών εκδηλώσεων, πάνω από 5000 επισκέπτες ετησίως για ενημέρωση και ξενάγηση στο χώρο και τις εργαστηριακές εγκαταστάσεις του.

2. Το Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης & Νανοτεχνολογίας

Ο ρόλος του Ινστιτούτου Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (ΙΝΝ) στην εκπαίδευση, σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο, είναι ιδιαίτερα σημαντικός, αφενός λόγω της ποιότητας των ερευνητικών αποτελεσμάτων και αφετέρου, λόγω της μοναδικότητας της τεχνογνωσίας, των υποδομών και του εξοπλισμού που διαθέτει. Στην προσπάθεια ενίσχυσης της συνέργειας των ερευνητικών και των εκπαιδευτικών δράσεων, ως προϋπόθεση για τη συνεχή παραγωγή υψηλής ποιότητας ερευνητικού έργου και τη διάχυση της επιστημονικής γνώσης, ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις εκπαιδευτικές δράσεις του Ινστιτούτου που αφορούν τόσο τους προπτυχιακούς όσο και τους μεταπτυχιακούς φοιτητές των σχολών θετικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης. Οι δράσεις υλοποιούνται σε συνεργασία με ιδρύματα τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα και στο εξωτερικό και αφορούν κατά κύριο λόγο στην εκπόνηση:

- πρακτικής άσκησης
- πτυχιακής εργασίας
- μεταπτυχιακού διπλώματος εξειδίκευσης και
- διδακτορικής διατριβής

Ταυτόχρονα, η επιτροπή εκπαίδευσης του ΙΝΝ διοργανώνει σε τακτά διαστήματα επιστημονικές διαλέξεις με στόχο την ενημέρωση των ερευνητών και των μεταπτυχιακών φοιτητών για τις τρέχουσες ερευνητικές δραστηριότητες και επιστημονικές εξελίξεις, την πρόοδο των φοιτητών και την πορεία των ερευνητικών συνεργασιών. Επίσης, λαμβάνουν χώρα οργανωμένες δράσεις προβολής των επιστημονικών αποτελεσμάτων και ενημέρωσης του κοινού (όπως π.χ. η Βραδιά του Ερευνητή), εκπαιδευτικές δράσεις που απευθύνονται σε μεταπτυχιακούς φοιτητές (οργανωμένα μεταπτυχιακά και διδακτορικά προγράμματα), επισκέψεις σχολείων όλων των βαθμίδων και την ξενάγησή τους στο Κέντρο, αλλά και τη συμμετοχή ερευνητών του ΙΝΝ σε ερευνητικά προγράμματα της Ευρωπαϊκής Ένωσης με στόχο την παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού. Ομιλητές είναι οι ερευνητές και οι διδακτορικοί φοιτητές του ΙΝΝ, καθώς και επιστημονικοί συνεργάτες των ερευνητικών ομάδων από την Ελλάδα και το εξωτερικό.
Οι κυριότερες εξελίξεις στον τομέα της νανοτεχνολογίας, όπως αυτές αποτυπώνονται στις δραστηριότητες και στα επιτεύγματα των εργαστηρίων του ΙΝΝ (Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας, 2017), που θα μπορούσαν - κατόπιν επεξεργασίας - να αποτελέσουν αντικείμενο εκπαιδευτικών δράσεων παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω:

• Σχεδίαση μέσω μεθόδων θεωρητικής χημείας και σύνθεση νανοσωματιδίων ως φορείς φαρμακευτικών ουσιών για την στοχευμένη αποτελεσματική θεραπεία ασθενειών και την δέσμευση τοξικών χημικών ενώσεων.

• Νανοϋλικά με εφαρμογές στην ανάπτυξη κβαντικών υπολογιστών.

• Χρήση μεθόδων στατιστικής μηχανικής στην διερεύνηση της δομικής και δυναμικής πολυπλοκότητας νανοϋλικών με εφαρμογές στην ιατρική, βιοπληροφορική και τεχνολογία νανο-πορωδών υλικών.

• Επιλεκτική επιφανειακή τροποποίηση νανοσωματιδίων και σχεδιασμός ανόργανων νανοδιασπορών για την ενίσχυση της δομής των πορωδών υλικών.

• Παραγωγή θερμομονωτικών βαφών θερμών χρωμάτων, μέσω ελεγχόμενης στοίβαξης νανοσωματιδίων και δημιουργίας επιπέδων επιλεκτικής ανάκλασης.

• Φωτο-επαγόμενες διεργασίες νανοτεχνολογίας με στόχο τη μετατροπή της

ηλιακής ενέργειας σε ηλεκτρική, την προστασία του περιβάλλοντος και της υγείας:Ηλιακές κυψελίδες (ευαισθητοποιημένων ημιαγωγών, κβαντικών τελειών και περοβσκιτών), ανάπτυξη νανοδομημένων φωτοκαταλυτών για αντιρρυπαντικές τεχνολογίες αέρος/υδάτων, φωτοεπαγόμενη υπερυδροφιλικότητα, καταστροφή καρκινικών κυττάρων, αποθήκευση και μετατροπή CO2.

• Βιομιμητική σύνθεση και ανάπτυξη υβριδικών οργανικών / ανόργανων νανοσωματιδίων και νανοσύνθετων υλικών για βιομηχανικές εφαρμογές (αντιβακτηριακοίπαράγοντες, αντιρρυπαντικά επιχρίσματα θαλάσσιων σκαφών).

• Ανάπτυξη δομικών και λειτουργικών νανο-και μικρο-δομημένων υλικών για την προστασία του περιβάλλοντος (νέοι καταλύτες για ξηρά αναμόρφωση CH4 και οξείδωση CO και αιθάλης) και για την προστασία διαστημικών σκαφών σε ακραία θερμικά περιβάλλοντα.

• Ανάπτυξη μεμβρανών και νανοποροδών υλικών για διαχωρισμούς και αποθήκευση αερίων και κατάλυση.

• Σύνθεση μαγνητικών νανοσωματιδίων για θεραπευτικούς, διαγνωστικούς σκοπούς και ενεργειακές εφαρμογές.

• Σύνθεση και τροποποίηση νανοσωληνηδίων άνθρακα, γραφενίων και διασδιάστατων (2 D) υλικών για ενεργειακές εφαρμογές.

• Ανάπτυξη μονοδιάστατων (1D) και δισδιάστατων (2D) φωτοκαταλυτών για οξείδωση υγρών και αέριων ρύπων.

• Ηλεκτρονικές διατάξεις (τρανζίστορς, διατάξεις ηλεκτρονικής μνήμης, παθητικές διατάξεις RF (κυματοδηγοί, κεραίες, φίλτρα), φωτοβολταϊκές διατάξεις, διατάξεις φωτοεκπομπής.

• Αισθητήρες (θερμικοί, χημικοί, μηχανικοί), θερμοηλεκτρικές διατάξεις, διατάξεις συλλογής ενέργειας, μικρορευστομηχανικές διατάξεις, βιοαισθητήρες.

• Συστήματα μέτρησης ροής, σύστασης αερίων, βιοσυστήματα, θερμοηλεκτρικές γεννήτριες, ηλιακά.

3. Συμπεράσματα: Δράσεις προβολής και εκπαίδευσης

Οι ερευνητικές δραστηριότητες και τα επιτεύγματα του ΙΝΝ προβάλλονται, μέσω επιλεγμένων διαλέξεων, στο θερινό σχολείο που οργανώνεται κάθε χρόνο από στο ΕΚΕΦΕ "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ", με στόχο την ενημέρωση κυρίως των πτυχιούχων ή τελειόφοιτων ΑΕΙ/ΤΕΙ για τις τελευταίες εξελίξεις της έρευνας, τόσο στο ΙΝΝ όσο και σε διεθνές επίπεδο. Επιπλέον,

τα επιτεύγματα των ερευνητών αλλά και αρκετές από τις βασικές αρχές που διέπουν τη λειτουργία γνωστών και προσφιλών τεχνολογικών εφαρμογών παρουσιάζονται με εκλαϊκευμένο τρόπο στο ευρύ κοινό, στις ετήσιες εκδηλώσεις για τη «Βραδιά του Ερευνητή».
Η συσσωρευμένη πλέον εμπειρία του ΙΝΝ/ ΕΚΕΦΕ «Δ» σε εκπαιδευτικά προγράμματα/ πειράματα για παιδιά, η συμμετοχή σε προγράμματα δημιουργίας εκπαιδευτικού υλικού για μαθητές, φοιτητές και εκπαιδευτικούς η συμμετοχή σε δράσεις διάχυσης γνώσης στο ευρύ κοινό (π.χ. βραδιά ερευνητή) δημιουργούν πλέον τις συνθήκες για την συνεργασία του ΙΝΝ με τα εκπαιδευτικά ιδρύματα και τμήματα που έχουν ως αντικείμενο τη διδακτική των φυσικών επιστημών, με στόχο τη δημιουργία κοινών δράσεων εκπαίδευσης και παραγωγής εκπαιδευτικού υλικού για τους καθηγητές της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και τους μαθητές.
Σε αυτή την κατεύθυνση συντείνουν και τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τη διοργάνωση της ημερίδας «Νανοτεχνολογία και Εκπαίδευση», που διοργάνωσε το καλοκαίρι του 2016 η Επιτροπή Εκπαίδευσης και Κατάρτισης του ΙΝΝ. Η ημερίδα διοργανώθηκε με κίνητρο το ενδιαφέρον των ερευνητών του ΙΝΝ για την ορθή και αποδοτική προβολή, επικοινωνία και διάχυση των επιτευγμάτων της Νανοτεχνολογίας μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων και άλλων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Ευρύτερος στόχος της Ημερίδας ήταν η συνάντηση επιστημόνων από διαφορετικούς ακαδημαϊκούς τομείς και επιστημονικά πεδία, η ανάπτυξη μιας κοινής γλώσσας επικοινωνίας και εν συνεχεία, η διερεύνηση του τρόπου συνεργασίας τους, για τη δημιουργία:

- εκπαιδευτικών δράσεων γύρω από τις δραστηριότητες και τα επιτεύγματα του ΙΝΝ στη νανοτεχνολογία
- σύγχρονου εποπτικού και εκπαιδευτικού υλικού, καθώς και
- συνεργασιών για την ενημέρωση και κατάρτιση των καθηγητών της Α/θμιας και Β/θμιας εκπαίδευσης, που θα υποστηρίζουν δυναμικά το εκπαιδευτικό πρόγραμμα των σχολείων.

Στη συζήτηση που έκλεισε την εκδήλωση προβλήθηκε η ιδέα της συστηματικής συμμετοχής και συμβολής του ΙΝΝ σε εκπαιδευτικές δράσεις που αφορούν στη νανοτεχνολογία, όπως:

- Εκπαιδευτικά προγράμματα για τα σχολεία διαφοροποιημένα ανάλογα με την ηλικία των παιδιών.
- Εργαστήρια νανοτεχνολογίας για εκπαιδευτικούς
- Συνδιοργάνωση μεταπτυχιακών προγραμμάτων ή εκπαιδευτικών κύκλων, σε συνεργασία με Εκπαιδευτικά Τμήματα Πανεπιστημίων.
- Συμμετοχή σε κοινά ευρωπαϊκά προγράμματα.
- Σεμινάρια επιμόρφωσης δημοσιογράφων που δραστηριοποιούνται στο χώρο της επιστημονικής δημοσιογραφίας

Στις παραπάνω δραστηριότητες το ΙΝΝ θα μπορούσε να συνεισφέρει συμπληρωματικά στις δράσεις των Εκπαιδευτικών Ιδρυμάτων της χώρας, με βασικό σημείο εκκίνησης το υψηλό επίπεδο των παραγόμενων ερευνητικών, την πολυδιάστατη δραστηριότητά του και τα μοναδικά για τα ελληνικά δεδομένα χαρακτηριστικά του, όπως:

- Σύγχρονο και σε αρκετές περιπτώσεις μοναδικό τεχνολογικό εξοπλισμό Εθνικής εμβέλειας.
- Άριστα εκπαιδευμένο και υψηλής επιστημονικής στάθμης προσωπικό.

4. Βιβλιογραφία

Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (2017):
https://inn. demokritos.gr/en/programs/

ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΝΩΡΙΜΙΑΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΤΟ ΕΚΕΦΕ "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ"

Δημήτριος Βελεσιώτης, Ευάγγελος Αλμπάνης, Μαρία-Ελένη Βλαχοπούλου, Γεώργιος Παπαδημητρόπουλος, Ιωάννης Λεοντής, Βιολέττα Γιαννέτα, Χάρης Γεωργίου, Μαρία Βερούτη, Κωνσταντίνος Γιαννακόπουλος

Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας, Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών 'Δημόκριτος'

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι υλοποιηθείσες κατά το σχολικό έτος 2015-2016 δράσεις γνωριμίας μαθητών με τη Νανοτεχνολογία στο Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας του ΕΚΕΦΕ "Δημόκριτος". Σε αυτές επιχειρήθηκε αρχικά μια εξοικείωση των μαθητών με την έννοια του μεγέθους και της σημασίας του στην τεχνολογία, μέσα από βιώματα της καθημερινότητας. Κατόπιν επιδεικνύονται εκθέματα νανοτεχνολογίας και τα εργαστήρια όπου κατασκευάζονται αυτές οι τεχνολογίες αιχμής. Επιπρόσθετα, δόθηκε στους μαθητές εκπαιδευτικό υλικό σχετικό με τα προηγμένα υλικά. Συμπερασματικά, επιχειρήθηκε μια πολύπλευρη, επιστημονικά ορθή, αλλά ταυτόχρονα απλουστευμένη γνωριμία των μαθητών με τη νανοτεχνολογία, ώστε να ενδιαφερθούν και να δραστηριοποιηθούν γύρω από το αντικείμενο.

Abstract

In this paper, the students' acquaintance with nanotechnology actions of the Institute of Nanoscience and Nanotechnology of National Centre for Scientific Research are presented. Through everyday objects, students are shown that (nano) size plays a crucial role in the observed behavior of the object and presented with the diverse applications of Nanotechnology through the Institute's exhibits. In addition to visits, educational material on advanced materials was provided to the students. Consequently, a multi-sided, scientifically correct, but simplified presentation of nanotechnology was given in order to promote interest on the field.

1. Εισαγωγή

Ως Νανοτεχνολογία ορίζεται η επιστήμη, η μηχανική και η τεχνολογία στην νανοκλίμακα, δηλαδή στην κλίμακα διαστάσεων από 1 έως 100nm (National Nanotechnology Initiative). Από τον ορισμό, γίνεται άμεσα κατανοητή η ευρύτητα και η διεπιστημονικότητα του πεδίου – η Νανοτεχνολογία αξιοποιεί και συνδυάζει γνώση από τη Φυσική (Buot 1993, Sysoev et al. 2009), τη Χημεία (Toma & Araki 2009), την Επιστήμη Υλικών (Bjornmalm et al. 2016, de Miranda 2012), την Ηλεκτρονική (Hester et al. 2015, Yeh 2013) και την Επιστήμη Υπολογιστών (Neto 2014), αλλά ακόμη και τη Βιολογία (Ahmad et al. 2017, Perret et al. 2016) και την Ιατρική (Bertrand et al. 2014, Wong et al. 2013) για την παραγωγή νέων εμπορικών προϊόντων και γενικότερα την περαιτέρω βελτίωση της ποιότητα της ανθρώπινης ζωής (Fonseca et al. 2014, Wyser et al. 2016). Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όμως, αποτελούν αφ' εαυτά προκλήσεις για την ερευνητική διαδικασία. Όπως δήλωσε ο Paul McEuen (Brown 2015), η Νανοτεχνολογία 'βγάζει από τα νερά τους τους ερευνητές όλων

των γνωστικών αντικειμένων. Είναι πολύ μικρή για τους Φυσικούς Στερεάς Κατάστασης, πολύ μεγάλη για τους Χημικούς και πολύ διεπιστημονική για τους Βιολόγους'. Μιλώντας για τη διεπιστημονικότητα, αν και επιθυμητή στη σύγχρονη έρευνα, έχει φέρει πολλές δυσκολίες κατά την υλοποίησή της στους επιστήμονες, από την εύρεση του κατάλληλου προσωπικού, μέχρι ακόμη και το ποια είναι η 'σωστή' ορολογία (Pellmar and Eisenberg 2000).
Τα ίδια χαρακτηριστικά (ευρύτητα, διεπιστημονικότητα) σε συνδυασμό με την κλίμακα μεγέθους με την οποία ασχολείται η Νανοτεχνολογία αυξάνουν και το βαθμό δυσκολίας σχεδιασμού οποιασδήποτε σχετικής εκπαιδευτικής διαδικασίας. Κατ' αρχάς, οι μαθητές μέχρι και το πέρας της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης δεν έχουν διδαχθεί πολλές από τις γνώσεις των βασικών γνωστικών αντικειμένων (Φυσική, Χημεία, Βιολογία) οι οποίες θεωρούνται προαπαιτούμενες στο πεδίο της Νανοτεχνολογίας. Ακόμη σημαντικότερα, δεν έχουν μάθει να συνδυάζουν τις γενικές γνώσεις που λαμβάνουν από τα σχετικά διδακτικά αντικείμενα, πόσο μάλλον να το κάνουν αυτό για το μικρόκοσμο για τον οποίο στερούνται προσωπικών εμπειριών και φυσιολογικά δυσκολεύονται να κατανοήσουν ακόμη και το μέγεθος του (Ghattas and Carver 2015, Jones et al. 2013).
Οι παραπάνω δυσκολίες ελήφθησαν υπόψη κατά το σχεδιασμό των εκπαιδευτικών δράσεων γνωριμίας με τη Νανοτεχνολογία του Ινστιτούτου Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (ΙΝΝ) του ΕΚΕΦΕ 'Δημόκριτος'. Στα πλαίσια των δράσεων σχεδιάστηκε μια εισαγωγική ομιλία, η οποία συνδυάζεται με παρουσίαση του εργαστηρίου του καθαρού χώρου του ΙΝΝ, αλλά και προϊόντων της Νανοτεχνολογίας που έχουν αναπτυχθεί στο Ινστιτούτο. Για το γενικότερο εκπαιδευτικό πλαίσιο των δράσεων, αξιοποιήθηκαν οι προτάσεις και η εμπειρία από το πρόγραμμα STIMULATE ("Stimulate: Stimualting public attitude towards advanced materials" - http://www.materialsfuture.eu). Η χρονική περίοδος που αφορούν οι παρουσιαζόμενες δράσεις αφορά το σχολικό έτος 2015-2016 και πιο συγκεκριμένα την περίοδο Ιανουαρίου-Απριλίου 2016 και αποτελεί την πιλοτική φάση λειτουργίας των συγκεκριμένων δράσεων.

2. Μεθοδολογία

Η ομάδα εξωστρέφειας του ΙΝΝ είναι μια ομάδα εθελοντών ερευνητών με σχετική ερευνητική εμπειρία (>5 ετών για τα περισσότερα μέλη της ομάδας), αλλά και εκπαιδευτική εμπειρία(αν και όχι στο επίπεδο της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης), η οποία δημιουργήθηκε εκ των ενόντων ως απάντηση του ΙΝΝ στο πρόβλημα της διασύνδεσής του με την κοινωνία της Εκπαίδευσης. Ο εθελοντισμός των μελών της αντανακλάστηκε στον ενθουσιασμό με τον οποίο η ομάδα αντιμετώπισε την πρόκληση του σχεδιασμού των δράσεων στον ελάχιστο διαθέσιμο χρόνο υλοποίησης, αλλά και στο σχετικά μεγάλο πλήθος των μελών της. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι η εύρεση μεγάλου πλήθους μελών για την ομάδα εξωστρέφειας αποτέλεσε προαπαιτούμενο για την αποτελεσματικότερη υλοποίηση των δράσεων, αφού οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες, αν και αναγκαίες, δεν μπορούν να αποτελούν το κύριο αντικείμενο ενασχόλησης του ερευνητικού προσωπικού του ΙΝΝ.
Στις δράσεις συμμετείχαν 9 σχολεία με 220 μαθητές περίπου. Από αυτά, 4 σχολεία συμμετείχαν με τμήματα της ΣΤ' Δημοτικού, 2 ήταν Γυμνάσια και 3 Λύκεια (εκ των οποίων 1 τεχνικής εκπαίδευσης). Συνεπώς, οι μαθητές που συμμετείχαν είχαν ένα σχετικά μεγάλο ηλικιακό εύρος (11-17ετών), γεγονός το οποίο έπρεπε να ληφθεί υπόψη κατά το σχεδιασμό των δράσεων. Επιπρόσθετα, θα πρέπει κανείς να λάβει υπόψη του το γεγονός ότι το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (ΑΠΣ) δεν περιλαμβάνει ενότητες σχετικές με τη Νανοτεχνολογία ή έστω προαπαιτούμενες στην κατανόηση της.
Για το σχεδιασμό των δράσεων, η ομάδα, εκτός από την ερευνητική και εκπαιδευτική εμπειρία των μελών της, εκμεταλλεύτηκε και ακολούθησε τη μεθοδολογία για επισκέψεις σε

ερευνητικά εργαστήρια που αναπτύχθηκε κατά την εκτέλεση του προγράμματος STIMULATE. Βάσει αυτής, η επίσκεψη σε έναν ερευνητικό χώρο δεν περιορίζεται στο χώρο και χρόνο διενέργειάς της, αλλά περιλαμβάνει μια προηγούμενη φάση προετοιμασίας με επιλεγμένο εκπαιδευτικό υλικό και μια επόμενη φάση αξιολόγησης και εκμετάλλευσης της προσλαμβανόμενης πληροφορίας, ενώ προτείνεται και εκπαιδευτικό υλικό για την κάθε φάση (Research Lab Educational Visits). Με δεδομένο ότι στο πεδίο εφαρμογής της, η Νανοτεχνολογία βασίζεται στο τρίπτυχο 'νέα προηγμένα υλικά-νέες διεργασίες κατασκευής-έξυπνος (επανα)σχεδιασμός διατάξεων' το ήδη διαθέσιμο υλικό του προγράμματος STIMULATE μπορεί να αξιοποιηθεί εμπλουτιζόμενο με υλικό σχετικό με τις διεργασίες και το σχεδιασμό.

Για τα 8 από τα 9 σχολεία που συμμετείχαν στις δράσεις κατά την εξεταζόμενη περίοδο, η φάση της προετοιμασίας είχε υπερκαλυφθεί λόγω της συμμετοχής τους σε εκπαιδευτικά προγράμματα/δίκτυα νανοτεχνολογίας (πρόγραμμα IRRESISTIBLE "Irresistible: Engaging the Young in Responsible Research and Innovation" - http://www.irresistible-project.eu/index.php/en/ & εκπαιδευτική κοινότητα νανοτεχνολογίας FLORINANO).

Σχήμα 1: Εφαρμογές Νανοτεχνολογίας (ομιλία)

Η επίσκεψη αποτελείται από μια εισαγωγική ομιλία με συμμετοχή των μαθητών και την ξενάγηση στα εργαστήρια και τα εκθέματα. Η ομιλία σχεδιάστηκε με γνώμονα τα βασικά χαρακτηριστικά του πεδίου (ευρύτητα, διεπιστημονικότητα) και εστιάζεται κυρίως σε δυο τομείς την Νανοηλεκτρονική και την Νανοφωτονική που αποτελούν κύριες κατευθύνσεις έρευνας στο ΙΝΝ. Με δεδομένη την έλλειψη γνώσεων υποβάθρου από πλευράς των συμμετεχόντων μαθητών αλλά και τον πεπερασμένο χρόνο διάρκειας της επίσκεψης, ο εκπαιδευτικός στόχος που τέθηκε ήταν η μετάδοση 5 απλών μηνυμάτων σχετικών με τη Νανοτεχνολογία.

Το πρώτο μήνυμα είναι ότι πλέον επωφελούμαστε καθημερινά από τη χρήση προϊόντων Νανοτεχνολογίας. Συσκευές όπως οι υπολογιστές (Σχήμα 1) και τα κινητά αποτελούν παραδείγματα του παραπάνω γεγονότος, χρησιμοποιούνται μάλιστα ευρέως ακόμη και από μαθητές όπως αυτοί που συμμετείχαν στις δράσεις. Επισημαίνοντας αυτό το γεγονός επιδιώκεται να διεγερθεί το ενδιαφέρον των μαθητών για τη Νανοτεχνολογία.

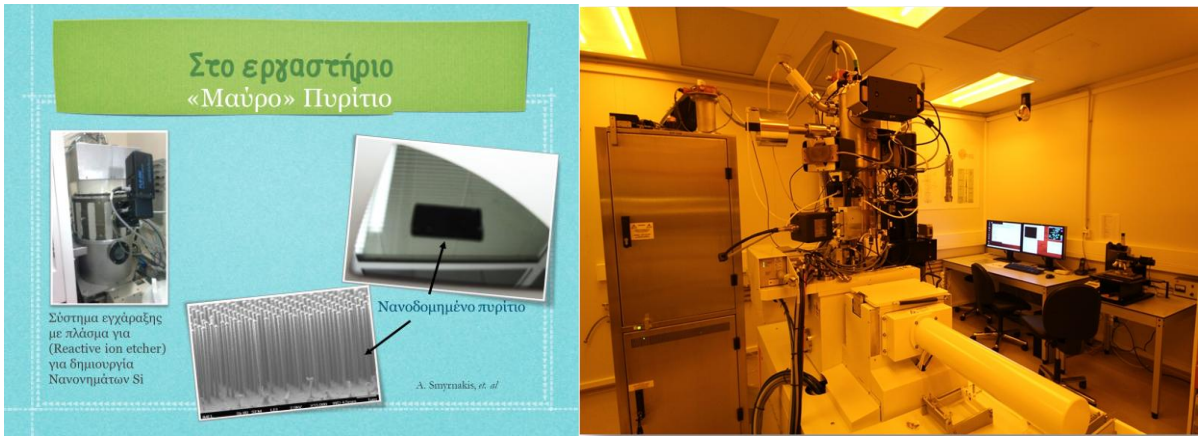
Το δεύτερο μήνυμα είναι ότι υπάρχουν παραδείγματα εμφάνισης νανοδομών με ενδιαφέρουσες ιδιότητες στη Φύση. Για παράδειγμα, πολλά από τα χρώματα των ζωντανών οργανισμών δεν οφείλονται σε χρωστικές ουσίες, αλλά στην περίθλαση του φωτός πάνω σε μια εκτεθειμένη στο φως νανοδομή (Σχήμα 1). Είναι σημαντικό ότι η χρήση νανοδομών δεν

αποτελεί ανθρώπινο προνόμιο, αντίθετα ο άνθρωπος για την ανάπτυξη της τεχνολογίας εμπνεύστηκε και εξακολουθεί να εμπνέεται από τη Φύση.
Το τρίτο μήνυμα είναι ότι η Νανοτεχνολογία κατασκευάζει διατάξεις με ακατανόητα μικρό μέγεθος για τον απλό άνθρωπο· πριν κανείς ασχοληθεί με αυτήν θα πρέπει να κατανοήσει πόσο μικρές είναι αυτές οι διατάξεις. Η προσπάθεια ώστε να επιτευχθεί η συνειδητοποίηση του μεγέθους των νανοδιατάξεων από τους μαθητές έγινε μέσω αναλογιών με γνωστά αντικείμενα (Σχήμα 2). Επίσης, επιδείχθηκε (τόσο στην ομιλία, όσο και σε φυσικό μέγεθος στην ξενάγηση) και το κείμενο της Οδύσσειας που έχει κατασκευαστεί στον καθαρό χώρο του ΙΝΝ σε δείγμα πυριτίου επιφάνειας 0,06mm^2 και το οποίο διαβάζεται μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. (Σχήμα 2).

Σχήμα 2: Κατανόηση του μεγέθους. Αριστερά, η ανθρώπινη τρίχα και αντίγραφα γνωστών αντικειμένων σε νανοδιαστάσεις. Δεξιά, μερικές λέξεις από την Οδύσσεια πάνω σε πυρίτιο. Κάθε γράμμα έχει διάσταση 20nm x 20nm.

Το τέταρτο μήνυμα είναι ότι στον κόσμο της Νανοτεχνολογίας δεν είναι το υλικό που καθορίζει μονοσήμαντα τις ιδιότητες, αλλά αυτές πολλές φορές είναι αποτέλεσμα των διαστάσεων. Νανοδομημένα δισκία οξειδίου του αργιλίου (αλούμινας) και πυριτίου (Σχήμα 3), τα οποία έχουν διαφορετικό χρώμα ανάλογα με τις διαστάσεις της νανοδόμησης επιδείχθηκαν στους μαθητές και χρησιμοποιήθηκαν ως πειστήρια του προαναφερθέντος μηνύματος. Για τον ίδιο σκοπό, επιδείχθηκαν νανοδομημένα δείγματα σιλικόνης και πλεξιγκλάς με διαφορετικό βαθμό υδροφιλικότητας, ανάλογα με τη γεωμετρία και τις διαστάσεις της νανοδόμησης.

Σχήμα 3: Ιδιότητες αντικειμένων και έλεγχος στη νανοκλίμακα (α) Νανοδομημένο ('Μαύρο') πυρίτιο, εγκάρσια τομή στην οποία φαίνεται η νανοδομή και το σύστημα εγχάραξης με το οποίο επιτυγχάνεται η νανοδόμηση (β) Το σύστημα λιθογραφία ηλεκτρονικής δέσμης του ΙΝΝ



Τέλος, το τελευταίο μήνυμα είναι ότι για να επιτύχει κανείς τον απαραίτητο έλεγχο, ώστε να κατασκευάσει διατάξεις σε διαστάσεις νανομέτρων είναι τελικά απαραίτητο να χρησιμοποιήσει όργανα και εργαλεία με εξαιρετικά μεγάλες διαστάσεις, πολυπλοκότητα και τελικά κόστος, αλλά και να δουλέψει σε συνθήκες ασυνήθιστες στον άνθρωπο. Το πλέον απτό παράδειγμα είναι το σύστημα λιθογραφίας ηλεκτρονικής δέσμης του ΙΝΝ (Σχήμα 3). Για να μπορέσει να εστιάσει μια δέσμη ηλεκτρονίων σε διαστάσεις ως και 4nm έχει μέγεθος σχεδόν όσο ένα δωμάτιο και κόστος ~1,500,000€. Γενικότερα, η ξενάγηση στον καθαρό χώρο του ΙΝΝ είχε κυρίως τον προαναφερθέντα σκοπό, αφού το να υπεισέλθει κανείς σε τεχνικές λεπτομέρειες για τις διαδικασίες κατασκευής νανοηλεκτρονικών διατάξεων κρίθηκε ότι δε θα ήταν παιδαγωγικά αποτελεσματικό με δεδομένες τις προϋπάρχουσες γνώσεις και την ηλικία των συμμετεχόντων.
Για τη συνέχεια ενασχόλησης των μαθητών με τη νανοτεχνολογία έχει προταθεί στους μαθητές κατάλληλης ηλικίας το εκπαιδευτικό παιχνίδι 'Κυνηγός Υλικών' που κατασκευάστηκε στα πλαίσια του προγράμματος STIMULATE.
Η επίδραση των δράσεων στους μαθητές δε μετρήθηκε ποσοτικά, τόσο για οργανωτικούς λόγους (δεν υπήρχε επαρκής χρόνος και η αναγκαία εξειδίκευση για το σχεδιασμό μιας αξιόπιστης ποσοτικής έρευνας της επίδρασης των δράσεων), όσο και για τον αντικειμενικό λόγο ότι οι συμμετέχοντες μαθητές δεν αποτελούν τυχαίο δείγμα του πληθυσμού των μαθητών, έχοντας προηγούμενη συμμετοχή σε πρόγραμμα ή δίκτυο σχετιζόμενο με τη Νανοτεχνολογία. Έτσι, η επίδραση στους μαθητές αξιολογήθηκε μόνο ποιοτικά με βασικό μας εργαλείο την αναφορά (άμεση ή έμμεση) στα εκθέματα των μαθητών στο υλικό που επιδείχθηκε κατά την επίσκεψή τους. Περαιτέρω, αξιολογήθηκαν άλλες παράμετροι όπως η συμμετοχή κατά τη διάρκεια της ομιλίας, το πλήθος ερωτήσεων μετά το τέλος αυτής και τις αντιδράσεις των μαθητών κατά τη διάρκεια της επίδειξης των εκθεμάτων.

3. Αποτελέσματα

Η υλοποίηση των εκπαιδευτικών δράσεων κρίνεται ότι είχε θετικό αντίκτυπο. Σε εκθέματα 5 σχολείων υπήρξε άμεση ή έμμεση αναφορά στην πληροφορία που έλαβαν κατά την επίσκεψή τους στο Δημόκριτο, ενώ η συμμετοχή των μαθητών στη συζήτηση κατά τη διάρκεια της παρουσίασης ήταν ικανοποιητική και σε τουλάχιστον 2 περιπτώσεις υπήρξε τελικά πίεση χρόνου λόγω της διάρκειας της συζήτησης, παρότι για τις επισκέψεις είχε

προβλεφθεί μια διάρκεια 2,5 ως 3 ωρών. Τέλος, αξιοσημείωτο είναι ότι 4 από τα σχολεία που είχαν επισκεφθεί το ΙΝΝ συμμετείχαν και στην Βραδιά του Ερευνητή, τον ετήσιο θεσμό επικοινωνίας των ερευνητικών Κέντρων με το ευρύ κοινό.

4. Συμπεράσματα

Παρουσιάσθηκαν οι εκπαιδευτικές δράσεις γνωριμίας με τη νανοτεχνολογία του ΙΝΝ για το περασμένο σχολικό έτος. Βασικός στόχος ήταν η κατανόηση του μεγέθους των διατάξεων που αφορούν την Νανοτεχνολογία, καθώς και του ρόλου του στις παρατηρούμενες ιδιότητες (Sanjay & Pandey 2017). Αυτό επιδιώχθηκε με το συνδυασμό μιας ομιλίας με συμμετοχή των μαθητών, συνδεδεμένης με την παρουσίαση εκθεμάτων στην Βιβλιοθήκη του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε 'Δημόκριτος' και στις προθήκες του Ινστιτούτου ΙΝΝ και την παρουσίαση του εργαστηρίου Καθαρού Χώρου του ΙΝΝ. Επιπρόσθετα, επισημάνθηκε στους μαθητές ότι οι ερευνητές πολλές φορές εμπνέονται από τη φύση στην έρευνά τους και το εύρος του ελέγχου που απαιτείται για την ανάπτυξη νανοδιατάξεων, οι οποίες ήδη αποτελούν εμπορικά προϊόντα που και οι ίδιοι χρησιμοποιούν. Η γνώση αυτή χρησίμεψε στους μαθητές που συμμετείχαν στο ερευνητικό πρόγραμμα IRRESISTIBLE, ώστε να κατασκευάσουν και παρουσιάσουν το έκθεμα που είχαν αναλάβει, στα πλαίσια του προγράμματος.

5. Βιβλιογραφία

Ahmad, B., Hafeez, N., Bashir, S., Rauf, A., Mujeeb-ur-Rehman (2017). Phytofabricated gold nanoparticles and their biomedical applications. *Biomedicine & Pharmacotherapy,* 89, pp. 414–425

Bertrand, N., Wu, J., Xu, X. Y., Kamaly, N., Farokhzad, O. C. (2014). Cancer nanotechnology: The impact of passive and active targeting in the era of modern cancer biology. *Advanced Drug Delivery Reviews,* 66, pp. 2-25

Bjornmalm, M., Faria, M., Caruso, F. (2016). Increasing the Impact of Materials in and beyond Bio-Nano Science. *Journal of the American Chemical Society,* 138 (41), pp. 13449-13456

Brown, A. (2015). *Is 'Nano' Living Up to the Hype? (Kavli Roundtable)* Live Science Online Magazine: https://www.livescience.com/49464-is-nano-living-up-to-the-hype.html

Buot, F. A. (1993). Mesoscopic physics and nanoelectronics - nanoscience and nanotechnology. *Physics Reports-Review Section of Physics Letters* 234 (2-3), pp. 73-174

de Miranda, P. E. V. (2012). Nanotechnology and the Science and Engineering of Materials. *Materia-Rio De Janeiro,* 17 (2), pp. 2

Fonseca, N. A., Gregorio, A. C., Valerio-Fernandes, A., Simoes, S., Moreira, J. N. (2014). Bridging cancer biology and the patients' needs with nanotechnology-based approaches. *Cancer Treatment Reviews,* 40 (5), pp. 626-635

Ghattas, N. I., Carver, J. S. (2015). Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education,* 30 (3), pp. 271-284

Hester, J. G., Kim, S., Bito, J., Le T., Kimionis, J., Revier, D., Saintsing, C., Su W., Tehrani, B., Traille, A., Cook, B. S., and Tentzeris, M. M. (2015). *Nanotechnology and Origami-Enabled Flexible Microwave Electronics.* Proceedings of IEEE Society 103 (4), pp. 583-606

Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M., Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education,* 35 (9), pp. 1490-1512

National Nanotechnology Initiative site: http://www.nano.gov/nanotech-101/what/definition

Neto, O. P. V. (2014). Intelligent Computational Nanotechnology: The Role of Computational Intelligence in the Development of Nanoscience and Nanotechnology. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 11 (4), pp. 928-944

Research Lab Educational Visits: http://www.materialsfuture.eu/media/214349/research-lab-educational-visits.pdf

Sanjay, S.S., Pandey, A.C. (2017). A brief manifestation of nanotechnology. *Advanced Structured Materials*, 62, pp. 47-63

Sysoev, N. N., Osipov, A. I., Uvarov, A. V. (2009). Nanotechnology and molecular physics. *Moscow University Physics Bulletin*, 64 (1), pp. 1-9

Toma, H. E., Araki, K. (2009). Exploring the Supramolecular Coordination Chemistry-Based Approach for Nanotechnology. Book Section in *Progress in Inorganic Chemistry*, Vol 56, pp. 379-485

Wong, I. Y., Bhatia, S. N., Toner, M. (2013). Nanotechnology: emerging tools for biology and medicine. *Genes & Development*, 27 (22), pp. 2397-2408

Wyser, Y., Adams, M., Avella, M., Carlander, D., Garcia, L., Pieper, G., Rennen, M., Schuermans, J., Weiss, J. (2016). Outlook and Challenges of Nanotechnologies for Food Packaging. *Packaging Technology and Science*, 29 (12), pp. 615-648

Yeh, N. C. (2013). Nanotechnology for electronics & photonics. *Technovation*, 33 (4-5), 108

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ-ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ

ς Ůґ заїŬgМάνου[1], ȯ ззŬΣπύρτου[1],
Ágg g΄ аїdgХατζηκρανιώτης[2], Ůуŭ́ вgΚαριώτογλου[3]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[3]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία, περιγράφουμε μία Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ), που εφαρμόστηκε για την εκπαίδευση τεσσάρων Πρωτοβάθμιων εκπαιδευτικών σε βασικές έννοιες και εφαρμογές της Νανοεπιστήμης–Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ). Το περιεχόμενο της ΔΜΑ περιλαμβάνει πέντε από τις εννέα Μεγάλες Ιδέες της σχετικής βιβλιογραφίας. Τα αποτελέσματα είναι θετικά γιατί δείχνουν αλλαγές στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών όσον αφορά τους όρους «Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία», «νανοκλίμακα» καθώς και αλλαγές στη γνώση τους για τα όργανα παρατήρησης του νανόκοσμου. Επιπλέον, αναδεικνύεται, ότι οι εκπαιδευτικοί στις σχετικές περιγραφές τους δεν αναφέρουν τις αλλαγές των ιδιοτήτων στην κλίμακα της Ν-ΕΤ σε σχέση με τη μακροκλίμακα. Τα αποτελέσματα θα χρησιμοποιηθούν για βελτιωτικές αλλαγές στη ΔΜΑ.

Abstract

In the present study, we describe a Teaching Learning Sequence which was implemented for educating four primary teachers about salient notions and applications of Nanoscience – Nanotechnology (NST). The TLS content includes five of nine Big Ideas of the related literature. The results are positive due to the changes of the teachers' conceptions about the terms "Nanoscience-Nanotechnology", "nanoscale" as well as the tools used for studying the nanoscale. Furthermore, it is revealed, that they don't mention the change of material properties from macroscale to nanoscale when they refer to the aforementioned terms. The results are going to be used for improving the TLS.

1. Εισαγωγή

Το αναδυόμενο πεδίο της Ν-ΕΤ, έχει τη δυνατότητα να προκαλέσει επανάσταση σε διάφορους τομείς της επιστήμης και της βιομηχανίας, όπως υγεία, άμυνα, αισθητική, υφάσματα, ενέργεια, περιβάλλον και άλλους (Murty et al. 2013). Οι μελλοντικές και κοινωνικές επιπτώσεις που προβλέπονται εξαιτίας της ραγδαίας προόδου του πεδίου, αναδεικνύουν την ανάγκη για ένα νάνο – εγγράμματο πληθυσμό και την εξασφάλιση εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού. Για τους λόγους αυτούς επιδιώκεται η εισαγωγή της Ν-ΕΤ σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης ανά τον κόσμο (Feather & Aznar 2011, Schönborn et al. 2016). Σημαντική πρόκληση σε τέτοιες προσπάθειες αποτελεί η εκπαίδευση εκπαιδευτικών σε αυτό το αναδυόμενο πεδίο.

Η εργασία αυτή εντάσσεται στο πλαίσιο μιας διδακτορικής διατριβής, στην οποία βασικός στόχος είναι η εκμάθηση του περιεχομένου της Ν-ΕΤ, από εκπαιδευτικούς της Α/θμιας Εκπαίδευσης. Αρχικά έγινε μελέτη του περιεχομένου της Ν-ΕΤ που διδάσκεται από την Α/θμια μέχρι και την Γ/θμια εκπαίδευση, από την οποία προέκυψε ένα σύνολο δομικών μονάδων που συγκροτούν το εν λόγω περιεχόμενο και, που αναφέρονται ως Μεγάλες Ιδέες (ΜΙ) (Stevens et al. 2009) ή βασικές έννοιες (Sakhnini & Blonder 2015). Κάποιες από αυτές είναι κοινές στις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης, όπως είναι «το μέγεθος και η κλίμακα» (ΜΙ1), «οι ιδιότητες που εξαρτώνται από το μέγεθος» (ΜΙ6), τα «Όργανα/Χαρακτηρισμός» (ΜΙ7), «Κοινωνικές Επιπτώσεις» (ΜΙ9) (Μάνου κ.ά. 2015). Τα αποτελέσματα αυτής της επισκόπησης αποτέλεσαν το αρχικό πλαίσιο, για τη διαμόρφωση του περιεχομένου μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) στην οποία εκπαιδεύτηκαν Α/θμιοι Εκπαιδευτικοί.
Στην εργασία αυτή, περιγράφουμε την πιλοτική εφαρμογή της ΔΜΑ σε τέσσερις εν ενεργεία Α/θμιους εκπαιδευτικούς. Παράλληλα, παρουσιάζουμε τα πρώτα αποτελέσματα σχετικά με τη μάθηση των εκπαιδευτικών του δείγματος σε τρεις κατευθύνσεις. Ποιες είναι οι αρχικές και ποιες οι τελικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών σχετικά με: (α) τον όρο «Νανοεπιστήμη-Νανοτεχνολογία» (β) τον όρο «Νανοκλίμακα» (γ) τα όργανα που χρησιμοποιούνται στη μελέτη των φαινομένων και ιδιοτήτων στην κλίμακα του νάνο;

2. Μεθοδολογία

Στον πίνακα 1, παρουσιάζεται η δομή και το περιεχόμενο της ΔΜΑ της οποίας βασικός στόχος ήταν να κατανοήσουν οι εκπαιδευτικοί ότι η νανοκλίμακα περιλαμβάνει αντικείμενα τα οποία, αν και πολύ μικρά σε μέγεθος, μπορούν να καθορίσουν τη συμπεριφορά των αντικειμένων του μακρόκοσμου (Stevens et al. 2009).
Ο πυρήνας του περιεχομένου (πίνακας 1) βασίστηκε στη προαναφερθείσα βιβλιογραφική επισκόπηση (Μάνου κ.ά. 2015). Σημειώνουμε ότι καινοτομικό χαρακτηριστικό της ΔΜΑ, σε σύγκριση με ανάλογες προτάσεις για την Α/θμια εκπαίδευση, είναι η εμπλοκή του περιεχομένου της Ν-ΕΤ με το περιεχόμενο των μοντέλων (ΜΙ8 «Τα μοντέλα και οι προσομοιώσεις»). Υποστηρίζεται από επιστήμονες, μηχανικούς και ερευνητές της Διδακτικής της Ν-ΕΤ ότι η εκπαίδευση στη Ν-ΕΤ βασίζεται στα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, καθώς οι έννοιες και τα φαινόμενα της νανοκλίμακας δεν είναι εύκολο να οπτικοποιηθούν και να περιγραφούν, είναι αφηρημένα και η σχέση τους με τον ορατό κόσμο μοιάζει να αντιβαίνει με τη λογική (counterintuitive) (Daly & Bryan 2010, Magana et al. 2012).

Πίνακας 1: Πιλοτική εφαρμογή: Δομή και περιεχόμενο της ΔΜΑ

Μάθημα	Περιεχόμενο	Μεγάλες Ιδέες
1ο	Κλίμακες	ΜΙ1, ΜΙ7
2ο	Μακροκλίμακα	ΜΙ1, ΜΙ7, ΜΙ8
3ο	Μικροκλίμακα	ΜΙ1, ΜΙ7, ΜΙ8
4ο	Νανοκλίμακα	ΜΙ1, ΜΙ7, ΜΙ8, ΜΙ9
5ο	Φαινόμενο λωτού	ΜΙ1, ΜΙ6, ΜΙ8, ΜΙ9
6ο	Καθαρισμός νερού με φίλτρα Ν-ΕΤ	ΜΙ1, ΜΙ8, ΜΙ9

Στο πρώτο δίωρο, αρχικά οι εκπαιδευτικοί, σε διερευνητικό περιβάλλον μάθησης, συνέλλεξαν πληροφορίες σχετικά με το μέγεθος και την κλίμακα (ΜΙ1) και τα όργανα

παρατήρησης (MI7) των πιο ευρέως χρησιμοποιούμενων κλιμάκων (μάκρο-, μίκρο-, νάνο-, κλίμακα) (Stevens et al. 2009).

Το δεύτερο, τρίτο και τέταρτο δίωρο είχαν ως στόχο τη βαθμιαία εισαγωγή της νανοκλίμακας, μέσω της μάκρο- και μίκρο- κλίμακας, εμπλέκοντας, παράλληλα, όψεις της φύσης και του ρόλου των μοντέλων. Συγκεκριμένα, το δεύτερο δίωρο ήταν εστιασμένο στη μελέτη των αντικειμένων του μακροκλίμακας. Οι εκπαιδευτικοί συνέλλεξαν και αναπαρέστησαν με διάφορους τρόπους (πλαστελίνη, ζωγραφιά, υλικά καθημερινής χρήσης) αντικείμενα, τα οποία και σειροθέτησαν ανάλογα με το μέγεθός τους (μεγάλο, μεσαίο, μικρό). Η συζήτηση επί των κατασκευών τους που ακολούθησε οδήγησε στην εισαγωγή της έννοιας «μοντέλο» ως αναπαράσταση στόχων (αντικείμενο, φαινόμενο, ιδέα) που επικεντρώνεται στο να αναδείξει βασικές τους πτυχές (Daly & Bryan 2010).

Στο επόμενο δίωρο (3^{ο} δίωρο) οι εκπαιδευτικοί μελέτησαν την μικροκλίμακα. με τη διερευνητική μέθοδο Jigsaw. Παρατήρησαν με οπτικά μικροσκόπια κύτταρα, όπως ερυθρά αιμοσφαίρια, και κύτταρα κρεμμυδιού (Εικόνα 1). Δημιούργησαν μοντέλα των κυττάρων αυτών, τα οποία επικεντρώθηκαν τόσο στο σχήμα, όσο και στη λειτουργία τους (π.χ. τα κύτταρα λειτουργούν όπως τα τούβλα που δομούν ένα τοίχο). Τέλος, έγινε παρουσίαση και συζήτηση σχετικά με τα μοντέλα που οι ίδιοι εκπαιδευτικοί δημιούργησαν.

Στο τέταρτο δίωρο, έγινε εισαγωγή της νανοκλίμακας. Χρησιμοποιήθηκαν διαφόρων τύπων αναπαραστάσεις, όπως φωτογραφίες από ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, εικόνες από υπολογιστή και video. Οι εκπαιδευτικοί συζήτησαν μεταξύ τους για τα χαρακτηριστικά αντικειμένων της νανοκλίμακας, όπως του ιού και του DNA, αλλά και τη δυνατότητα που έχουν να επιδρούν και να αρρωσταίνουν τους οργανισμούς της μακροκλίμακας. Στο τέλος, οι εκπαιδευτικοί κατασκεύασαν μοντέλα που αναπαριστούσαν τη διαδικασία της ίωσης.

Στο επόμενο δίωρο, εισήχθη το «φαινόμενο του λωτού», σύμφωνα με το οποίο, κάποιες επιφάνειες, λόγω συγκεκριμένης νανοδομής, προκαλούν σε σταγόνες νερού να αποκτούν σφαιρικό σχήμα όταν πέσουν πάνω σε αυτές και να κυλούν σαν μπίλιες, παρασέρνοντας μικρά σωματίδια βρωμιάς (Kumar & Kumbhat 2016). Στο πρώτο μέρος οι εκπαιδευτικοί πειραματίστηκαν με διάφορα φύλλα και επιφάνειες (Εικόνα 2), ώστε να ταξινομήσουν τις επιφάνειες σε υδρόφοβες και υδρόφιλες. Στη συνέχεια μέσω φωτογραφιών, σκίτσων και video, συνέλεξαν πληροφορίες ώστε να εξηγήσουν το φαινόμενο. Στο τέλος, κατασκεύασαν οι ίδιοι ένα μοντέλο (Εικόνα 3) με υλικά καθημερινής χρήσης (φελιζόλ, ξυλάκια, καρφιά, μπαλόνι) ώστε να αναπαραστήσουν συγκεκριμένες όψεις του φαινομένου, όπως τη δομή του φύλλου στη μίκρο- και νάνο- κλίμακα, ή λειτουργίες όπως τον αυτοκαθαρισμό και την υπερ–υδροφοβικότητα. Επιπλέον, έγινε συζήτηση για το πώς οι επιστήμονες μιμούνται το λωτό, ώστε να κατασκευάσουν προϊόντα προς όφελος του ανθρώπου.

Εικόνα 1: Παρατήρηση με μικροσκόπιο

Εικόνα 2: Δοκιμή της υδροφοβίας διαφόρων υλικών

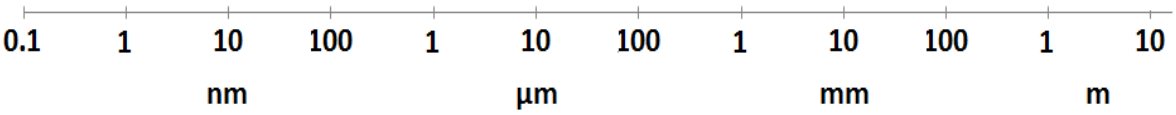
Εικόνα 3: Κατασκευή μοντέλου φαινομένου λωτού

Στο τελευταίο δίωρο της επιμόρφωσης, συζητήθηκε η δυναμική της Ν-ΕΤ να «βρίσκει» λύσεις σε διαχρονικά κοινωνικά προβλήματα, όπως της έλλειψης καθαρού πόσιμου νερού σε αναπτυσσόμενες χώρες. Οι λύσεις, που μελέτησαν οι εκπαιδευτικοί, εστίασαν στη χρήση φίλτρων καθαρισμού νερού που αποτελούνταν α) από νανοπόρους και β) από νανοσωλήνες άνθρακα (Ali et al. 2014). Μέσω πολλαπλών μέσων (βίντεο, εικόνες, φωτογραφίες), οι εκπαιδευτικοί συνέλεξαν δεδομένα για το μηχανισμό φιλτραρίσματος του νερού. Ακολούθησε μοντελοποίηση των δύο διαδικασιών, παρουσίαση και συζήτηση των μοντέλων.

Δείγμα-Μέθοδος

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν τέσσερις εκπαιδευτικοί (τρεις γυναίκες). Οι δύο από τους τέσσερις (Εκπ1 και Εκπ2) είχαν διδακτική εμπειρία στις Φυσικές Επιστήμες περίπου 20 χρόνια, ενώ οι υπόλοιποι δύο (Εκπ3 και Εκπ4) κάτω από πέντε χρόνια. Επιπλέον, ένας από αυτούς (Εκπ2) συνεργάζεται συστηματικά με τους ερευνητές-συγγραφείς του άρθρου που σχεδίασαν και οργάνωσαν την επιμόρφωση. Τα μαθήματα με τους εκπαιδευτικούς έλαβαν χώρα τα σαββατοκύριακα για ένα διάστημα ενός μηνός. Κάθε μάθημα διήρκησε δύο διδακτικές ώρες περίπου. Οι τέσσερις εκπαιδευτικοί σχημάτισαν μία ομάδα εργασίας, όπου είχαν την ευκαιρία να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους και με τους ερευνητές και να αναστοχαστούν σχετικά με την εισαγωγή του σύγχρονου πεδίου της Ν-ΕΤ στους μαθητές τους (δυσκολίες κατανόησης των μαθητών τους, πλαίσιο της τάξης τους κτλ).
Τα δεδομένα της εργασίας συγκεντρώθηκαν με ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο συμπλήρωσαν οι εκπαιδευτικοί μια βδομάδα πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ. Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε μέρος των ερωτήσεων που σχετίζονται με τα τρία ερευνητικά ερωτήματα (πίνακας 2).

Πίνακας 2: Τα έργα του ερωτηματολογίου που παρουσιάζονται στην εργασία αυτή

(1) Ποιο νόημα αποδίδεις στον όρο: (α) Νανοτεχνολογία/Νανοεπιστήμη; (β) Νανοκλίμακα;
(2) Μπορούμε να δούμε τη Νανοκλίμακα με ισχυρά οπτικά μικροσκόπια: Όχι/Ναι
(3) Τοποθέτησε τα παρακάτω αντικείμενα σύμφωνα με το μέγεθός τους κατά προσέγγιση, στην κλίμακα που ακολουθεί: **Α. Ερυθρό αιμοσφαίριο** **Β. Ιός** **Γ. Άτομο υδρογόνου** **Δ. Άνθρωπος** **Ε. Πλάτος τρίχας**    **Υπόδειξη:** 1) Με nm συμβολίζουμε το νανόμετρο, με μm το μικρόμετρο, με mm το χιλιοστό και m το μέτρο 2) Ισχύει 1m =1.000.000.000nm, 1m =1.000.000μm, 1m =1.000mm

Ανάλυση Δεδομένων

Η ανάλυση δεδομένων της ερώτησης 1α και 1β έγινε με βάση την ποιοτική μέθοδο ανάλυσης περιεχομένου (Elo et al. 2007). Ειδικότερα, αναζητήσαμε στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών, λέξεις ή φράσεις, που μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε κάποια από τις ΜΙ

του περιεχομένου της Ν-ΕΤ. Ανάλογα με το πόσες ΜΙ αναγνωρίζονται με σαφήνεια στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών, σχηματίστηκαν τα επίπεδα κατανόησης (Πίνακας 3). Λαμβάνοντας υπόψη, ότι το πλήθος των ΜΙ που περιελάμβανε το περιεχόμενο της επιμόρφωσης ήταν πέντε, ως ανώτερο επίπεδο κατανόησης (Ε3), καθορίσαμε εκείνο στο οποίο, στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών, αναγνωρίζουμε τμήματα από δύο ή περισσότερες ΜΙ του περιεχομένου.

Πίνακας 3: Επίπεδα κατανόησης (Ε) για την νοηματοδότηση των όρων «Νανοτεχνολογία / Νανοεπιστήμη» και «Νανοκλίμακα»

Νοηματοδότηση του όρου «Νανοτεχνολογια / Νανοεπιστήμη»		**Νοηματοδότηση του όρου «Νανοκλίμακα»**	
Επίπεδα	Παραδείγματα	Επίπεδα	Παραδείγματα
Ε3: Δύο ή περισσότερες από τις ΜΙ της Ν-ΕΤ	*Είναι η επιστήμη που εξετάζει τις ιδιότητες των υλικών σε κλίμακα νάνο* [**ΜΙ6**]. *Υλικό Στεγανοποίησης*[**ΜΙ9**]	Ε3: Δύο ή περισσότερα χαρακτηριστικά της νανοκλίμακας	-
Ε2: Μία από τις ΜΙ της Ν-ΕΤ	*Εφαρμογές της νανοτεχνολογίας σε επίπεδο nano* [**ΜΙ1**]	Ε2: Ένα χαρακτηριστικό της νανοκλίμακας	*είναι η κλίμακα μέτρησης του νανόκοσμου από 1nm έως 100nm* [**ΜΙ1**]
Ε1 Ασαφής - λανθασμένη απάντηση ως προς τις πέντε ΜΙ της Ν-ΕΤ	*Είναι η μελέτη φαινομένων και γεγονότων που λαμβάνουν χώρα στο μικρόκοσμο*	Ε1: Ασαφής απάντηση ως προς τα χαρακτηριστικά της νανοκλίμακας	*κλίμακα που χρησιμοποιείται στο νανόκοσμο*
Ε0: Κενή απάντηση		Ε0: Κενή απάντηση	

Η ερώτηση 1β τυπικά μπορεί να απαντηθεί (α) με το εύρος της νανοκλίμακας (1-100nm). Ωστόσο, αποφασίσαμε να συμπεριλάβουμε και άλλα χαρακτηριστικά εκτός από το εύρος, όπως (β) την τάξη μεγέθους (γ) τα αντικείμενα αναφοράς που περιλαμβάνει (δ) τα όργανα, επειδή αυτά τα χαρακτηριστικά υποστηρίζεται ότι ορίζουν τις κλίμακες (Stevens et al 2009). Επιπλέον, συμπεριλάβαμε στη νανοκλίμακα και το χαρακτηριστικό (ε) της αλλαγής ιδιοτήτων, επειδή θεωρείται ότι είναι κάτι το ιδιαίτερο για την κλίμακα αυτή (Kumar & Kumbhat 2016). Από τα χαρακτηριστικά αυτά, τα τρία πρώτα αποτελούν τμήματα της ΜΙ1, το τέταρτο, τμήμα της ΜΙ7, και το τελευταίο χαρακτηριστικό αποτελεί τμήμα της ΜΙ6 (Stevens et al. 2009). Για τον σχηματισμό των επιπέδων κατανόησης υιοθετήσαμε «κοινή λογική» όπως στην περίπτωση της νοηματοδότηση της Ν-ΕΤ.

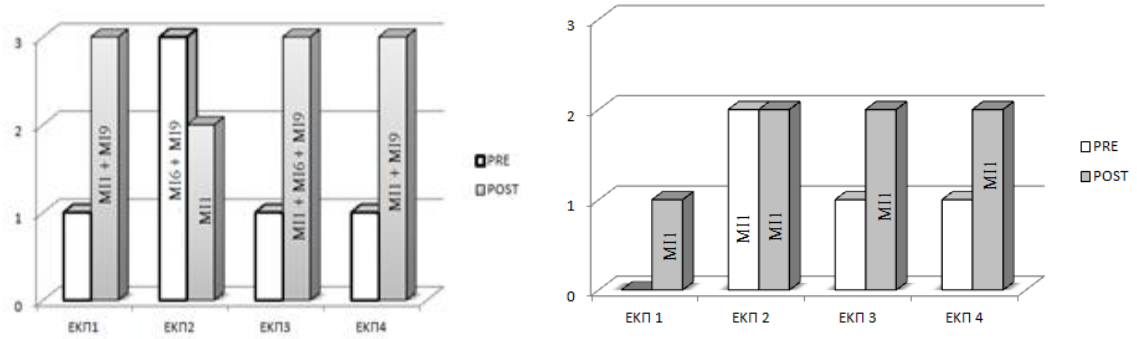
Η αξιολόγηση της μάθησης όσον αφορά τη νανοκλίμακα, αναπτύσσεται σε δύο άξονες: (α) στη νοηματοδότηση των εκπαιδευτικών για τη νανοκλίμακα π.χ. εάν αναφέρουν το εύρος, τάξη μεγέθους, αντικείμενα της νανοκλίμακας κ.α. καθώς και (β) στην ικανότητα των εκπαιδευτικών να σειροθετούν (από το μεγαλύτερο προς το μικρότερο) αντικείμενα που ανήκουν σε διαφορετικές κλίμακες (Magana et al. 2012). Σχετικά με τον δεύτερο άξονα (ερώτηση 3) και με βάση τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών σχηματίσαμε τρία επίπεδα κατανόησης: Το Ε3 περιλαμβάνει σωστή σειροθέτηση όλων των αντικειμένων, το Ε2 περιλαμβάνει σωστή σειροθέτηση των αντικειμένων από τον μακρόκοσμο μέχρι και τον

μικρόκοσμο (άνθρωπος, τρίχα, ερυθρό αιμοσφαίριο), ενώ η Ε0 περιλαμβάνει σωστή σειροθέτηση μόνο των ορατών αντικειμένων (άνθρωπος, τρίχα).
Τέλος, για την ερώτηση 2, εξετάζουμε αν οι εκπαιδευτικοί, πριν και μετά την επιμόρφωση, θεωρούν το οπτικό μικροσκόπιο ως επαρκές όργανο για την παρατήρηση των αντικειμένων της νανοκλίμακας (η σωστή απάντηση είναι ΟΧΙ).

3. Αποτελέσματα

Στο διάγραμμα 1 φαίνεται η κατηγοριοποίηση των εκπαιδευτικών στα τέσσερα επίπεδα κατανόησης. Όσο αφορά τη νοηματοδότηση της Ν-ΕΤ, φαίνεται ότι αρχικά, τρεις από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς κατετάγησαν στο επίπεδο 1, δηλαδή δεν εξέφρασαν με σαφήνεια κάποια από τις ΜΙ του περιεχομένου, ενώ, μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, όλοι οι εκπαιδευτικοί κατετάγησαν στα επίπεδα 2 και 3, που σημαίνει ότι εξέφρασαν με σαφήνεια, μία τουλάχιστον ΜΙ του περιεχομένου της Ν-ΕΤ.

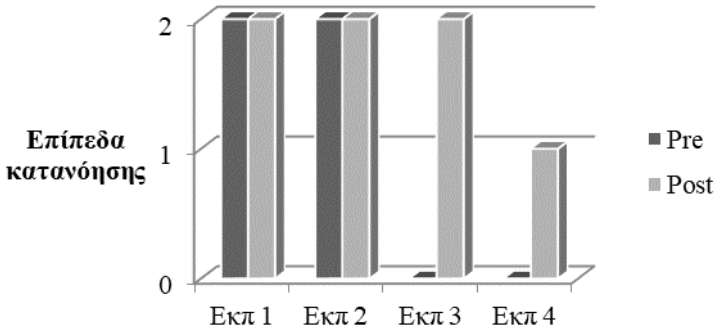
Διάγραμμα 1: Κατηγοριοποίηση των εκπαιδευτικών σε επίπεδα κατανόησης στη νοηματοδότηση της «νανοεπιστήμης / νανοτεχνολογίας» (αριστερά) και νανοκλίμακας (δεξιά) πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ. Μέσα στις μπάρες αναγράφονται οι ΜΙ που αναγνωρίστηκαν στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών.



Τα αντίστοιχα αποτελέσματα για τη νανοκλίμακα, δείχνουν ότι στην αρχή της επιμόρφωσης τρεις από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς κατετάγησαν στα δύο χαμηλότερα επίπεδα, ενώ μετά την επιμόρφωση όλοι οι εκπαιδευτικοί, περιέγραψαν τη νανοκλίμακα, παραθέτοντας με σαφήνεια ένα χαρακτηριστικό (επίπεδο 2). Κανένας εκπαιδευτικός δεν έφτασε στο επίπεδο 3, δηλαδή δεν έγραψε δύο ή περισσότερα χαρακτηριστικά.
Φαίνεται ότι όλοι οι εκπαιδευτικοί βελτίωσαν τη γνώση τους για τη Ν-ΕΤ και τη νανοκλίμακα μετά την εφαρμογή, εκτός από τον Εκπ2 ο οποίος είτε κατετάγη σε χαμηλότερο επίπεδο (διάγραμμα 1, αριστερά) είτε παρέμεινε σταθερός (διάγραμμα 1 δεξιά). Και στις δύο περιπτώσεις εξέφρασε με σαφήνεια μόνο μία ΜΙ (νοηματοδότηση της Ν-ΕΤ) ή ένα μόνο χαρακτηριστικό (νανοκλίμακα), που είναι μία ένδειξη σύντομου γραπτού λόγου. Η συνέντευξη θα μπορούσε να μας δώσει περισσότερες πληροφορίες στο να ερμηνεύσουμε αυτήν την κατάσταση του εκπαιδευτικού.
Όσον αφορά τις ΜΙ που αναγνωρίστηκαν, παρατηρούμε ότι μετά την εφαρμογή, τόσο στη νοηματοδότηση της Ν-ΕΤ όσο και της νανοκλίμακας, κυριαρχεί η ΜΙ1 (μέγεθος και κλίμακα), κάποιο τμήμα της οποίας εκφράστηκε από όλους τους εκπαιδευτικούς. Επιπλέον, παρατηρούμε ότι όλοι οι εκπαιδευτικοί σε κάποια στιγμή της μέτρησης (pre ή post) αναφέρουν με σαφήνεια κάποια εφαρμογή της Ν-ΕΤ (ΜΙ9) στη νοηματοδότησή της. Από την άλλη μεριά, τόσο στην περίπτωση της Ν-ΕΤ όσο και της νανοκλίμακας δεν αναγνωρίσαμε

φράσεις σχετικές με τη ΜΙ7 (όργανα). Επιπλέον, μόνο ένας εκπαιδευτικός (ο Εκπ3), μετά την εφαρμογή, στο γραπτό του λόγο, συνέδεσε τη Ν-ΕΤ με τη ΜΙ6.
Στο διάγραμμα 2 παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα σχετικά με την ικανότητα των εκπαιδευτικών να σειροθετούν αντικείμενα.

Διάγραμμα 2: Κατηγοριοποίηση των εκπαιδευτικών σε επίπεδα κατανόησης στη σειροθέτηση πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ.



Η σειροθέτηση είναι μία ικανότητα που βασίζεται στην κατοχή προϋπάρχουσας γνώσης ή εμπειρίας με τα αντικείμενα (Delgado et al. 2007). Πριν την επιμόρφωση δύο εκπαιδευτικοί σειροθέτησαν σωστά όλα τα αντικείμενα (Επίπεδο 2), ενώ ισάριθμοι σειροθέτησαν σωστά μόνο τα αντικείμενα του μακρόκοσμου (επίπεδο 0). Μετά την επιμόρφωση κανένας εκπαιδευτικός δεν κατετάγη στο επίπεδο 0, ενώ στο επίπεδο 2 κατετάγησαν τρεις από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς.
Τέλος, στον πίνακα 4 παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα σχετικά με τα όργανα παρατήρησης της νανοκλίμακας.

Πίνακας 4: Αποτελέσματα σχετικά με τα όργανα της νανοκλίμακας

Μπορούμε να δούμε τα αντικείμενα της νανοκλίμακας με ισχυρά οπτικά μικροσκόπια		
Εκπ.	**Pre**	**Post**
1	ΟΧΙ	ΟΧΙ
2	ΝΑΙ	ΟΧΙ
3	ΝΑΙ	ΟΧΙ
4	ΝΑΙ	ΟΧΙ

Φαίνεται ότι η εφαρμογή της ΔΜΑ στους εκπαιδευτικούς, βελτίωσε τη γνώση τους σχετικά με την ανεπάρκεια του οπτικού μικροσκοπίου στη μελέτη της νανοκλίμακας.

4. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Στην εργασία αυτή, περιγράψαμε την πιλοτική εφαρμογή μίας ΔΜΑ σε τέσσερις Πρωτοβάθμιους εκπαιδευτικούς με περιεχόμενο, έννοιες και εφαρμογές της Ν-ΕΤ.
Διαπιστώσαμε ότι μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, όλοι οι εκπαιδευτικοί συνέδεσαν με σαφήνεια τη Ν-ΕΤ και τη νανοκλίμακα με τη ΜΙ1 (μέγεθος και κλίμακα). Ωστόσο, ένας μόνο συνέδεσε την αλλαγή ιδιοτήτων των υλικών στην κλίμακα του νάνο (ΜΙ6). Κατά τον Sengupta & Sarkar (2015), «αυτό που θεμελιώνει τη Ν-ΕΤ δεν είναι μόνο οι διαστάσεις αλλά, ισοδύναμα, ίσως και πιο σημαντικά, αποτελεί η αλλαγή ιδιοτήτων υλικών εξαιτίας του

μεγέθους τους» (σελ. 2). Για το λόγο αυτό, σε επόμενες εφαρμογές της ΔΜΑ, στοχεύουμε να εμπλουτίσουμε το διδακτικό μας υλικό και τις αντίστοιχες δραστηριότητες ώστε να δώσουμε περισσότερη έμφαση στην αλλαγή των ιδιοτήτων, εισάγοντας παραδείγματα, όπως την αλλαγή του χρώματος του χρυσού στις διαστάσεις της νανοκλίμακας (Murty et al. 2013).
Οι συμμετέχοντες της συγκεκριμένης έρευνας ήταν τέσσερις εκπαιδευτικοί. Στοχεύουμε στην συλλογή και ανάλυση δεδομένων από μεγαλύτερο δείγμα εκπαιδευτικών, ώστε να γενικεύσουμε τα αποτελέσματα.

5. Βιβλιογραφία

Μάνου, Λ., Σπύρτου, Α., Χατζηκρανιώτης, Ε., Καριώτογλου, Π. (2015). Βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου της διδασκαλίας της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας στις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης. Στα Πρακτικά, Δ., Ψύλλος, Α., Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (Εκδ.), 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, 203-211, Θεσσαλονίκη.

Ali, M. E., Das, R., Maamor, A. & Hamid, S. B. A. (2014). Multifunctional carbon nanotubes (CNTs): a new dimension in environmental remediation. In *Advanced Materials Research* (Vol. 832, pp. 328-332). Trans Tech Publications.

Daly, S. & Bryan, L. A. (2010). Model use choices of secondary teachers in nanoscale science and engineering education. *Journal of Nano Education*, 2, 76–90.

Delgado, C., Stevens, S. Y., Shin, N., Yunker, M. & Krajcik, J. (2007). The development of students' conceptions of size. In annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans.

Elo, S. & Kyngäs, H. (2007). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced* Nursing, 62(1), 107-115.

Feather, J., L. & Aznar, M., F. (2011). *Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.

Kumar, N. & Kumbhat, S. (2016). *Essentials in Nanoscience and Nanotechnology*. John Wiley & Sons.

Magana, A., Brophy, S., Bryan, L. (2012) An Integrated Knowledge Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition (FS2C). *International Journal of Science Education*, 34 (14), 2181-2203.

Murty, B., Shankar, P., Raj, B., Rath, B. B, Murday, J. (2013). *Textbook of Nanoscience and Nanotechnology*. Bangalore: Universities Press (India) Private Limited.

Sakhnini, S. & Blonder, R. (2015). Essential concepts of nanoscale science and technology for high school students based on a Delphi study by the expert community. *International Journal of Science Education*, 37(11), 1699-1738.

Schönborn, K. J., Höst, G. E. & Palmerius, K. E. L. (2016). Nano education with interactive visualization. *Nano Today*, 11(5), 543-546.

Sengupta, A., Sartar, C.K. (2015). Introduction. In A. Sengupta & C.K. Sartar (Eds.), *Introduction to Nano, Basics to Nanoscience and Nanotechnology* (pp. 1-6). Berlin Heidelberg Springer – Verlag.

Stevens, S., Sutherland, L. & Krajcik, J. (2009). *Big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΜΕΣΑ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΙΑΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Γιάννης Σγουρός, Δημήτρης Σταύρου

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Η εξέλιξη των επιστημών και της τεχνολογίας καθιστά αναγκαία την δημιουργία επιστημονικά και τεχνολογικά εγγράμματων πολιτών. Η ένταξη εννοιών σύγχρονης επιστήμης στην σχολική τάξη ωστόσο, προϋποθέτει την ενεργό συμμετοχή άρτια καταρτισμένων εκπαιδευτικών. Η εργασία αυτή παρουσιάζει ένα πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης, όπου εν ενεργεία εκπαιδευτικοί, ερευνητές της ΝανοΕπιστήμης και της νανοΤεχνολογίας (ΝΕ-Τ), ερευνητές της Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και ειδικοί στην επικοινωνία της επιστημονικής γνώσης, δομούν μια ΄΄Κοινότητας Μάθησης΄΄ ειδικού σκοπού. Κοινός στόχος των μελών της κοινότητας είναι η δόμηση μιας διδακτικής ενότητας σε έννοιες από το διεπιστημονικό πεδίο της ΝΕ-Τ, ενσωματώνοντας διαστάσεις Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας και στοιχεία μη τυπικής εκπαίδευσης.

Abstract

Rapid development of science and technology highlights the need for scientific and technological literate citizens in modern society. Integrating cutting-edge science concepts in school class, presupposes the active participation of highly skilled teachers. In the context of a professional development program, in-service teachers, science researchers, researchers in Science Education and experts in science communication, form a 'Community of Learners' (CoL). CoL members share a common target, to develop a teaching module in NanoScience and nanoTechnology (NST) issues, incorporating aspects of Responsible Research and Innovation and informal educational features.

1. Εισαγωγή

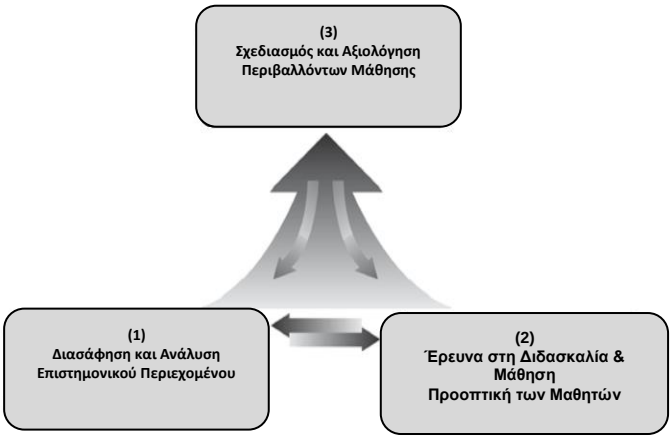
Η ραγδαία εξέλιξη των επιστημών νανοκλίμακας, έχει καταστήσει αναπόσπαστο κομμάτι της σύγχρονης καθημερινότητας την χρήση νέων προϊόντων και εφαρμογών νανοτεχνολογίας. Η ανάγκη δημιουργίας νανο-εγγράμματων πολιτών, έχει αναδειχθεί από τους ερευνητές της Διδακτικής Φυσικών Επιστημών (Δ.Φ.Ε) διεθνώς (Hingant & Albe 2010). Ο ρόλος των εκπαιδευτικών σε οποιαδήποτε προσπάθεια ένταξης εννοιών σύγχρονης επιστήμης στην σχολική τάξη είναι καταλυτικός, καθώς είναι ευρέως αποδεκτό ότι η ποιότητα και οι δεξιότητες των εκπαιδευτικών είναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας που καθορίζει τις επιδόσεις των μαθητών (Osborne & Dillon 2008). Ωστόσο, οι εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν δυσκολίες στη διδασκαλία θεμάτων σύγχρονης φυσικής που σχετίζονται τόσο με το επιστημονικό περιεχόμενο όσο και με την παιδαγωγική τους κατάρτιση (Angell et al. 2004). Το γεγονός αυτό καθιστά αναγκαία την δημιουργία προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών (Jones et al. 2013), ώστε να υποστηριχθούν στην προσπάθεια ένταξης όψεων της ΝΕ-Τ στην σχολική τάξη. Λαμβάνοντας υπόψιν τα προαναφερθέντα ευρήματα της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας και στα πλαίσια ενός ευρωπαϊκού προγράμματος

(http://www.irresistible-project.eu/), η εργασία αυτή παρουσιάζει την 'Κοινότητα Μάθησης' (*Community of Learners*, Loucks-Horsley et al. 2010) ως ένα πλαίσιο επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, εν ενεργεία εκπαιδευ-τικοί δομούν και υλοποιούν μια διδακτική ενότητα σε έννοιες ΝΕ-Τ, ενσωματώνοντας διαστάσεις Υπεύθυνης Έρευνας & Καινοτομίας και στοιχεία μη τυπικής εκπαίδευσης. Ειδικότερα, το ερευνητικό ερώτημα της έρευνας είναι:
Με ποιο τρόπο δομούν εν ενεργεία εκπαιδευτικοί, μια διδακτική ενότητα στην θεματική της νανοτεχνολογίας μέσα στο πλαίσιο μιας 'Κοινότητα Μάθησης';

2. Μεθοδολογία

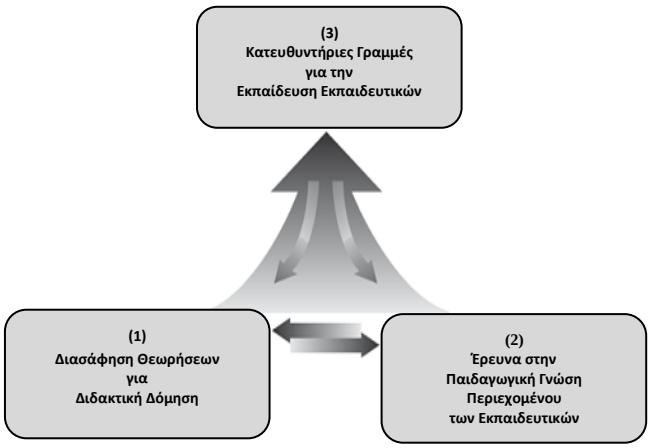
Η αξία του μοντέλου της 'Διδακτικής αναδόμησης' (*Model of Educational Reconstruction 'MER'*, Duit et al. 2012, σχήμα 1) ως ερευνητικό εργαλείο αλλά και ως μεθοδολογικό πλαίσιο για την δόμηση μιας διδασκαλίας, έχει αναγνωρισθεί διεθνώς από την επιστημονική κοινότητα της Δ.Φ.Ε. Το μοντέλο επιχειρεί να φέρει σε ισορροπία τα αποτελέσματα εμπειρικών ερευνών γύρω από τις αντιλήψεις και τις διαδικασίες μάθησης των μαθητών με την διδακτική δόμηση του επιστημονικού περιεχομένου.

Σχήμα 1 : Το μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης '*MER*' (Duit et al. 2012)



Σε αναλογία με το MER, το μοντέλο της 'Διδακτικής Αναδόμησης για Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών' (*Educational Reconstruction for Teacher Education, 'ERTE'*, Komorek & Kattmann 2008, σχήμα 2) αποτελεί ένα μεθοδολογικό πλαίσιο για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών κατευθυντήριων γραμμών για την εκπαίδευση εκπαιδευτικών.

Σχήμα 2 : Το μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης για την Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών '*ERTE*' (Komorek & Kattmann 2008)



Σύμφωνα με την φιλοσοφία του μοντέλου η διαδικασία αποσαφήνισης των εννοιών του περιεχομένου προς εκπαιδευτική δόμηση, είναι απαραίτητο να συνδυαστεί με την διερεύνηση της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου, ΠΓΠ (Berry et al 2015) των εκπαιδευτικών. Όπως και στην περίπτωση του μοντέλου της 'Διδακτικής Αναδόμησης' (MER) το μοντέλο ERTE περιλαμβάνει μια αλληλεπιδραστική και σπειροειδή διαδικασία.

Σχεδιασμός έρευνας

Η αλληλεπιδραστική και σπειροειδής διαδικασία του μοντέλου ERTE στην παρούσα έρευνα υλοποιήθηκε μέσα στο πλαίσιο μιας 'Κοινότητας Μάθησης'. Μέλη της κοινότητας αποτέλεσαν:

α) πέντε εν ενεργεία εκπαιδευτικοί (από Ρέθυμνο, Ηράκλειο και Αθήνα)
β) δύο ερευνητές της Δ.Φ.Ε από το Πανεπιστήμιο Κρήτης (Ρέθυμνο),
γ) δύο ερευνητές της ΝΕ-Τ από το Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας (Ι.Τ.Ε, Ηράκλειο Κρήτης),
δ) ένας εκπρόσωπος από το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Πανεπιστημίου Κρήτης (Μ.Φ.Ι.Κ, Ηράκλειο Κρήτης) και
ε) δύο εκπρόσωποι από το Ίδρυμα Ευγενίδου (Αθήνα).

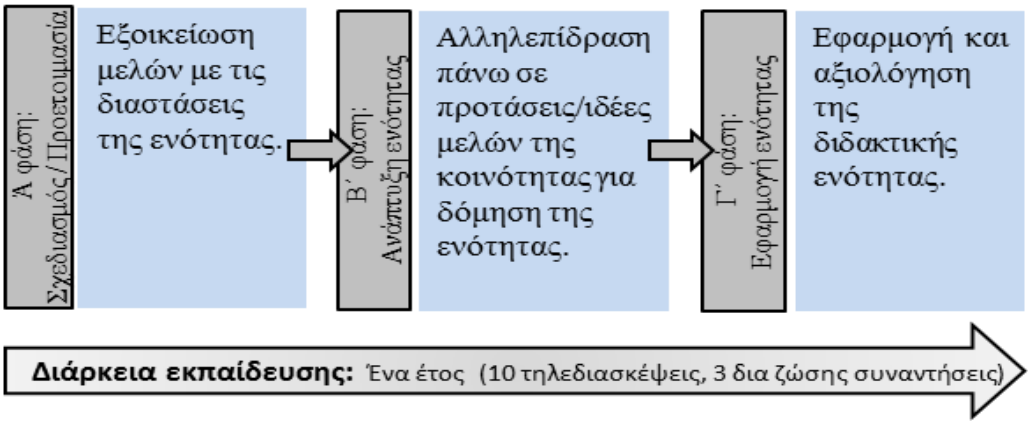
Οι συμμετέχοντες στην έρευνα εν ενεργεία εκπαιδευτικοί, είχαν μεγάλη διδακτική εμπειρία αλλά και υψηλά τυπικά προσόντα. Ειδικότερα την ομάδα των πέντε εκπαιδευόμενων αποτέλεσαν:

- ένας σχολικός σύμβουλος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης με μεταπτυχιακές σπουδές στις Φ.Ε και διδακτορική διατριβή στην Διδασκαλία Περιβαλλοντικών Επιστημών,
- ένας εκπαιδευτικός, απόφοιτος Φυσικού Τμήματος με μεταπτυχιακές σπουδές και διδακτορική διατριβή στον τομέα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών,
- μια εκπαιδευτικός, απόφοιτη του Χημικού Τμήματος, με μεταπτυχιακές σπουδές και διδακτορική διατριβή στην διδακτική της Χημείας,
- μια εκπαιδευτικός, απόφοιτη του Φυσικού Τμήματος, με μεταπτυχιακές σπουδές και διδακτορική διατριβή στην Διδακτική των Φυσικών Επιστημών,

- ένας εκπαιδευτικός απόφοιτος του τμήματος Χημείας, με διδακτορική διατριβή στον τομέα της Χημείας

Ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες του προγράμματος, πραγματοποιήθηκαν τόσο εξ αποστάσεως όσο και δια ζώσης συναντήσεις των μελών. Το ετήσιας διάρκειας πρόγραμμα εκπαίδευσης, χωρίστηκε μεθοδολογικά σε τρεις διαδοχικές φάσεις (σχήμα 3).

Σχήμα 3 : Οι τρεις φάσεις προγράμματος εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών



Α΄ φάση: Σε μια πρώτη σειρά έξι τηλεδιασκέψεων τα μέλη της ομάδας διαπραγματεύτηκαν θεματικές που άπτονταν της διδακτικής ενότητας όπως:

α) το επιστημονικό περιεχόμενο της ΝΕ-Τ,

β) η ανασκόπηση ερευνών για την διδασκαλία και την μάθηση της ΝΕ-Τ,

γ) η διδασκαλία Φ.Ε με διερεύνηση,

δ) οι διαστάσεις της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας,

ε) η ανάπτυξη διαδραστικών εκθεμάτων

στ) η χρήση εργαλείων WEB 2.0 στην διδασκαλία.

Στην συνέχεια, σε μια δια ζώσης συνάντηση διάρκειας τριών ημερών, τα μέλη είχαν την ευκαιρία να ξεναγηθούν σε χώρους διεξαγωγής έρευνας αιχμής (Ι.Τ.Ε), σε χώρους με εκθέματα επιστήμης (Μ.Φ.Ι.Κ) αλλά και να έρθουν σε επαφή με διδακτικό υλικό της Νανοτεχνολογίας που είχε αναπτυχθεί στο Π.Τ.Δ.Ε του Πανεπιστημίου Κρήτης.

Β΄ φάση: Σε μία δεύτερη σειρά τεσσάρων τηλεδιασκέψεων, τα μέλη της κοινότητας κατέθεσαν τις απόψεις και τις προτάσεις τους για την δόμηση του βασικού κορμού της διδακτικής ενότητας. Το επόμενο βήμα, ήταν να αναπτύξουν οι εκπαιδευτικοί μια πρώτη ολοκληρωμένη έκδοση της διδακτικής ενότητας, κατάλληλα προσαρμοσμένη στην βαθμίδα τους. Η αναπτυχθείσα ενότητα παρουσιάστηκε στα υπόλοιπα μέλη σε μια νέα δια ζώσης συνάντηση διάρκειας δύο ημερών. Σκοπός της αλληλεπίδρασης ήταν η από κοινού διαμόρφωση μιας ενότητας με ενιαία δομή (σχήμα 4), αλλά με ευελιξία στην επιλογή του κατάλληλου για την βαθμίδα που απευθύνεται διδακτικού υλικού.

Σχήμα 4: Δομή διδακτικής ενότητας

1ο Μάθημα	Εισαγωγή
2ο Μάθημα	Επίσκεψη σε Μουσεία Επιστημών
3ο & 4ο Μάθημα	Εφαρμογές της Νανοεπιστήμης: Αυτοκαθαριζόμενα Υλικά -Πόσο μικρό είναι το νάνο; -Ιδιότητες εξαρτώμενες από το μέγεθος
5ο Μάθημα	Ζητήματα Υ.Ε.Κ: -Άρθρα εφημερίδων -Συζήτηση με ειδικούς στο σχολείο και στο ερευνητικό κέντρο
6ο Μάθημα	Επίσκεψη στο ερευνητικό κέντρο
7ο Μάθημα	Κατασκευή εκθεμάτων

Γ΄ φάση: Οι εκπαιδευτικοί σε αυτή την φάση εφάρμοσαν την αναπτυχθείσα ενότητα σε συνθήκες πραγματικής τάξης. Μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής, σε μια τρίτη δια ζώσης συνάντηση διάρκειας δύο ημερών, μοιράστηκαν με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας την εμπειρία και την ανατροφοδότηση που έλαβαν από την αλληλεπίδραση των μαθητών τους με την διδακτική ενότητα. Τελικό εξαγόμενο από την διαδικασία αξιολόγησης της ενότητας, ήταν η ανάδειξη νέων προτάσεων και ιδεών για την αναδόμηση της, με γνώμονα την ενίσχυση της κατανόησης των μαθητών.
Για τις ανάγκες της έρευνας πραγματοποιήθηκε πολυδιάστατη συλλογή δεδομένων. Ειδικότερα:

α) πραγματοποιήθηκε βιντεοσκόπηση όλων των τηλεδιασκέψεων αλλά και των δια ζώσης συναντήσεων,

β) κατεγράφη η ασύγχρονη επικοινωνία των μελών μέσω ομαδικής αλληλογραφίας,

γ) δόθηκαν pre - post ερωτηματολόγια για την καταγραφή των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών σε σχέση με τις διαστάσεις της ενότητας (ΝΕ-Τ, Υπεύθυνη Έρευνα & Καινοτομία, επικοινωνία της επιστήμης μέσω εκθεμάτων),

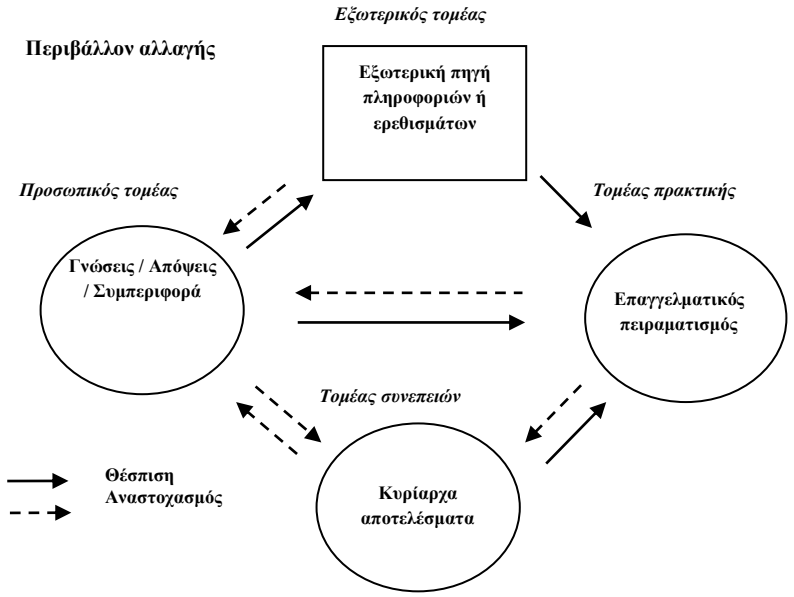
δ) πραγματοποιήθηκαν ημι-δομημένες συνεντεύξεις με τους εκπαιδευτικούς, αναφορικά με την δομή και λειτουργία της 'Κοινότητας Μάθησης',

ε) ελήφθησαν οι διδακτικές ενότητες των εκπαιδευτικών (στα διαφορετικά στάδια μέχρι την ολοκλήρωση τους).

Ανάλυση δεδομένων

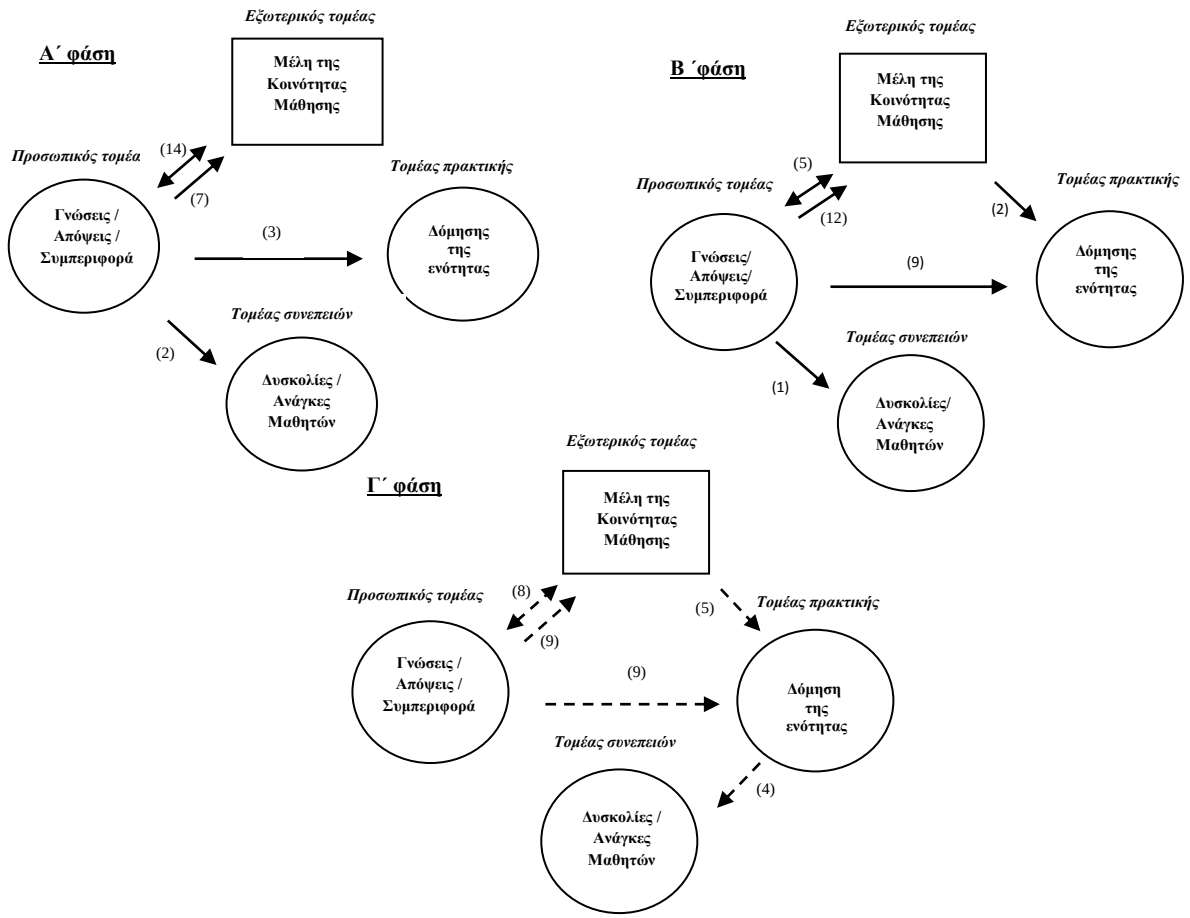
Λόγω του διερευνητικού χαρακτήρα της έρευνας, χρησιμοποιούνται ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Cohen, Manion & Morrison 2007). Υποστηρικτικό πλαίσιο για την ανάλυση αποτελεί το 'Διασυνδεδεμένο Μοντέλο Επαγγελματικής Ανάπτυξης Εκπαιδευτικών' (*Interconnected Model of Teachers' Professional Growth, IMTPG, Clarke & Hollingsworth 2002*), η θεμελίωση του οποίου βασίστηκε σε εμπειρικά δεδομένα. Η προστιθέμενη αξία του μοντέλου για την παρούσα έρευνα, έγκειται στο γεγονός ότι η διασυνδεδεμένη, αλληλεπιδραστική και μη γραμμική δομή του (σχήμα 5) διεγείρει τον αναστοχασμό του ερευνητή για τις επιμέρους διαδικασίες και τις αλληλεπιδράσεις μέσα από τις οποίες συντελείται η επαγγελματική ανάπτυξη του εκπαιδευτικού.

Σχήμα 5: "Διασυνδεδεμένο Μοντέλο Επαγγελματικής Ανάπτυξης Εκπαιδευτικών" *(IMTPG).*



Σύμφωνα με την φιλοσοφία του μοντέλου, η εξέλιξη ενός εκπαιδευτικού πραγματοποιείται μέσω αλλαγής σε τέσσερις διακριτούς τομείς που συναποτελούν και τον κόσμο του εκπαιδευτικού. Τον Προσωπικό Τομέα (γνώσεις, απόψεις, στάσεις εκπαιδευτικού), τον Τομέα Πρακτικής (επαγγελματικός πειραματισμός εκπαιδευτικού), τον Τομέα Συνεπειών (κυρίαρχα αποτελέσματα) και τον Εξωτερικό Τομέα (πηγή πληροφοριών και ερεθισμάτων ή υποστήριξης). Οποιαδήποτε αλλαγή σε ένα από αυτούς τους τομείς, πυροδοτεί την αλλαγή σε ένα άλλο τομέα μέσα από μια διαμεσολαβητική διαδικασία, όπου ο εκπαιδευτικός αναστοχάζεται και θεσπίζει στην πράξη μια νέα άποψη ή ένα παιδαγωγικό μοντέλο. Οποιαδήποτε διαδικασία επαγγελματικής εξέλιξης του εκπαιδευτικού συντελείται μέσα από τους περιορισμούς και τις προοπτικές του περιβάλλοντος μέσα στο οποίο συντελείται η αλλαγή. Σύμφωνα με την προαναφερθείσα φιλοσοφία του IMTPG, σε πρώτο επίπεδο πραγματοποιήθηκε ανάλυση του οπτικοακουστικού υλικού που ελήφθη από τις βιντεοσκοπήσεις των τηλεδιασκέψεων και των δια ζώσης συναντήσεων των μελών της κοινότητας αλλά και των δεδομένων από την ασύγχρονη επικοινωνία τους. Αναπτύχθηκαν κώδικες τόσο για την κατηγοριοποίηση των εμπειρικών δεδομένων στους τέσσερις τομείς του μοντέλου όσο και για την καταγραφή των αλληλεπιδράσεων μεταξύ αυτών. Από την διαδικασία αυτή αναπτύχθηκαν για κάθε εκπαιδευτικό τρεις αναπαραστάσεις του μοντέλου (μια για κάθε φάση του προγράμματος εκπαίδευσης, σχήμα 6) που χαρτογραφούν τις αλληλεπιδράσεις των διαφορετικών πεδίων στην πορεία της επαγγελματικής τους εξέλιξης, μέσα στο περιβάλλον της 'Κοινότητας Μάθησης'.

Σχήμα 6 : Αναπαραστάσεις του IMTPG ενδεικτικά για έναν εκπαιδευτικό στις τρεις φάσεις του προγράμματος εκπαίδευσης (οι αριθμοί αποτελούν μονάδες ανάλυσης).



Η ανάλυση των στοιχείων που προκύπτουν από αυτές τις αναπαραστάσεις, σε ένα πρώτο επίπεδο πραγματοποιείται για κάθε εκπαιδευτικό ξεχωριστά και εξελίσσεται σε συνδυασμό με την ανάλυση των διδακτικών ενοτήτων, των ερωτηματολογίων αλλά και των ημι-δομημένων συνεντεύξεων. Στόχος είναι να εξαχθούν στοιχεία για τα ατομικά προφίλ επαγγελματικής εξέλιξης κάθε εκπαιδευτικού. Σε ένα δεύτερο επίπεδο, η ανάλυση πραγματοποιείται με σκοπό να εντοπιστούν και να αναλυθούν κοινά στοιχεία και πιθανές διαφοροποιήσεις μεταξύ των πέντε εκπαιδευόμενων καθώς και να μελετηθεί η συνεισφορά της 'Κοινότητας Μάθησης' ως πλαίσιο για την επαγγελματική εξέλιξη των εκπαιδευτικών.

3. Αποτελέσματα

Από τις αναπαραστάσεις του μοντέλου IMTPG, τόσο ατομικά για κάθε εκπαιδευτικό όσο και συνολικά για τους πέντε εκπαιδευόμενους, αναδεικνύεται η αδιάλειπτη και πολυδιάστατη αλληλεπίδραση μεταξύ των μελών της κοινότητας. Αν και οι ανησυχίες, τα προαπαιτούμενα και οι προκλήσεις που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι εκπαιδευτικοί διαφοροποιούνται ανάλογα με την φάση στην οποία βρίσκεται η ανάπτυξη της ενότητας, παραμένει επιτακτική η ανάγκη για συνεχή και στοχευμένη αλληλεπίδραση με τα υπόλοιπα μέλη της κοινότητας. Παράλληλα, ως ενεργά και ισότιμα μέλη μιας εξειδικευμένης ομάδας συνεργατών, οι εκπαιδευτικοί αξιοποιούν το βήμα που τους δίνεται, εκφράζοντας προσωπικές αντιλήψεις,

απόψεις, αλλά και συγκεκριμένες προτάσεις για την δόμηση και την υλοποίηση της διδακτικής ενότητας.

Από την ανάλυση των δεδομένων της έρευνας διαφαίνονται επίσης οι ανάγκες των εκπαιδευτικών στις διαφορετικές φάσεις ανάπτυξης της ενότητας. Στην Α΄ φάση (σχήμα 3), εστιάζουν το ενδιαφέρον τους στην εξεύρεση και αξιολόγηση του διδακτικού υλικού, στις προδιαγραφές κατασκευής εκθεμάτων και την οριοθέτηση του ρόλου των συνεργαζόμενων φορέων και ιδρυμάτων στην υπό διαμόρφωση ενότητα. Στην Β΄ φάση, είναι σαφής η στροφή του ενδιαφέροντος των εκπαιδευτικών, στην κατεύθυνση αρχικά της επιλογής και εν συνεχεία της διδακτικής διαχείρισης του κατάλληλου για την εκάστοτε βαθμίδα (δημοτικό, γυμνάσιο, λύκειο) διδακτικού υλικού. Οι ανάγκες και τα προαπαιτούμενα των μαθητών, αποτελούν το βασικό έρεισμα για την ανταλλαγή απόψεων και ιδεών αναφορικά με την υλοποίηση της διδακτικής ενότητας σε αυτή την φάση. Στην Γ΄ φάση, η ανάλυση των δεδομένων της έρευνας, αναδεικνύει την ικανοποίηση των εκπαιδευτικών από την πορεία εφαρμογής της διδακτικής ενότητας στην τάξη και της γενικότερης ανταπόκρισης των μαθητών. Η ανατροφοδότηση που έλαβαν οι εκπαιδευτικοί, πυροδοτεί ένα νέο γύρο ανταλλαγής απόψεων και προτάσεων σε μια διαδικασία αξιολόγησης της διδακτικής ενότητας, με διατύπωση νέων προτάσεων και ιδεών για στοχευμένες παρεμβάσεις, ώστε να ενισχυθεί η κατανόηση των μαθητών.

4. Συμπεράσματα

Η συλλογική προσπάθεια και αμοιβαία δέσμευση των μελών για την εκπλήρωση ενός κοινού στόχου, ο διαμοιρασμός εξειδικευμένης γνώσης και εμπειρίας, η ανταλλαγή ιδεών και προτάσεων, έτσι όπως προκύπτει από την καταγεγραμμένη αλληλεπίδραση των μελών της κοινότητας, είναι σύμφωνα και με την διεθνή βιβλιογραφία βασικά στοιχεία ενός πλαισίου που ευνοεί την επαγγελματική εξέλιξη των εκπαιδευτικών. Ως ενεργά και ισότιμα μέλη της 'Κοινότητας Μάθησης' έτσι όπως δομήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας, οι εκπαιδευτικοί νιώθουν την απαραίτητη ασφάλεια και αυτοπεποίθηση ώστε να ανταποκριθούν επαρκώς στις απαιτήσεις δόμησης μιας διδακτικής ενότητας με καινοτόμα χαρακτηριστικά. Η απόκτηση νέων γνώσεων και πρακτικών μετά από εξειδικευμένη ανατροφοδότηση αλλά και η δημιουργία νέων κινήτρων από την αλληλεπίδραση με καταξιωμένους επιστήμονες, δημιουργεί τις προϋποθέσεις ώστε οι εκπαιδευτικοί, με εφαλτήριο την μακρόχρονη διδακτική τους εμπειρία, να προσκομίσουν καινοτόμες ιδέες για την δόμηση μιας διδακτικής ενότητας που προσελκύει το ενδιαφέρον και την θετική ανταπόκριση των μαθητών.

5. Βιβλιογραφία

Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K. & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, but fun. *Science Education, 88*(5), 683-706.

Berry, A., Friedrichsen, P. & Loughran, J. (Eds.). (2015). *Re-examining pedagogical content knowledge in science education*. New York: Routledge.

Clarke, D., Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. Teaching and teacher education 18, 947–967.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6th Edition). London-New York: Routledge.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction - A framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde &

J. Dillon (Eds.), *The world handbook of science education; Handbook of research in Europe* (pp. 13-37). Rotterdam, Taipei: Sense.

Hingant, B. & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. *Studies in Science Education*, *46*(2), 121-152.

Jones, M. G., Blonder, R., Gardner, G. E., Albe, V., Falvo, M. & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and nanoscale science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35(9), 1490-1512.

Komorek, M. & Kattmann, U. (2008). The Model of Educational Reconstruction. In: Mikulskis-Seifert, S., Ringelband, U. & Brückmann, M., Eds., *Four decades of research in science education – From curriculum development to quality improvement* (pp.171-188). Münster, Germany: Waxmann.

Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S., Love, N. & Hewson, P. W. (2010). *Designing professional development for teachers of science and mathematics* (pp. 157-278). California: Corwin.

Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΜΕ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΥΠΕΥΘΥΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

Αιμιλία Μιχαηλίδη, Δημήτρης Σταύρου

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Η αξία της διαπραγμάτευσης κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών είναι ευρύτατα αναγνωρισμένη και μπορεί να υποβοηθηθεί σε μεγάλο βαθμό μέσω της διδασκαλίας θεμάτων έρευνας αιχμής. Απαραίτητη προϋπόθεση για αυτό θεωρείται η κατάλληλη προετοιμασία των εκπαιδευτικών για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που αναδύονται από τη διαπραγμάτευση των παραπάνω θεμάτων στη σχολική τάξη, τόσο από πλευράς διδακτικών προσεγγίσεων όσο και από πλευράς επιστημονικού περιεχομένου. Στα πλαίσια αυτά, η παρούσα εργασία εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο εν ενεργεία εκπαιδευτικοί υλοποιούν στις τάξεις τους, με την υποστήριξη μεντόρων, μια διδακτική ενότητα με κοινωνικο-επιστημονικές προεκτάσεις.

Abstract

The negotiation of socio-scientific issues in science courses is widely recognized and it can be significantly assisted through teaching cutting-edge scientific subjects. Essential prerequisite to that, is considered to be the proper teachers' preparation in order to meet the challenges that emerge by the negotiation of such issues, both in terms of teaching approaches and of scientific content. In this context, this work examines the way in which in-service teachers implement in their classrooms, with mentors' support, a module with socio-scientific implications.

1. Εισαγωγή

Η αξία της διαπραγμάτευσης κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) έχει αναγνωριστεί από την επιστημονική κοινότητα της διδακτικής των ΦΕ, δεδομένου ότι ελκύει το ενδιαφέρον των μαθητών και προάγει τον επιστημονικό τους γραμματισμό (Hofstein, Eilks & Bybee 2011, Levinson 2006, Ratcliffe & Grace 2003). Για τη διαχείριση τέτοιων θεμάτων ενδείκνυται το πεδίο της σύγχρονης επιστημονικής έρευνας, καθώς αντικείμενα έρευνας και τεχνολογίας αιχμής αντιπροσωπεύουν συνήθως μια λιγότερο κατασταλαγμένη επιστήμη, που ενσωματώνει ζητήματα τα οποία βρίσκονται ακόμα υπό αντιπαράθεση διαφορετικών επιστημονικών απόψεων και εμπεριέχει μια διάσταση αμφισβήτησης (Levinson 2006).

Στα πλαίσια της προσέγγισης αυτής μπορεί να ενταχθεί και η στόχευση αρκετών ευρωπαϊκών προγραμμάτων να εισαχθεί στη διδασκαλία των ΦΕ η έννοια της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (ΥΕΚ). Η ΥΕΚ αντιπροσωπεύει μια σύγχρονη άποψη της διασύνδεσης μεταξύ επιστήμης και κοινωνίας καθώς στόχος είναι η δημιουργία μιας κοινής αντίληψης του ρόλου διαφόρων εμπλεκόμενων παραγόντων (κυβερνήσεων, επιστημόνων, πολιτών κλπ) απέναντι στις διαδικασίες της έρευνας και της καινοτομίας (Sutcliffe 2011). Για το λόγο αυτό διερευνάται η

διδακτική αξιοποίηση της ΥΕΚ και ως πλαισίου διαπραγμάτευσης κοινωνικο- επιστημονικών ζητημάτων (Blonder, Zemler & Rosenfeld 2016).

Ωστόσο, κάθε απαιτούμενη αλλαγή στην εκπαίδευση εν τέλει εναπόκειται στους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, ως τους κεντρικούς παράγοντες της ανανέωσης της εκπαίδευσης στις ΦΕ (Osborne & Dillon 2008). Σχετικές έρευνες εν τούτοις καταδεικνύουν ότι οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν δυσκολίες τόσο στο να διδάξουν αποτελεσματικά έννοιες σύγχρονων θεμάτων φυσικών επιστημών (Angell et al. 2004) όσο και στο να εντάξουν στη διδασκαλία τους και να διαχειριστούν κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (Forbes & Davis 2008) γεγονός που καθιστά επιτακτική την ανάπτυξη προγραμμάτων επαγγελματικής εκπαίδευσής τους (Bianchini, Johnston, Oram & Cavazos 2003).

Σύμφωνα με τους Van Driel, Meirink, Van Veen & Zwart (2012) οι εκπαιδευτικοί μαθαίνουν με διάφορους τρόπους και σε ποικίλα πλαίσια. Η κατανόηση συνεπώς του τρόπου επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών είναι απαραίτητη προκειμένου να αναπτυχθούν προγράμματα για την κάλυψη των αναγκών και την αντιμετώπιση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν σε κάθε φάση της σταδιοδρομίας τους. Παράλληλα όμως προβληματισμοί εκφράζονται για το περιορισμένο εύρος των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων αλλά και για την αποτελεσματικότητά τους (Borko 2004). Μια από τις μεθόδους που απαντούν στην ανάγκη για ευρύτερη εφαρμογή των ζητούμενων διδακτικών πρακτικών είναι η εκπαίδευση και αξιοποίηση εκπαιδευτικών ως πολλαπλασιαστών (Maaß & Doorman 2013). Αντίστοιχα, για πιο μακρόβια αποτελέσματα, έρευνες των Akerson, Cullen & Hanson (2009) και της Inman (2011) προτείνουν τη συμμετοχή των εκπαιδευτικών σε κοινότητες μάθησης, όπου οι εκπαιδευτικοί αλληλεπιδρούν ισότιμα, ανταλλάσσουν εμπειρίες, γνώσεις και πρακτικές και με αυτόν τον τρόπο συντελείται η επαγγελματική τους εξέλιξη και οικοδομείται η διδακτική τους ταυτότητα. Αν και δεν υπάρχει κάποιος καθολικός ορισμός των κοινοτήτων μάθησης, ο πυρήνας τους εδράζεται στον διαμοιρασμό γνώσεων και πρακτικών και τον αναστοχασμό μιας ομάδας ανθρώπων πάνω στην πρακτική τους με έναν τρόπο αλληλεπιδραστικό και ισότιμο (Stoll et al. 2006).

Η συμβουλευτική καθοδήγηση (mentoring) των εκπαιδευτικών αφορά σε μια συνήθως μακρόχρονη ισότιμη σχέση όπου ο μέντορας αποτελεί πηγή πρακτικής γνώσης και ηθικής υποστήριξης, πρακτική η οποία όμως ενέχει οφέλη εκτός από τους εκπαιδευόμενους και για τους μέντορες (Awaya et al. 2003). Ο συνδυασμός τώρα των δύο προσεγγίσεων μπορεί να επιφέρει πολλαπλά οφέλη για την επαγγελματική εξέλιξη των εκπαιδευτικών τόσο σε επίπεδο γνώσεων και πρακτικών, όσο και σε επίπεδο δεξιοτήτων και στάσεων, καθώς επωφελούνται παράλληλα τόσο από την εξειδίκευση του μέντορα όσο και από την αλληλεπίδρασή τους με την πρακτική των συναδέλφων (Melville & Bartley 2010).
Με βάση τα παραπάνω η παρούσα έρευνα σκοπό έχει να διερευνήσει τον τρόπο με τον οποίο εν ενεργεία εκπαιδευτικοί υλοποιούν μια διδακτική ενότητα πάνω σε αντικείμενα έρευνας αιχμής με κοινωνικο-επιστημονικές διαστάσεις υπό την επίβλεψη μεντόρων εκπαιδευτικών στα πλαίσια κοινοτήτων μάθησης. Και πιο συγκεκριμένα να διερευνήσει:

(α) Πού είναι εστιασμένες οι παρεμβάσεις των μεντόρων για την υποστήριξη των εκπαιδευτικών κατά την εφαρμογή ενοτήτων σχετικών με αντικείμενα έρευνας αιχμής στην τάξη τους;

(β) Σε τι τροποποιήσεις επί των δοσμένων ενοτήτων προβαίνουν τελικά οι εκπαιδευτικοί μέσα από την ανωτέρω διαδικασία;

2. Μεθοδολογία

Το θεωρητικό και μεθοδολογικό πλαίσιο της έρευνάς μας είναι το μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης για τη εκπαίδευση εκπαιδευτικών, ένα αλληλεπιδραστικό μοντέλο που αποσκοπεί στην διαμόρφωση κατευθυντηρίων γραμμών για την εκπαίδευση εκπαιδευτικών

μέσα από την εξισορρόπηση των εμπειρικών ερευνών για την επαγγελματική ανάπτυξη με τις βασικές αρχές του εκπαιδευτικού σχεδιασμού (Van Dijk & Kattmann 2007).
Ο σχεδιασμός της έρευνας, ο οποίος βασίζεται στο πρόγραμμα IRRESISTIBLE (http://irresistible-greece.edc.uoc.gr/index.php/el/), έχει εν συντομία ως εξής:

Στη διάρκεια μιας πρώτης φάσης, 5 εκπαιδευτικοί (ένας εκπαιδευτικός της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και 4 εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης - 2 φυσικοί και 2 χημικοί), σε συνεργασία με ερευνητές στο πεδίο της επιστήμης, ερευνητές της διδακτικής των ΦΕ και ειδικούς της επικοινωνίας της επιστήμης ανέπτυξαν και υλοποίησαν μια διδακτική ενότητα σχετικά με τη Νανοτεχνολογία και πτυχές της ΥΕΚ.

Στη διάρκεια μιας δεύτερης φάσης, οι 5 αυτοί εκπαιδευτικοί (στο εξής 'μέντορες') έδρασαν ως πολλαπλασιαστές και εκπαίδευσαν στα πλαίσια κοινοτήτων μάθησης άλλους 32 εκπαιδευτικούς (5 έως 10 έκαστος) στην εφαρμογή τριών ενοτήτων πάνω σε αντικείμενα έρευνας αιχμής. Οι τρεις ενότητες στις οποίες επιμορφώθηκαν και εφάρμοσαν οι εκπαιδευτικοί ήταν οι: *Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας,* που αναπτύχθηκε από την ελληνική ομάδα με τη συμμετοχή και των μεντόρων, *Πλαστικά στους Ωκεανούς,* που αναπτύχθηκε από τους Γερμανούς εταίρους και *Μητρικό γάλα για μια υγιή ανάπτυξη*, που αναπτύχθηκε από τους Ολλανδούς εταίρους. Οι προαναφερθείσες ενότητες είχαν αναπτυχθεί στο πλαίσιο του προγράμματος IRRESISTIBLE βάσει των ακόλουθων κοινών προδιαγραφών:

- να εγείρουν ζητήματα υπεύθυνης έρευνας και καινοτομίας μέσα από αντικείμενα σύγχρονης έρευνας αιχμής,
- να προάγουν τη διερευνητική μάθηση βασιζόμενες στο μοντέλο των 5E (Bybee 2006) με την επιπρόσθετη φάση της ανταλλαγής (exchange) των γνώσεων των μαθητών μέσω εκθεμάτων,
- να αξιοποιούν εργαλεία web2.0 και
- να εμπλέκουν τους μαθητές στην ανάπτυξη διαδραστικών επιστημονικών εκθεμάτων.

Ωστόσο η κάθε ενότητα παρουσίαζε τα δικά της χαρακτηριστικά, εκφράζοντας μια διαφορετική προσέγγιση απέναντι στην ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού και στο πώς αυτό είχε μπολιαστεί με τις διαστάσεις της ΥΕΚ (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Μέσα προσέγγισης επιστημονικού περιεχομένου και ΥΕΚ ανά ενότητα

	Νανοτεχνολογία	**Πλαστικά στους Ωκεανούς**	**Μητρικό Γάλα**
Βαθμίδα που εφαρμόστηκε	Δημοτικό, Γυμνάσιο, Λύκειο	Γυμνάσιο	Λύκειο
Προσέγγιση επιστημονικού περιεχομένου	Πρακτικές δραστηριότητες	Κάρτες κειμένου / διαγράμματα ροής Παιχνίδια ρόλων Μικρές έρευνες	Ερωτήσεις εμπέδωσης
Προσέγγιση ΥΕΚ	Άρθρα ΜΜΕ Αλληλεπίδραση με ερευνητικά κέντρα	Άρθρα ΜΜΕ Νομικά κείμενα Διάλογος - επιχειρηματολογία	Debate / Παιχνίδι ρόλων

Οι 32 εκπαιδευτικοί της δεύτερης φάσης προέρχονταν από την πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, από περιοχές της Αθήνας, του Ηρακλείου και του Ρεθύμνου και αντιπροσώπευαν ένα μεγάλο εύρος σχολείων.

Η επιμόρφωση ξεκίνησε με μια εναρκτήρια ολομέλεια στη διάρκεια της οποίας παρουσιάστηκαν οι βασικές αρχές του προγράμματος αλλά και τα κύρια σημεία των τριών διδακτικών ενοτήτων. Βάσει των παρουσιάσεων αυτών οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να επιλέξουν ποια ενότητα επιθυμούσαν να υλοποιήσουν στην τάξη τους. Στη συνέχεια, και για τους επόμενους 5 μήνες, πραγματοποιήθηκαν 6-8 συναντήσεις (δια ζώσης ή/και μέσω τηλεδιασκέψεων) των κοινοτήτων μάθησης. Η πορεία διεξαγωγής των συναντήσεων αυτών είχε ως εξής:

- Στην πρώτη συνάντηση συζητήθηκαν οι ανάγκες και οι προσδοκίες των εκπαιδευτικών από την εμπλοκή τους στο πρόγραμμα.
- Στις επόμενες 2-3 συναντήσεις, που διεξήχθησαν πριν την εφαρμογή στην τάξη μελετήθηκε σε βάθος το υλικό των ενοτήτων από πλευράς επιστημονικού περιεχομένου, διδακτικής αξιοποίησης (βάσει της διερευνητικής μάθησης) και ανάδειξης πτυχών της ΥΕΚ.
- Στις τελευταίες συναντήσεις, που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής των ενοτήτων στις τάξεις, οι μέντορες παρείχαν την υποστήριξή τους στους εκπαιδευτικούς συζητώντας μαζί τους τις δυσκολίες που ανέκυπταν, βοηθώντας τους στην προσαρμογή των ενοτήτων στις ανάγκες των μαθητών τους, διευκολύνοντάς τους με την εξεύρεση υλικών και συμβουλεύοντάς τους επί της διαχείρισης συγκεκριμένων δραστηριοτήτων.
- Προς το τέλος της εφαρμογής των ενοτήτων, πραγματοποιήθηκε μια ημερίδα για τους εκπαιδευτικούς ώστε να μπορέσουν να υποστηρίξουν τους μαθητές τους κατά την διαδικασία ανάπτυξης διαδραστικών εκθεμάτων.
- Μετά και την ολοκλήρωση της παρουσίασης των εκθεμάτων από τους μαθητές, πραγματοποιήθηκαν μία καταληκτική ολομέλεια όπου οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν τις εμπειρίες τους από το πρόγραμμα εστιάζοντας στη συνεργασία τους με τα μέλη των κοινοτήτων μάθησης, στις δυσκολίες που αντιμετώπισαν και στον τρόπο που η επιμόρφωση παρώθησε την προσωπική και επαγγελματική τους εξέλιξη.

Στην προσπάθεια διερεύνησης της λειτουργίας των κοινοτήτων μάθησης, πραγματοποιήθηκε μια πολυδιάστατη συλλογή δεδομένων. Ειδικότερα δεδομένα αντλήθηκαν μέσω:

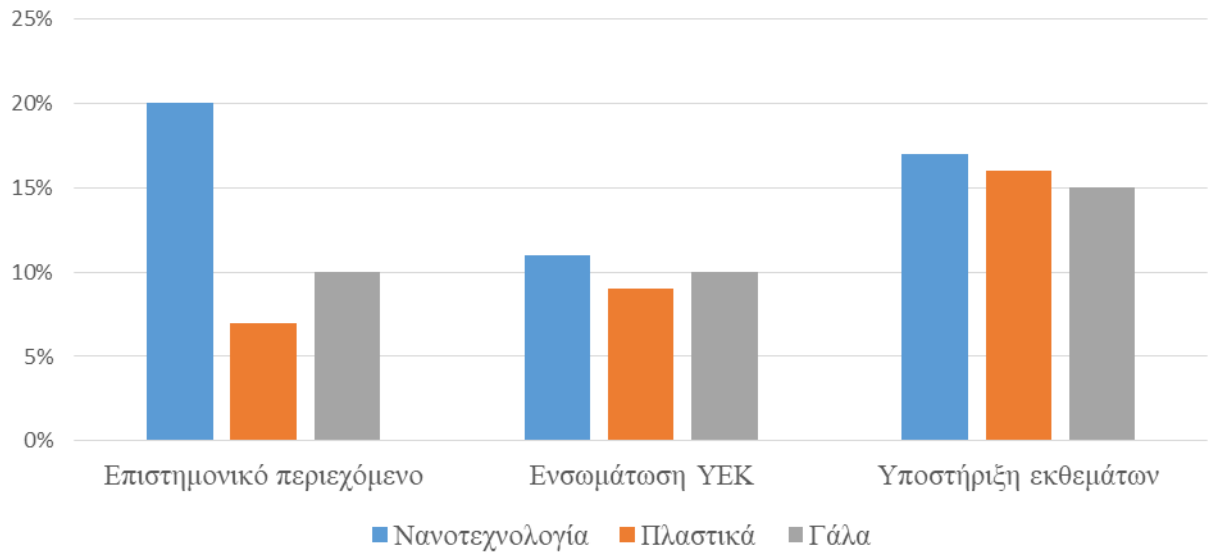
- μαγνητοφωνήσεων των συναντήσεων των κοινοτήτων μάθησης και των ολομελειών με τις οποίες κατεγράφη η αλληλεπίδραση των εκπαιδευτικών με τους μέντορές τους και τα υπόλοιπα μέλη της κοινότητας μάθησης.
- ενός ερωτηματολογίου που συμπληρώθηκε πριν την έναρξη λειτουργίας των κοινοτήτων μάθησης, επικεντρωμένου στις ανάγκες και τις προσδοκίες των εκπαιδευτικών,
- ενός ερωτηματολογίου που συμπληρώθηκε μετά την εφαρμογή των ενοτήτων σχετικά με τις προσαρμογές που πραγματοποίησαν οι εκπαιδευτικοί στις ενότητες που εφάρμοσαν,
- των φύλλων εργασίας που χρησιμοποίησαν και
- των απολογιστικών παρουσιάσεων των εκπαιδευτικών

Λόγω της διερευνητικής φύσης της εργασίας, για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιούνται ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Mayring 2015). Συγκεκριμένα, αρχικά έγινε απομαγνητοφώνηση των συναντήσεων των μεντόρων με τους εκπαιδευόμενους από τις οποίες καταγράφηκαν, κατηγοριοποιήθηκαν και καταμετρήθηκαν αντίστοιχα οι ανάγκες των εκπαιδευτικών, οι παρεμβάσεις των μεντόρων και οι τροποποιήσεις που πραγματοποίησαν στο υλικό, σε συνδυασμό με τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση των φύλλων εργασίας που χρησιμοποίησαν και τις απολογιστικές τους παρουσιάσεις.

3. Αποτελέσματα

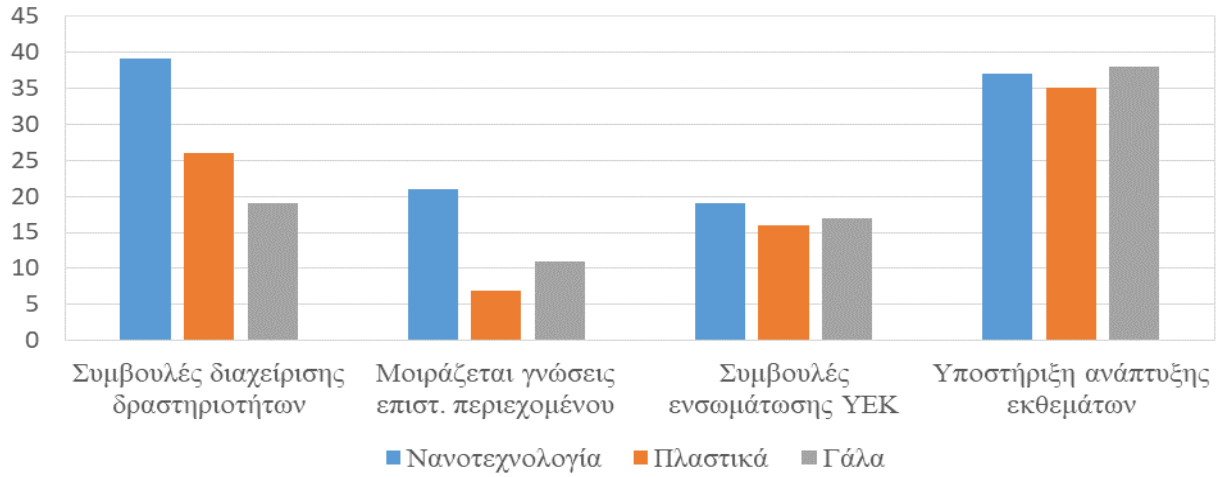
Οι μέντορες καθ' όλη τη διάρκεια του προγράμματος υποστήριξαν με ποικίλα μέσα τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς για να καλύψουν τις ανάγκες που ανέκυπταν. Από την ανάλυση των μαγνητοφωνήσεων των συναντήσεων των κοινοτήτων μάθησης προέκυψε ότι οι ανάγκες των εκπαιδευτικών εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ενότητας που οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να εφαρμόσουν στις τάξεις τους.

Γράφημα 1: Ανάγκες εκπαιδευτικών ανά ενότητα



Συγκεκριμένα από το Γράφημα 1 προκύπτει πως στην ενότητα της νανοτεχνολογίας, λόγω και του εξαιρετικά σύγχρονου αντικειμένου, η ανάγκη των εκπαιδευτικών για υποστήριξη επί του επιστημονικού αντικειμένου ήταν ιδιαίτερα υψηλή έναντι των άλλων δύο ενοτήτων.
Οι ανάγκες τους όμως τόσο σχετικά με την ενσωμάτωση πτυχών της ΥΕΚ στη διδασκαλία τους όσο και με την υποστήριξη των μαθητών τους στην ανάπτυξη εκθεμάτων δεν παρουσιάζουν διακύμανση ανάλογα με τη διδακτική ενότητα, υφίστανται δηλαδή ανεξαρτήτως του αντικειμένου.
Για την κάλυψη των αναγκών των εκπαιδευτικών οι μέντορες υιοθέτησαν μια ευρεία γκάμα παρεμβάσεων οι κυριότερες από τις οποίες αφορούν συμβουλές για τη διαχείριση δραστηριοτήτων και τον διαμοιρασμό γνώσεων επιστημονικού περιεχομένου.

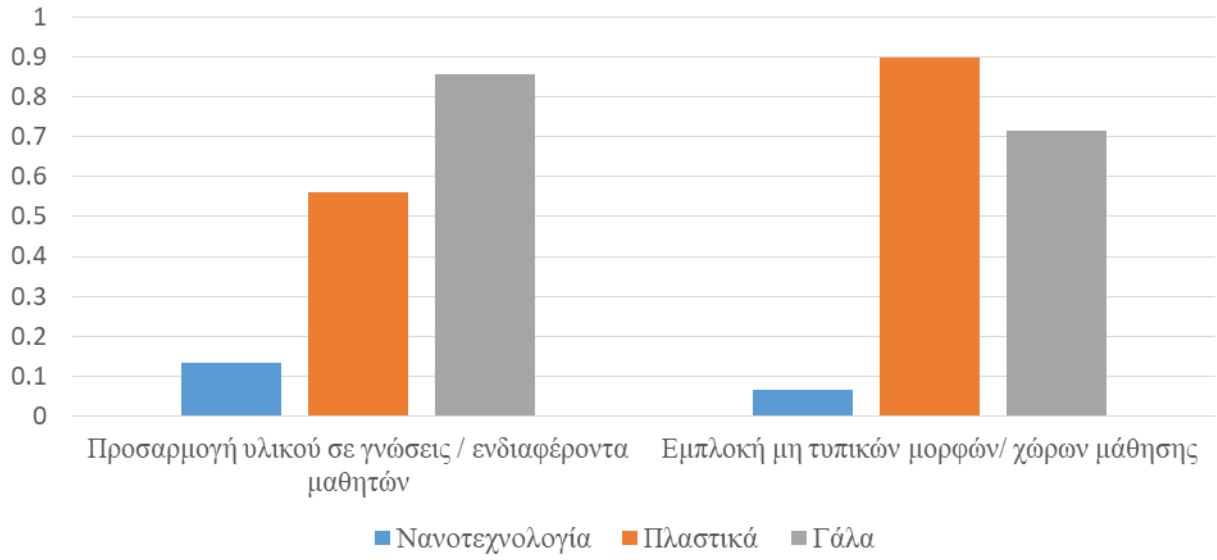
Γράφημα 2: Είδη παρεμβάσεων μεντόρων ανά ενότητα



Όπως φαίνεται και στο Γράφημα 2, το πλήθος των παρεμβάσεων είναι πολύ μεγαλύτερο στην ενότητα της νανοτεχνολογίας την οποία οι ίδιοι είχαν αναπτύξει και εφαρμόσει κατά την προηγούμενη φάση του προγράμματος. Αντίθετα, πιο ομοιόμορφος είναι ο τρόπος που υποστηρίζουν τους εκπαιδευτικούς στην ενσωμάτωση πτυχών της ΥΕΚ στη διδασκαλία τους και στην ανάπτυξη των εκθεμάτων, ανεξαρτήτως της ενότητας.

Ως αποτέλεσμα της προηγούμενης διαδικασίας, οι εκπαιδευτικοί προχώρησαν σε πλήθος τροποποιήσεων στις ενότητες, που διακρίνονται σε δύο βασικές κατηγορίες: στην προσαρμογή του υλικού στις γνώσεις και τα ενδιαφέροντα των μαθητών (στην οποία έχουν ενταχθεί τροποποιήσεις υπαρχουσών δραστηριοτήτων και η δημιουργία νέων) και στην εμπλοκή μη τυπικών μορφών και χώρων μάθησης στη διδασκαλία.

Γράφημα 3: Βασικότερες τροποποιήσεις που έκαναν οι εκπαιδευτικοί ανά ενότητα



Από το Γράφημα 3 γίνεται εμφανές ότι οι τροποποιήσεις της ενότητας της νανοτεχνολογίας ήταν λιγοστές έναντι αυτών των άλλων ενοτήτων. Σχετικά με την εμπλοκή μη τυπικών χώρων μάθησης, η παρατηρούμενη τάση αξιοποίησής τους και στις ενότητες του γάλακτος και των πλαστικών (που δεν περιλάμβαναν μια τέτοια προσέγγιση) μπορεί να αποδοθεί στην εκτεταμένη επίδραση της εμπειρίας των μεντόρων από την εφαρμογή της ενότητας της νανοτεχνολογίας που αξιοποιούσε την αλληλεπίδραση των μαθητών με μη τυπικούς χώρους μάθησης.

4. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι από τα αποτελέσματά μας διαφαίνεται μια αυξημένη ανάγκη υποστήριξης των εκπαιδευτικών σε επίπεδο επιστημονικού περιεχομένου σε ό,τι αφορά στα γνωστικά αντικείμενα σύγχρονης έρευνας.
Επίσης φαίνεται πως η εμπειρία των μεντόρων από την ανάπτυξη και την εφαρμογή της ενότητας της νανοτεχνολογίας στην προηγούμενη φάση είχε καθοριστικό αντίκτυπο στην

επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και στην διαμόρφωση των τελικών ενοτήτων που εφαρμόστηκαν στη δεύτερη φάση. Η βαθιά γνώση τόσο του αντικειμένου όσο και διδακτικών στρατηγικών και του ίδιου του υλικού της νανοτεχνολογίας από πλευράς των μεντόρων, δεν δημιούργησε στους εκπαιδευτικούς την αναγκαιότητα να προχωρήσουν σε τροποποιήσεις όπως στις άλλες δύο ενότητες.
Τέλος, οι εκπαιδευτικοί φαίνεται πως κατάφεραν να εντάξουν επιτυχώς στη διδασκαλία τους κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα σε όλα αντικείμενα, ενώ η εμπειρία της προηγούμενης φάσης με την αλληλεπίδραση των μαθητών με τα ερευνητικά κέντρα ήταν τόσο ισχυρή που τους ώθησε να αξιοποιήσουν πάλι την εμπλοκή των μη τυπικών χώρων μάθησης ακόμα και ενώ αυτή δεν προβλεπόταν από τις άλλες ενότητες.

5. Βιβλιογραφία

Akerson, V. L., Cullen, T. A. & Hanson, D. L. (2009). Fostering a community of practice through a professional development program to improve elementary teachers' views of nature of science and teaching practice. *Journal of research in Science Teaching*, 46(10), 1090-1113.

Angell, C., Guttersrud, Ø, Henriksen, E. K. & Isnes A. (2004). Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science Education*, 88, 673-706

Awaya, A., McEwan, H., Heyler, D., Linsky, S., Lum, D. & Wakukawa, P. (2003). Mentoring as a journey. *Teaching and Teacher Education*, 19(1), 45-56.

Bianchini, J. A., Johnston, C. C., Oram, S. Y. & Cavazos, L. M. (2003). Learning to teach science in contemporary and equitable ways: The successes and struggles of first-year science teachers. *Science Education*, 87, 419-443.

Blonder, R., Zemler, E. & Rosenfeld, S. (2016). The story of lead: a context for learning about responsible research and innovation (RRI) in the chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1145-1155.

Borko, H. (2004). Professional development and teacher learning: Mapping the terrain. *Educational researcher*, 33(8), 3-15.

Forbes, C. T. & Davis, E. A. (2008). Exploring preservice elementary teachers' critique and adaptation of science curriculum materials in respect to socioscientific issues. *Science & Education*, *17*(8), 829-854.

Hofstein, A., Eilks, I. & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education—A pedagogical justification and the state-of-the-art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(6), 1459-1483.

Inman, S. (2011). Developing communities of learners. *Curriculum Journal*, 22(4), 469-483.

Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1201-1224.

Maaß, K. & Doorman, M. (2013). A model for a widespread implementation of inquiry-based learning. *ZDM-International Journal on Mathematics Education*, 45(6), 887-899.

Mayring, P. (2015). Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. In *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (pp. 365-380). Springer Netherlands.

Melville, W. & Bartley, A. (2010). Mentoring and community: Inquiry as stance and science as inquiry. *International Journal of Science Education*, *32*(6), 807-828.

Osborne, J. & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: The Nuffield Foundation.

Ratcliffe, M. & Grace, M. (2003). *Science education and citizenship: Teaching socio- scientific issues*. Buckingham, UK: Open University Press.

Stoll, L., Bolam, R., McMahon, A., Wallace, M. & Thomas, S. (2006). Professional learning communities: A review of the literature. *Journal of educational change*, 7(4), 221-258.

Sutcliffe, H. (2011), *A report on responsible research and innovation*. Brussels: Matter. Ανακτήθηκε στις 21/6/2016 από http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/rri-reporthilary-sutcliffe_en.pdf.

Van Driel, J. H., Meirink, J. A., Van Veen, K. & Zwart, R. C. (2012). Current trends and missing links in studies on teacher professional development in science education: a review of design features and quality of research. *Studies in science education*, 48(2), 129-160.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ STEAM ΣΕ ΜΙΑ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗ ΠΡΟΟΠΤΙΚΗ

Οργανώτρια: Κατερίνα Πλακίτση

ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Συζητητής: Κωνσταντίνος Ραβάνης

ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών

Το Συμπόσιο αποσκοπεί να αναδείξει πτυχές της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες, την τεχνολογία, τη μηχανική, τις τέχνες και τα μαθηματικά, ως ενός ολοκληρωμένου συνόλου που μπορεί να συμβάλει στην αειφορία. Ο συνδετικός κρίκος των εργασιών που παρουσιάζονται, είναι η διαχείριση των εργαλείων έρευνας και εκπαίδευσης υπό το πρίσμα της κοινωνικοπολιτισμικής θεωρίας (Engeström 1993, Plakitsi et al 2013). Ουσιαστικά προτείνεται μια διαδρομή από τον πολιτισμό προς την οικοδόμηση της γνώσης (culture to structure). Υποστηρίζεται μια αβίαστη προσέγγιση της μάθησης ως μιας φυσικής και λογικής διαδικασίας κοινωνικά προσδιορισμένης.

Το Συμπόσιο ανοίγει με μια ανασκόπηση των όψεων του περιβαλλοντικού γραμματισμού και των σύγχρονων απόψεων για την εκπαίδευση προς την αειφορία.

Ακολουθεί ένα ζεύγος εργασιών για τις μικρές ηλικίες, όπου στην πρώτη κυριαρχεί το κινούμενο σχέδιο, ένα καθημερινό πολιτισμικό στοιχείο της ζωής των μικρών παιδιών, που λειτουργεί ως ισχυρό διαμεσολαβητικό εργαλείο για μάθηση STEAM με αβίαστο και αυθεντικό τρόπο. Στην εργασία, το κινούμενο σχέδιο κατασκευάζεται από την ίδια νηπιαγωγό ερευνήτρια μέσω του προγράμματος scratch. Στη συνέχεα, αυξάνει κατακόρυφα τη συμμετοχή των μικρών παιδιών στη μάθηση στις φυσικές επιστήμες για τη ζωή, με τα ίδια τα παιδιά να το μετασχηματίζουν και να «προγραμματίζουν» νέες καταστάσεις μάθησης του ενδιαφέροντός τους. Καλές πρακτικές με δραστηριότητες STEAM για μικρές ηλικίες αντιπροσωπεύονται από τη δεύτερη εργασία. Αποτελούν καλό παράδειγμα εφαρμογής ενός εμπλουτισμένου προγράμματος σπουδών, που ενσωματώνει και όψεις της φύσης των φυσικών επιστημών και οδηγούν σε ένα πολυβραβευμένο αειφόρο Νηπιαγωγείο.

Στη συνέχεια, μεταβαίνουμε στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών σε περιβάλλον moodle για τις φυσικές επιστήμες προς τους στόχους της αειφορίας. Εδώ, η δράση του moderator και η ίδια η πλατφόρμα moodle διαμεσολαβεί στις αλληλεπιδράσεις των εκπαιδευτικών, καθώς προβληματίζονται γύρω από ένα διδακτικό αντικείμενο, σε έναν κοινό ακαδημαϊκό χώρο, διερευνούν, οργανώνουν συνεργατικά οι ίδιοι τις πρακτικές που θα εφαρμόσουν στις σχολικές αίθουσες και τις εφαρμόζουν. Το όλο εγχείρημα ολοκληρώνεται με την ανάδειξη του ενδιαφέροντος για μια νέα διερεύνηση στο πλαίσιο αρθρωτών εξελισσόμενων επεκτατικών κύκλων μάθησης. Τα προηγούμενα αποτυπώνονται σε δύο συστηματικές έρευνες, η μία σε θέματα της έμβιας ύλης και η δεύτερη στη φύση των φυσικών επιστημών, που επικυρώνουν τις σύγχρονες προοπτικές στην εκπαίδευση και επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών.

Υπό το πρίσμα της θεωρίας της δραστηριότητας (www.iscar.org), η εκπαίδευση STEAM μπορεί να ερμηνευτεί ως αλληλεπιδραστικές πρακτικές με στόχους κοινωνικά προσδιορισμένους και με τη διαμεσολάβηση πολιτισμικών εργαλείων, ακολουθώντας κανόνες. Στο συμπόσιο, συζητούνται εκτενώς τα εργαλεία και οι κανόνες, καθώς αυτοί τίθενται από τους ίδιους τους εκπαιδευόμενους, μειώνοντας ταυτόχρονα την ιεραρχία, ώστε τα μαθησιακά αποτελέσματα να μετασχηματίζουν τελικά την ίδια την κοινότητα.

Εργασίες:

1. Κολοκούρη, Ε., Πλακίτση, Κ. "Το κινούμενο σχέδιο στις Φυσικές Επιστήμες: μία πρόταση διδασκαλίας στις μικρές ηλικίες".

2. Νάννη, Ε., Πλακίτση, Κ. "Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και εξ αποστάσεως εκπαίδευση σε θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών".

3. Πήλιουρας, Π., Κολιός, Ν., Σταμούλης, Ε., Τσαγλιώτης, Ν., Πλακίτση, Κ., Σέρογλου, Φ. "Ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών για τη Φύση των Φυσικών Επιστημών βασισμένο στην πλατφόρμα Moodle".

4. Γκουλγκούτη, Α. Πλακίτση, Κ. "Περιβαλλοντικός Γραμματισμός: Σύγχρονες έρευνες και πρακτικές".

5. Τοπολιάτη, Μ. "Γεφυρώνοντας τις Φυσικές Επιστήμες, τις Νέες Τεχνολογίες και την Κοινωνία στο Αειφόρο Νηπιαγωγείο".

ΤΟ ΚΙΝΟΥΜΕΝΟ ΣΧΕΔΙΟ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΣΤΙΣ ΜΙΚΡΕΣ ΗΛΙΚΙΕΣ

Ελένη Κολοκούρη, Κατερίνα Πλακίτση

ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα αποτελεί μέρος της ευρύτερης μελέτης: Activity Theory in Formal and Informal Science Education (ATFISE project), η οποία έχει ως στόχο τη μεταφορά της καινοτομίας και την εφαρμογή της θεωρίας της Δραστηριότητας στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Στο πλαίσιο αυτό αναπτύχθηκε ένα πρόγραμμα δραστηριοτήτων Φυσικών Επιστημών για το Νηπιαγωγείο με το εκπαιδευτικό λογισμικό δημιουργίας και εφαρμογής κινουμένων σχεδίων scratch. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων μας δείχνει ότι η διδακτική αξιοποίηση των κινουμένων σχεδίων συμβάλλει στην προσέγγιση εννοιών των Φυσικών Επιστημών καθώς και στην ενίσχυση και αναδιαμόρφωση του μαθησιακού πλαισίου.

Abstract

This paper is part of the research study: Activity Theory in Formal and Informal Science Education (ATFISE project), which focuses on the connection of Cultural Historical Activity Theory (CHAT) with Science Education in the early years. Within this frame, an Innovative Science Curriculum was developed in order to introduce teaching scientific concepts by creating an animation in the program scratch. The practical application and the analysis of the results of this study has shown that the use of cartoons connected with pupils' interest engage them in exploring a variety of scientific concepts.

1. Εισαγωγή

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιείται η θεωρία της Δραστηριότητας ως θεωρητικό πλαίσιο σχεδιασμού και ανάλυσης δραστηριοτήτων στις μικρές ηλικίες. Η θεωρία της Δραστηριότητας, μια κατεξοχήν κοινωνικοπολιτισμική θεωρία, προσφέρει ένα ευρύ πεδίο σχεδιασμού και εφαρμογής για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η βασική μονάδα ανάλυσης είναι η ίδια η δραστηριότητα (activity) στην οποία οι κεντρικοί ρόλοι είναι η συνεργασία και η γλώσσα ως εργαλείου που συμβάλλει στη διαμόρφωση της ταυτότητας του ατόμου (Leontiev 1978, Nardi 1996, Vygotsky 1981). Σύμφωνα με τη θεωρία της Δραστηριότητας, οι ανθρώπινες δραστηριότητες πραγματοποιούνται, εξελίσσονται και συνεπώς εντάσσονται σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο ιστορικό, κοινωνικό και πολιτισμικό εκτός του οποίου είναι αδύνατο να γίνουν κατανοητές. Η μάθηση, η γνώση και η εξειδίκευση διανέμονται ουσιαστικά μέσα από τη συμμετοχή των ατόμων στην κοινότητα. Ένα σύστημα δραστηριότητας μελετά το ενδοπροσωπικό, το διαπροσωπικό επίπεδο και την ευρύτερη κοινότητα (Engeström 1987, Leontiev 1981). Η θεωρία της Δραστηριότητας συμβάλλει σημαντικά στη μελέτη ανάπτυξης των συστημάτων δραστηριοτήτων που εξελίσσονται

ιστορικά στο χρόνο μέσα από συνεργατικές διαδικασίες και είναι από τη φύση τους καινοτόμα.

Στο πλαίσιο της έρευνας διαμορφώθηκε ένα πρόγραμμα διδασκαλίας το οποίο περιλαμβάνει μια σειρά δραστηριοτήτων για το φως, τις σκιές και τα χρώματα και την κατασκευή μιας πολυμεσικής εφαρμογής (animation) με το εκπαιδευτικό λογισμικό δημιουργίας και εφαρμογής κινουμένων σχεδίων scratch. Το κινούμενο σχέδιο χρησιμοποιήθηκε ως βασικό διαμεσολαβητικό εργαλείο του εκπαιδευτικού προγράμματος μέσα από το οποίο δίνεται η ευκαιρία στους μαθητές να έχουν ενεργό ρόλο στη μάθηση, να αλληλεπιδρούν σε επίπεδο ομάδας και να εξελίσσουν τον τρόπο σκέψης τους. Εκτενείς έρευνες υποστηρίζουν ότι η χρήση των κινουμένων σχεδίων στις πρώτες βαθμίδες εκπαίδευσης διευκολύνει και ενισχύει τη μαθησιακή διαδικασία των Φυσικών Επιστημών (Bongco 2000, Chin & Teou 2008, Horn 1980, Naylor & Keogh 2010, κ.α.). Τα κινούμενα σχέδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά ως μέθοδος διδασκαλίας έπειτα από τον κατάλληλο διδακτικό μετασχηματισμό για να παρέχουν πληροφορίες, υλικό και δραστηριότητες σχετικά με το συγκεκριμένο κάθε φορά διδακτικό αντικείμενο. Από την πλευρά των εκπαιδευτικών τα κινούμενα σχέδια φαίνεται ότι προσφέρουν ένα ευρύ πεδίο μελέτης, πρακτικής εφαρμογής αλλά και έρευνας καθώς δίνεται η ευκαιρία να αποκτήσουν πρόσβαση στο πώς τα παιδιά ερμηνεύουν τα φυσικά φαινόμενα και να ενισχύσουν την ενασχόληση με τις Φυσικές Επιστήμες χρησιμοποιώντας ένα εργαλείο που προσφέρει ποικίλες ευκαιρίες για μάθηση και σύνδεση με την καθημερινή ζωή των παιδιών.

Η γλώσσα προγραμματισμού scratch δημιουργήθηκε από την Lifelong Kindergarten Group της MIT Media Lab. Το scratch (http://www.dwrean.net/2012/11/scratch-14.html) διατίθεται δωρεάν για διαφορετικά λειτουργικά συστήματα (Windows, Linux) και δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας πρωτότυπου εκπαιδευτικού ψηφιακού υλικού όπως διαδραστικές ιστορίες, ψυχαγωγικά παιχνίδια και άλλες δραστηριότητες οι οποίες μπορούν να αναρτηθούν στο διαδίκτυο και να κοινοποιηθούν σε άλλα άτομα στη διαδικτυακή κοινότητα (Monroy-Hernadez & Resnick 2008). Στο περιβάλλον προγραμματισμού του scratch τα προγράμματα δημιουργούνται στην κεντρική οθόνη της εφαρμογής η οποία μοιάζει με σκηνή θεάτρου. Εκεί ο προγραμματιστής δημιουργεί αντικείμενα (πρόσωπα και σκηνικά) επιλέγοντας αποθηκευμένες εικόνες από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή του, από τη συλλογή που υπάρχει μέσα στο πρόγραμμα ή ζωγραφίζει τις δικές του εικόνες. Η γλώσσα προγραμματισμού του scratch αποτελείται από δομικά στοιχεία τα οποία ορίζουν τις εντολές για τις ενέργειες ενός αντικειμένου. Το πρόγραμμα μπορεί να σχεδιαστεί σαν ένα παζλ, με αποσπώμενα κομμάτια, ενώ οι εντολές αφορούν στην κίνηση, τις όψεις των αντικειμένων, τον ήχο, τους αριθμούς και τις μεταβλητές κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της εφαρμογής.

2. Μεθοδολογία

Η μελέτη του θεωρητικού πλαισίου των κοινωνικοπολιτισμικών θεωριών με έμφαση στη θεωρία της Δραστηριότητας (Engeström 2005, Plakitsi 2013, Roth et al 2013), η κριτική θεώρηση των Αναλυτικών Προγραμμάτων των Φυσικών Επιστημών, καθώς επίσης και του τρόπου με τον οποίο αυτά συνδέονται με τις υπάρχουσες θεωρήσεις στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών οδήγησε στη διαμόρφωση ενός προγράμματος διδασκαλίας στο οποίο θεωρία και πράξη αποτελούν μία ενότητα. Σκοπός του προγράμματος είναι να διερευνηθεί αν τα κινούμενα σχέδια βοηθούν τους μαθητές να αποκτήσουν μαθησιακές εμπειρίες σχετικά με έννοιες των Φυσικών Επιστημών όπως το φως, τα χρώματα και οι σκιές. Σε δεύτερο επίπεδο, να εντοπιστούν οι διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου οι οποίες καλλιεργούνται οι αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται κατά τη διδασκαλία καθώς και ο τρόπος με τον οποίο

τα παιδιά αξιοποιούν τα εργαλεία που τίθενται στη διάθεσή τους κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων.
Στο πρόγραμμα δίνεται έμφαση κυρίως στην ανάπτυξη εννοιολογικών εργαλείων με σκοπό την κατανόηση του διαλόγου και των δικτύων αλληλεπιδρώντων συστημάτων και στη διδασκαλία εννοιών των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση κινουμένων σχεδίων. Στο πλαίσιο αυτό, αναπτύχθηκε ένα διδακτικό σενάριο με μία σειρά δραστηριοτήτων μέσα από τις οποίες προσεγγίζονται οι έννοιες φως, χρώματα και σκιές. Το διδακτικό σενάριο σχεδιάστηκε με βάση τις αρχές της θεωρίας της Δραστηριότητας, τεχνικές του εκπαιδευτικού δράματος, βασικές αρχές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, και το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για το Νηπιαγωγείο (2011). Οι δραστηριότητες του διδακτικού σεναρίου υλοποιούνται μέσα από μια διαδικασία αλληλεπιδράσεων, συνδέονται με το κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο των μαθητών και δίνουν αφορμή για σχεδιασμό νέου υλικού για το Νηπιαγωγείο. Ακολούθησε η κατασκευή μιας πολυμεσικής εφαρμογής, animation με το εκπαιδευτικό λογισμικό δημιουργίας και εφαρμογής κινουμένων σχεδίων scratch (στο http://scratch.mit.edu/). Για την παρούσα έρευνα δημιουργήθηκε μία εφαρμογή που βασίστηκε στην ιστορία 'Χρώματα από το παρελθόν' η συγγραφή της οποίας έγινε από τον εκπαιδευτικό ερευνητή. Πιο συγκεκριμένα για τις ανάγκες της εφαρμογής δημιουργήθηκαν 34 εικόνες-υπόβαθρα και 7 αντικείμενα-μορφές και 39 αρχεία ήχου. Η πρακτική εφαρμογή του προγράμματος πραγματοποιήθηκε στα Ιωάννινα, σε 4 τάξεις Νηπιαγωγείων και είχε διάρκεια 10 εβδομάδες (Οκτώβριος-Δεκέμβριος 2012).

3. Αποτελέσματα

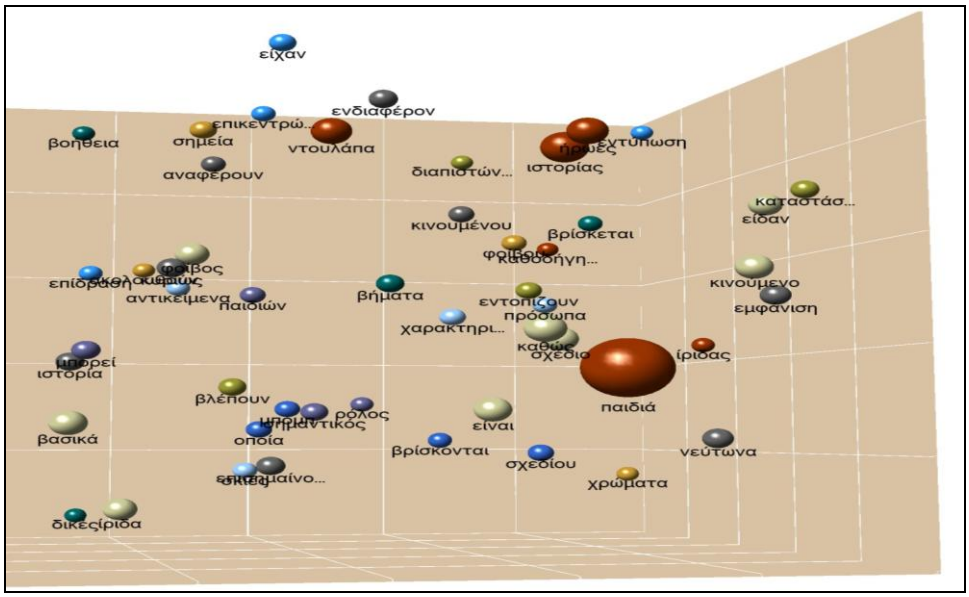
Για την επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων της παρούσας έρευνας επιλέχθηκε το λογισμικό ανάλυσης ποιοτικών δεδομένων QDA (Qualitative Data Analysis) nvivo 9. Το λογισμικό επεξεργασίας και ανάλυσης ποιοτικών δεδομένων nvivo 9 δημιουργήθηκε από την εταιρεία QSR International (http://www.qsrinternational.com/) και είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε ερευνητές που διαχειρίζονται πολλά σε όγκο, μορφή και πολυπλοκότητα ποιοτικά δεδομένα. Το υπολογιστικό του περιβάλλον προσφέρεται για την αποτελεσματική διαχείριση των δεδομένων του ερευνητή, τη δημιουργία κατηγοριών (nodes) για την κωδικοποίησή τους, την οργάνωση των δεδομένων (classifications) και τη δημιουργία χαρακτηριστικών (attributes), την αναζήτηση μέσα στα δεδομένα (queries) καθώς και τη δημιουργία μοντέλων (models). Το σύνολο των δεδομένων που αρχειοθετήθηκε σταδιακά και αναλύθηκε είναι: 146 αρχεία βίντεο τύπου AVCHD, 158 σχέδια παιδιών σε μορφή PDF και 154 φωτογραφίες σε μορφή JPEG.
Στα ποιοτικά αποτελέσματα παρουσιάζονται οι αναλύσεις από τα αποσπάσματα διαλόγων, τις φωτογραφίες από τις δραστηριότητες και τα σχέδια των μαθητών. Μέσα από τα δεδομένα αυτά αναδεικνύονται οι προηγούμενες εμπειρίες, η επίδραση του κινουμένου σχεδίου στην πορεία των δραστηριοτήτων, οι διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου, οι αλληλεπιδράσεις και τέλος οι παράγοντες από το τρίγωνο του Engeström που εμφανίζονται σε κάθε απόσπασμα διαλόγου. Η ποσοτική ανάλυση περιλαμβάνει τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων και αφορά κυρίως στην κατανομή των Διαδικασιών Επιστημονικής Μεθόδου. Στη συνέχεια παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα από τις δύο μεθόδους αναλύσεων:
Στο παρακάτω Word frequency query (Εικόνα 1) σχετικά με την επίδραση του κινουμένου σχεδίου στη διαδικασία μάθησης επιβεβαιώνεται από τη μεγάλη συχνότητα εμφάνισης της λέξης 'παιδιά' ο ενεργός ρόλος των μαθητών σε αυτή. Η πλοκή της ιστορίας του κινουμένου σχεδίου, οι πρωταγωνιστές, τα σημαντικά αντικείμενα που σηματοδοτούν την εξέλιξη αναδεικνύουν τη δυναμική της χρήσης του κινουμένου σχεδίου στην εκπαιδευτική διαδικασία. Αυτό διαφαίνεται από την εννοιολογική συσχέτιση των περισσότερο συχνά

εμφανιζόμενων λέξεων ‘παιδιά, ιστορία, ιστορίας, ήρωες, Φοίβο, Ίριδα, νουλάπα, κινούμενο, κινουμένου’.
Η εννοιολογική συσχέτιση των εννοιών αποτυπώνεται στο στερεοσκοπικό γράφημα ανάλυσης (Εικόνα 2) από την εγγύτητα των εννοιών οι οποίες δημιουργούν ομάδες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι συστάδες λέξεων ‘επίδραση, Φοίβος, παιδιών, αντικείμενα’, ‘εντοπίζουν, πρόσωπα, χαρακτηριστικά, σχέδιο, παιδιά’, ‘βλέπουν, σημαντικός ρόλος, επισημαίνουν, σκιές’.

Εικόνα 1: Word frequency query (ο ρόλος του κινουμένου σχεδίου)

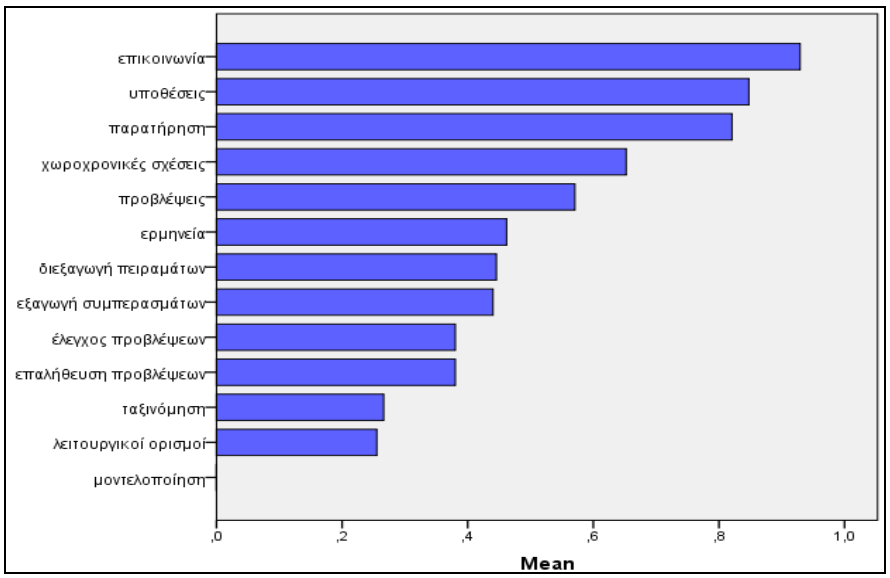
Οι έννοιες που εμφανίζονται με το ίδιο χρώμα σφαίρας και επομένως με την ίδια τάξη συχνότητας σηματοδοτούν τις ποικίλες επιδράσεις του κινουμένου σχεδίου στις δραστηριότητες της κοινότητας μάθησης.

Εικόνα 2: Τρισδιάστατο στερεοσκοπικό γράφημα ανάλυσης (από τις αναλύσεις διαλόγων)

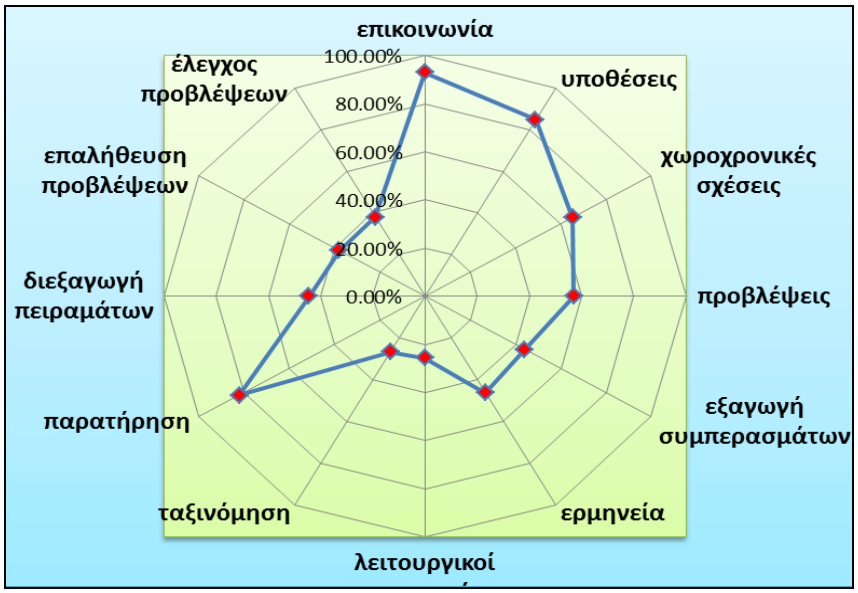


Στην Εικόνα 3 που ακολουθεί δίνεται ένα ραβδόγραμμα στο οποίο είναι στοιχισμένες οι Διαδικασίες Επιστημονικής Μεθόδου από την συχνότερη προς την λιγότερο συχνή. Από την εικόνα αυτή προκύπτει ότι οι συχνότερα εμφανιζόμενες διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου είναι η επικοινωνία, οι υποθέσεις και η παρατήρηση ενώ η λιγότερο συχνή είναι ταξινόμηση και οι λειτουργικοί ορισμοί. Η παραπάνω εικόνα συμπληρώνεται με την αραχνοειδή αναπαράσταση (spidergraph, radargraph) των παραπάνω τιμών εκφρασμένων στο διάστημα 0-100%, όπου μηδέν σημαίνει ότι η αναφερόμενη δεξιότητα δεν εκτιμήθηκε ότι αναπτύσσεται σε καμία περίπτωση ενώ αντίστοιχα 100 σημαίνει ότι η αναφερόμενη δεξιότητα αναπτύσσεται σε κάθε περίπτωση (Εικόνα 4). Από την αξιολόγηση της εικόνας αυτής προκύπτει επιπλέον το συμπέρασμα ότι δεν αναπτύσσονται όλες οι διαδικασίες επιστημονικής μεθόδου με τον ίδιο τρόπο.

Εικόνα 3: Οι Διαδικασίες Επιστημονικής Μεθόδου από την συχνότερη προς την λιγότερο συχνή



Εικόνα 4: Spidergraph των τιμών των Διαδικασιών Επιστημονικής Μεθόδου



4. Συμπεράσματα

Από τις αναλύσεις των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας διαπιστώθηκε ότι τα κινούμενα σχέδια μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο για τη διδασκαλία και μάθηση τόσο σε επίπεδο σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού όσο και στην πρακτική εφαρμογή στη σχολική τάξη. Το ενδιαφέρον των παιδιών για την πορεία του ήρωα κινουμένων σχεδίων ήταν πολύ μεγάλο και η συμβολή τους στην οργάνωση δράσεων για να τον βοηθήσουν ιδιαίτερα σημαντική. Η μαθησιακή διαδικασία επιτελέστηκε μέσα από τις πολλαπλές αλληλεπιδράσεις μέσα στην κοινότητα και υποστηρίχθηκε από τη χρήση πολιτισμικών εργαλείων (κινούμενα σχέδια, εκπαιδευτικό δράμα, παιγνίδια ρόλων) με προεκτάσεις και εφαρμογές στην καθημερινή ζωή των μαθητών. Επιπλέον, ο τρόπος αυτός μάθησης επιτελέστηκε σύμφωνα με τις τρεις παιδαγωγικές αρχές οι οποίες έχουν την προέλευσή τους στη θεωρία της Δραστηριότητας (Engeström , 2015):

1. Ο μετασχηματισμός ενισχύει την ποιότητα των αποτελεσμάτων καθώς και την περαιτέρω έκβαση αυτών.
2. Η μάθηση επιτυγχάνεται μέσα από τη δημιουργία και χρήση ισχυρών εννοιολογικών εργαλείων.
3. Η μάθηση περιλαμβάνει τη διάβαση των ορίων και την επέκταση σε πολυπολιτισμικά περιβάλλοντα και πεδία δράσης.

Μέσα από τις διδακτικές στρατηγικές του προγράμματος η επιστημονική γνώση προσεγγίζεται ως αποτέλεσμα κοινωνικών αλληλεπιδράσεων και διαμόρφωσης κανόνων από την κοινότητα μάθησης. Τα μέλη της κοινότητας μάθησης καθορίζουν τον καταμερισμό εργασίας και διαμορφώνουν τους κανόνες λειτουργίας του συστήματος δραστηριότητας. Στην πορεία προς τη γνώση, εμφανίζονται συνεχώς νέα δεδομένα τα οποία προκαλούν αλλαγές και δημιουργούν νέες καταστάσεις και ευκαιρίες για ανατροφοδότηση και αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού πλαισίου της μάθησης.

Η προσέγγιση και επεξεργασία των επιστημονικών εννοιών μέσα από έναν δημοφιλή χαρακτήρα κινουμένων σχεδίων συνέβαλλε στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών και της συμμετοχής σε όλες τις δραστηριότητες καθώς και στη σύνδεση με την προηγούμενη εμπειρία και γνώση. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ισχυρού αλληλεπιδραστικού δικτύου με σκοπό τη διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών με νόημα για τους μαθητές. Μέσω της χρήσης του κινουμένου σχεδίου οι μαθητές προσεγγίζουν το αντικείμενο-στόχο της κάθε δραστηριότητας και οδηγούνται στην προσέγγιση και κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφέρουμε την επίδραση των κινουμένων σχεδίων στην οργάνωση και εξέλιξη των πειραμάτων. Οι μαθητές εκδήλωσαν έντονο ενδιαφέρον να βοηθήσουν τους ήρωες των κινουμένων σχεδίων να επιλύσουν τους προβληματισμούς τους και μέσα από αυτή τη διαδικασία κατάφεραν και οι ίδιοι να προσεγγίσουν τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και να εμπλουτίσουν τις μαθησιακές τους εμπειρίες. Για την οργάνωση των πειραμάτων, οι μαθητές χρησιμοποίησαν τα κατάλληλα εργαλεία-υλικά, διαμόρφωσαν κανόνες σε σχέση με τη λειτουργία των ομάδων, πραγματοποίησαν τα πειράματα και τέλος διατύπωσαν τα συμπεράσματά τους.

Ο τρόπος εργασίας των μαθητών συνέβαλλε στην εξοικείωσή τους με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, την επιστημονική μεθοδολογία (παρατήρηση, διατύπωση υποθέσεων και πειραματικό έλεγχο, συγκέντρωση-αξιοποίηση πληροφοριών, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, εξαγωγή συμπερασμάτων) καθώς και με ερευνητικές διαδικασίες. Οι μαθητές απέκτησαν μαθησιακές εμπειρίες από τον κόσμο των Φυσικών Επιστημών ως μέρος του πολιτισμικού – ιστορικού και κοινωνικού τους πλαισίου και εργάστηκαν σύμφωνα με την επιστημονική μέθοδο.

5. Βιβλιογραφία

Νέα Προγράμματα σπουδών για το Νηπιαγωγείο (2011). Ανακτήθηκε 13 Οκτώβρη, 2015, από: http://digitalschool.minedu.gov.gr/info/newps/%CE%A0%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%87%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20-%20%CE%A0%CF%81%CF%8E%CF%84%CE%B7%20%CE%A3%CF%87%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%97%CE%BB%CE%B9%CE%BA%CE%AF%CE%B1/1%CE%BF%20%CE%9C%CE%AD%CF%81%CE%BF%CF%82.pdf

Bongco, M. (2000).Reading *Comics: Language, Culture and the Concept of the Superhero in Comic Books*. New York: Garland Publishing Inc.

Chin, C. & Teou L.Y. (2008). Using Concept Cartoons in Formative Assessment: Scaffolding students' argumentation. *International Journal of Science Education*, 1-26.

Engeström, Y. (1987). *Learning by expanding*. Helsinki: Orienta - Konsultit.

Engeström, Y. (2005). *Developmental work research: Expanding activity theory in practice*. Berlin: Lehmanns Media.

Engeström, Y. (2015). Expanding the Scope of Science Education: An Activity Theoretical Perspective. *In 11th Conference of the European Science Education Research Association, 31 August-4 September 2015*, Helsinki.

Horn, M. (1980). *The world encyclopedia of cartoons* (Vol. 1). New York: Chelsea House.

Leontiev, A.N. (1978). *Activity, consciousness and personality*. NJ: Prentice-Hall.

Leontiev, A.N. (1981). *Problems of the development of the mind.* Moscow: Progress.

Monroy-Hernadez, A. &Resnick, M. (2008). Empowering kids to create and share programmable media. *Interactions, 15*, 2, 50-53.

Nardi, B.A. (1996). Activity theory and human-computer interacton. In B. A. Nardi (Ed.), *Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction* (pp. 69-103). London: MIT Press.

Naylor, S. & Keogh, B. (2010). *Concept Cartoons in Science Education, 2nd Edition*. Sandbach: Millgate House.

Plakitsi, K. (2013). *Activity Theory in Formal and Informal Science Education*. The Netherlands: Sense Publishers.

Roth, W.-M., Goulart, M. I. M. & Plakitsi, K. (2013). *Science during early childhood: A Cultural-Historical Perspective.* Dordrecht, The Netherlands: Springer.

Vygotsky, L.S. (1981). The instrumental method in psychology. In J. Wertsch (Ed.), *The concept of activity in Soviet psychology*. Armonk, NY: Sharpe.

ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Ευτυχία Νάννη, Κατερίνα Πλακίτση

ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ένα σεμινάριο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών που υλοποιήθηκε από ερευνητές του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Πρόκειται για μια πρόταση επιμορφωτικού σεμιναρίου με τη μέθοδο της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης σε θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Το σεμινάριο πραγματοποιήθηκε μέσω της υπηρεσίας ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης (Moodle) του Πανεπιστημίου και διήρκησε συνολικά 5 εβδομάδες. Η θεματική του αφορούσε στη διδασκαλία εννοιών της έμβιας ύλης στο δημοτικό και αποσκοπούσε στην επιμόρφωση εν ενεργεία εκπαιδευτικών. Το διαδικτυακό σεμινάριο παρακολούθησαν 28 εκπαιδευτικοί από διάφορους νομούς της Ελλάδος, οι οποίοι κατά τη διάρκειά του συμμετείχαν σε ομαδικές εργασίες και διαδικτυακές συζητήσεις, εκπονούσαν ατομικές εργασίες ή μελετούσαν εκπαιδευτικό υλικό.

Abstract

In this paper we present a primary teacher training course, which was organized by researchers in the University of Ioannina. We designed and implemented a distance learning course for teacher training focusing on science education. The course offered through the University e-course platform (Moodle) and lasted almost five weeks. The main topic of the course was the living things and its main purpose was the development of helpful teaching materials, supporting tools and a teacher education curriculum for teaching living things in elementary schools. During the course, 28 in-service primary teachers interacted with each other, by participating in both group and individual works, by taking part in online discussions and by becoming involved in course decisions.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια είναι έκδηλο το ενδιαφέρον της παγκόσμιας εκπαιδευτικής κοινότητας για την ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται με την Επιστήμη, την Τεχνολογία, την Ενέργεια και τα Μαθηματικά (STEM), συγκαταλέγοντάς τες στις βασικές δεξιότητες του 21ου αιώνα (European Commission 2012, Next Generation Science Standards 2013, Organisation for Economic Co-operation and Development 2007). Συγχρόνως, η ατζέντα της Ευρωπαϊκής Ένωσης επισημαίνει ότι η διά βίου μάθηση θεωρείται θεμελιώδης αρχή στην οποία βασίζεται ολόκληρο το εκπαιδευτικό πλαίσιο, το οποίο έχει σχεδιασθεί ώστε να καλύπτει κάθε είδους μάθηση - τυπική, μη τυπική και άτυπη - σε όλα τα επίπεδα: από την προσχολική και την πρωτοβάθμια εκπαίδευση έως την τριτοβάθμια εκπαίδευση, την επαγγελματική εκπαίδευση και κατάρτιση και την εκπαίδευση των ενηλίκων.

Ο τομέας της εκπαίδευσης των ενηλίκων, που σχετίζεται άμεσα με την παρούσα μελέτη, αναπτύσσεται ραγδαία τα τελευταία χρόνια και στη χώρα μας, προκειμένου να εξυπηρετήσει

τις ανάγκες που ανακύπτουν από την αλματώδη ανάπτυξη των επιστημών και των τεχνολογιών. Στον τομέα αυτό εντάσσεται και η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, που στόχο έχει να ευαισθητοποιήσει τους εκπαιδευτικούς σχετικά με τις νέες εκπαιδευτικές ανάγκες και προκλήσεις του 21ου αιώνα. Η επιμόρφωση του εκπαιδευτικού αναγνωρίζεται ως αναπόσπαστο μέρος της επαγγελματικής τους ανάπτυξης, καθώς αποτελεί μια από τις σημαντικότερες συνιστώσες των διαχρονικών προσπαθειών για τη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας και συνδέεται με τον μετασχηματισμό του σε ενεργό και κριτικό συνδημιουργό του νέου εκπαιδευτικού περιβάλλοντος (Αναστασιάδης 2013).

Παράλληλα, κυρίως σε ό,τι αφορά την εκπαίδευση ενηλίκων γενικά, και ειδικότερα την εκπαίδευση των εκπαιδευτικών, η σύγχρονη κοινωνικοοικονομική πραγματικότητα έχει θέσει ως προϋπόθεση την υιοθέτηση νέων καινοτόμων μορφών εκπαίδευσης, όπως η εξ αποστάσεως εκπαίδευση. Σε αυτή την κατεύθυνση, η εξ αποστάσεως εκπαίδευση βρίσκεται στις μέρες μας στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος και ολοένα και περισσότεροι φορείς παροχής εκπαίδευσης ενηλίκων την υιοθετούν, σε μια προσπάθεια να προσφέρουν εκπαίδευση σε ένα ευρύτερο κοινό από αυτό που είναι δυνατόν να παρακολουθήσει εκπαιδευτικές δραστηριότητες με τις συμβατικές εκπαιδευτικές μεθόδους (Plakitsi 2013, Μουζάκης 2006). Ο όρος εξ αποστάσεως εκπαίδευση, στην πιο γενική του διάσταση, χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες κατά τις οποίες ο εκπαιδευόμενος βρίσκεται σε μια φυσική απόσταση από τον εκπαιδευτή του και χρησιμοποιεί κάποια μορφής τεχνολογία για να επικοινωνήσει μαζί του και να έχει πρόσβαση στο εκπαιδευτικό υλικό.

Ακολουθώντας τις σύγχρονες επιταγές της εκπαίδευσης, σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε ένα διαδικτυακό σεμινάριο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα σε θέματα που σχετίζονται με την ενότητα της έμβιας ύλης (Nanni & Plakitsi 2013).

Στο νέο πρόγραμμα σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες στην υποχρεωτική εκπαίδευση, το οποίο δομείται πάνω σε εννέα θεματικές ενότητες, τα θέματα διδασκαλίας της έμβιας ύλης περιλαμβάνονται στην ενότητα *Η ζωή γύρω μας*, η οποία απαντάται και διατρέχει όλες τις τάξεις του δημοτικού. Η έννοια της έμβιας ύλης αποτελεί το αντικείμενο μελέτης της βιολογικής επιστήμης, ως ένας κλάδος των φυσικών επιστημών που μελετά τη δομή και τη λειτουργία όλων των έμβιων οργανισμών. Η διδασκαλία εννοιών της έμβιας ύλης συμπεριλαμβάνεται στα περισσότερα προγράμματα σπουδών ως μια βασική γνώση, από την προσχολική ακόμη ηλικία. Παρόλα αυτά, πλήθος ερευνών έχουν δείξει ότι ακόμη και στο τέλος της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, ένα σημαντικό ποσοστό των μαθητών δεν αντιλαμβάνονται την έννοια της έμβιας ύλης, με τέτοιο τρόπο που να ανταποκρίνεται σε βιολογικούς όρους (Venville 2004).

Το εξ αποστάσεως σεμινάριο με θέμα *Διδασκαλία θεμάτων των Φυσικών Επιστημών-Οι ζωντανοί οργανισμοί* υλοποιήθηκε από ερευνητές του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και φιλοξενήθηκε από την υπηρεσία *ecourse* του Ιδρύματος που προσφέρει ολοκληρωμένες υπηρεσίες διεξαγωγής ηλεκτρονικών μαθημάτων. Πιο συγκεκριμένα, το σεμινάριο διεξήχθη μέσω της υπηρεσίας ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης (πλατφόρμα Moodle) και είχε διάρκεια 5 εβδομάδων (50 συνολικά ώρες). Δομήθηκε σε 6 ενότητες, η καθεμία από τις οποίες διήρκησε 5 ή 6 ημέρες:

Α' ενότητα. Εισαγωγή στην εξ αποστάσεως εκπαιδευτική μεθοδολογία και στο σεμινάριο. Περιλαμβάνει την εξοικείωση των εκπαιδευομένων με την πλατφόρμα και τη γνωριμία μεταξύ τους

Β' ενότητα. Ο εκπαιδευτικός ως οργανωτής κοινωνικών αλληλεπιδράσεων. Συζητήθηκε και μελετήθηκε ο ρόλος του εκπαιδευτικού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Οι εκπαιδευόμενοι εργάστηκαν σε ομάδες των 4 ή 5 ατόμων μέσω ειδικών forum συζήτησης.

Γ' ενότητα. Η ζωή γύρω μας. Περιλαμβάνει τη συζήτηση και αποδελτίωση της ενότητας *Η ζωή γύρω μας*.

Δ' ενότητα. Καλλιεργώντας στάσεις και δεξιότητες για τη ζωή γύρω μας. Αναπτύχθηκαν και σχεδιάστηκαν καινοτόμες δραστηριότητες για τη διδασκαλία των ενοτήτων της έμβιας ύλης, μέσω ομαδικών εργασιών.

Ε' ενότητα. Εξέλιξη των δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία ενοτήτων της έμβιας ύλης. Περιλαμβάνει την αλληλεπίδραση των εκπαιδευομένων και την εξέλιξη/επέκταση των δραστηριοτήτων,

ΣΤ΄ ενότητα. Οργάνωση της διδασκαλίας ενοτήτων της έμβιας ύλης. Περιλαμβάνει το σχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου εκπαιδευτικού σεναρίου από τον κάθε συμμετέχοντα.

2. Μεθοδολογία

Σκοπός της έρευνάς μας είναι η διερεύνηση του πώς ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία θεμάτων των Φυσικών Επιστημών επηρεάζει τις απόψεις τους σε σχέση με το συγκεκριμένο διδακτικό αντικείμενο, καθώς και την επίδραση που έχει η χρήση του εργαλείου της πλατφόρμας Moodle στη μεταβολή των απόψεων των εκπαιδευτικών. Ειδικότερα, τα ερευνητικά ερωτήματα που κληθήκαμε να μελετήσουμε με την παρούσα έρευνα είναι τα εξής:

Α. Πώς το επιμορφωτικό σεμινάριο επηρέασε τις απόψεις των εκπαιδευτικών;

Εξετάζεται το πόσο μεταβλήθηκαν οι απόψεις των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας των φυσικών επιστημών και διδασκαλίας των ενοτήτων της έμβιας ύλης, εξαιτίας της διδακτικής παρέμβασης. Για τον λόγο αυτό ελέγχεται η διαφοροποίηση της άποψης των εκπαιδευτικών μετά την παρέμβαση σε σχέση με την άποψη που είχαν πριν την παρέμβαση. Χρησιμοποιήθηκαν δυο ερωτηματολόγια διερεύνησης των απόψεων των εκπαιδευτικών για θέματα διδασκαλίας των φυσικών επιστημών και διδασκαλίας ενοτήτων της έμβιας ύλης. Το *αρχικό ερωτηματολόγιο* συμπληρώθηκε από τους επιμορφούμενους εκπαιδευτικούς κατά την έναρξη του σεμιναρίου και το *τελικό* μετά την ολοκλήρωσή του. Τα ερωτηματολόγια περιελάμβαναν ερωτήσεις διερεύνησης των απόψεων των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο και ερωτήσεις που εστίαζαν στις απόψεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με τη διδασκαλία των ενοτήτων της έμβιας ύλης στο δημοτικό σχολείο. Οι στατιστικοί έλεγχοι που αρχικά πραγματοποιήθηκαν είναι ο έλεγχος ανεξαρτησίας X^2 και συνηθέστερα ο έλεγχος t-test. Στην συνέχεια, ελέγχθηκε η μέση τιμή πριν και μετά την παρέμβαση, ή η μέση τιμή της διαφοράς «μετά-πριν», η τυπική απόκλιση των μέσων τιμών ή της διαφοράς των μέσων τιμών και η στατιστική σημαντικότητα του ελέγχου (sign/p-value). Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του ελέγχου έγινε με βάση την τιμή P-value.

Β. Πώς η χρήση του εργαλείου της πλατφόρμας επηρέασε τη μεταβολή των απόψεων των εκπαιδευτικών;

Εξετάζεται πώς η χρήση της πλατφόρμας Moodle, η οποία αποτέλεσε και το κύριο διαμεσολαβητικό μας εργαλείο κατά τη διάρκεια της επιμορφωτικής δράσης, επηρέασε τη μεταβολή των απόψεων των εκπαιδευτικών. Για το λόγο αυτό ελέγχεται αν υπάρχει συσχέτιση της έντασης χρήσης της πλατφόρμας Moodle με την μεταβολή της άποψης των εκπαιδευτικών. Η ένταση της χρήσης της πλατφόρμας περιλαμβάνει τη συνολική

δραστηριότητα των εκπαιδευομένων στην πλατφόρμα, μέσω του συνόλου των προβολών και των μηνυμάτων τους, ενώ η μεταβολή της άποψης των εκπαιδευτικών λογίζεται ως τελική άποψη μείον αρχική άποψη. Ως τελική άποψη θεωρείται η απάντηση στις ερωτήσεις μετά την παρέμβαση και αρχική άποψη θεωρείται η απάντηση των εκπαιδευτικών πριν την παρέμβαση. Σε τεχνικό επίπεδο, η συσχέτιση υπολογίστηκε με χρήση του συντελεστή συσχέτισης Spearman's rho, έναντι του αντίστοιχου Pearson r, λόγω μη ικανοποίησης της παραμετρικής υπόθεσης της κανονικότητας του συνόλου των εξεταζόμενων μεταβλητών.
Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 28 εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, στο σύνολό τους εν ενεργεία δάσκαλοι. Η επιλογή τους πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της τυχαίας δειγματοληψίας, μετά από ανοικτή πρόσκληση που διεξήχθη μέσω των Διευθύνσεων Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης της Περιφέρειας Ηπείρου (νομοί Ιωαννίνων, Θεσπρωτίας, Άρτας και Πρέβεζας), της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης Κέρκυρας και του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σε όσους εκπαιδευτικούς επιθυμούσαν να υποβάλλουν αίτηση για συμμετοχή στο σεμινάριο. Επιλέγηκαν εκπαιδευτικοί που υπηρετούσαν σε διάφορους τύπους σχολείων (12/θέσιο, 6/θέσιο, 1/θέσιο, Ειδικό) και δίδασκαν σε διάφορα τμήματα και τάξεις του δημοτικού σχολείου (Α' έως και ΣΤ' τάξη, ολοήμερο τμήμα, τμήμα ένταξης). Οι επιμορφούμενοι ήταν εκπαιδευτικοί με λίγα χρόνια υπηρεσίας (3-4 έτη), με παραπάνω (10-15 έτη) ή και με πολλά (20-25 έτη), με την πλειοψηφία τους να κατέχουν μεταπτυχιακούς τίτλους σπουδών ή μετεκπαίδευσης.
Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών μεθοδολογικών εργαλείων και περιλαμβάνει γραπτά ερωτηματολόγια, σημειώσεις με τη μορφή ημερολογίου, αναφορές με τη μορφή log files και εξαγωγή διαλόγων και συζητήσεων από το περιβάλλον της πλατφόρμας Moodle (Πίνακας 1).
Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος S.P.S.S. (Statistical Package for Social Sciences) και με το λογισμικό NVivo v.10.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας δεδομένων που αναλύθηκαν

Είδος ερευνητικών δεδομένων	Αριθμός
Αρχικό γραπτό ερωτηματολόγιο με 21 ερωτήσεις ανοικτού ή κλειστού τύπου.	28
Τελικό γραπτό ερωτηματολόγιο με 20 ερωτήσεις ανοικτού ή κλειστού τύπου.	28
Forum συζήτησης και αλληλεπίδρασης.	30
Ηλεκτρονικά μηνύματα που αντάλλαξαν οι εκπαιδευτικοί.	1.486
Αναφορές με τη μορφή log files.	24.495

3. Αποτελέσματα

Επίδραση της παρέμβασης στις απόψεις των εκπαιδευτικών

Η στατιστική ανάλυση σχετικά με τις απόψεις των εκπαιδευτικών βασίστηκε σε γραπτά ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους επιμορφούμενους εκπαιδευτικούς, τόσο κατά την έναρξη όσο και στη λήξη του σεμιναρίου. Τα ερωτηματολόγια περιελάμβαναν ερωτήσεις διερεύνησης των απόψεων των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία των ενοτήτων της έμβιας ύλης στο δημοτικό σχολείο, με τη χρήση ανοικτών και κλειστών ερωτήσεων. Η

ανάλυση των ερωτηματολογίων κατέδειξε ότι το επιμορφωτικό σεμινάριο μετέβαλε, μεσοσταθμικά, τις απόψεις των εκπαιδευτικών. Το σεμινάριο, ειδικότερα, συνέβαλε στο να βελτιώσουν οι εκπαιδευτικοί, σύμφωνα με την άποψή τους, τις γνώσεις τους γύρω από τις δραστηριότητες διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και να θεωρούν τους εαυτούς τους περισσότερο ενήμερους και προετοιμασμένους για μια αποτελεσματική διδασκαλία των ενοτήτων της έμβιας ύλης στην τάξη. Συγχρόνως, η επιμόρφωση συνέβαλε θετικά και στη γενικότερη άποψη που κατέχουν οι εκπαιδευτικοί για το αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό σχολείο.

Ειδικότερα, διαπιστώθηκε ότι οι μεγαλύτερες και περισσότερες (σε αριθμό ερωτήσεων) μετατοπίσεις των απόψεων των εκπαιδευτικών σημειώθηκαν στο τμήμα του ερωτηματολογίου που αφορούσε τη διδασκαλία των ενοτήτων της έμβιας ύλης στο δημοτικό σχολείο · γεγονός απόλυτα κατανοητό και δικαιολογημένο, δεδομένου ότι το θέμα του σεμιναρίου ήταν εστιασμένο στη συγκεκριμένη θεματική ενότητα. Ειδικότερα, στις 4 από τις 8 ερωτήσεις που αφορούσαν τη διδασκαλία των ενοτήτων της έμβιας ύλης, η μεταβολή στις απόψεις τους αξιολογείται ως στατιστικώς σημαντική. Οι εκπαιδευτικοί σημείωσαν τη μεγαλύτερη ανταπόκριση, μετατοπίζοντας προς το θετικότερο την άποψή τους, σε ερώτηση σχετική με τις γνώσεις τους γύρω από τις δραστηριότητες διδασκαλίας των ενοτήτων της έμβιας ύλης. Η θετική επίδραση του σεμιναρίου σχετικά με την άποψη των εκπαιδευτικών για τις γνώσεις τους γύρω από τη θεματική της έμβια ύλης, επιβεβαιώνεται και από τη μεταβολή που εμφανίστηκε σε ερώτηση σχετική με τις ανάγκες επιμόρφωσής τους στη συγκεκριμένη θεματική. Η μεταβολή που προκλήθηκε αποτυπώνει ότι κατά τη διάρκεια της παρέμβασης ένα μέρος των επιμορφωτικών αναγκών των εκπαιδευτικών ικανοποιήθηκε επαρκώς σύμφωνα με την άποψή τους.

Σε σχέση με τις ερωτήσεις των ερωτηματολογίων που αφορούσαν τη διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο, σε 2 από τις 8 ερωτήσεις, η μεταβολή στις απόψεις τους αξιολογείται ως στατιστικώς σημαντική. Οι αντίστοιχες μεταβολές συμβάλλουν στο να συμπεράνουμε ότι, σύμφωνα με τις απόψεις των εκπαιδευτικών, το σεμινάριο συνέβαλε στο να θεωρούν, σε μεγαλύτερο βαθμό, ότι πλέον γνωρίζουν επαρκώς πώς να σχεδιάζουν και να οργανώνουν οποιεσδήποτε δραστηριότητες φυσικών επιστημών και να κατέχουν θετικότερη άποψη για το αντικείμενο των φυσικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο.

Επίδραση της χρήσης της πλατφόρμας Moodle στη μεταβολή των απόψεων

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων σχετικά με την επίδραση της χρήσης της πλατφόρμας Moodle στη μεταβολή των απόψεων των εκπαιδευτικών βασίστηκε σε στοιχεία χρήσης της πλατφόρμας Moodle, η οποία αποτέλεσε και το κύριο διαμεσολαβητικό μας εργαλείο κατά τη διάρκεια της επιμορφωτικής δράσης. Τα στοιχεία αυτά αφορούσαν το βαθμό εμπλοκής των εκπαιδευομένων με την εκπαιδευτική πλατφόρμα Moodle, μέσω στατιστικών δεδομένων του πλήθους των προβολών (επισκέψεις/κλικ) και των μηνυμάτων που εξέπεμψαν οι εκπαιδευόμενοι, καθώς και ποιοτικών δεδομένων από τα forum συζήτησης. Η ανάλυση αυτών των αποτελεσμάτων κατέδειξε ότι η υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της χρήσης της πλατφόρμας και της μεταβολής των απόψεων των εκπαιδευτικών.

Ειδικότερα, σε σχέση με τη χρήση της πλατφόρμας, παρατηρήθηκε ότι αφενός η δραστηριότητα των εκπαιδευτικών στην πλατφόρμα ήταν αρκετά έντονη, με ιδιαίτερα μεγάλες τιμές προβολών και μηνυμάτων, και αφετέρου υπήρξε μεγάλη διακύμανση στην ένταση χρήσης της πλατφόρμας μεταξύ των εκπαιδευτικών. Υπήρξαν, δηλαδή, εκπαιδευτικοί που ενεπλάκησαν πολύ περισσότερο από άλλους, λιγότερο ενεργούς, εκπαιδευτικούς με την πλατφόρμα και συνεπώς και με όλες τις δράσεις του σεμιναρίου, όπως η αλληλεπίδραση

μεταξύ τους, τα forum συζήτησης, η εκπόνηση εργασιών κ.ά. Οι επιμορφούμενοι εκπαιδευτικοί διαχωρίστηκαν σε τρεις κύριες κατηγορίες: σε εκπαιδευτικούς που είχαν υψηλό επίπεδο εμπλοκής, μέτριο επίπεδο και χαμηλό. Οι συσχετίσεις που πραγματοποιήσαμε μεταξύ του βαθμού εμπλοκής και των μεταβολών στις απόψεις των εκπαιδευτικών κατέδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί που είχαν χαμηλό βαθμό εμπλοκής με την πλατφόρμα, εμφανίζονται να επηρεάζονται στη μεταβολή των απόψεών τους, μόνο όσον αφορά στις γνώσεις τους σχετικά με τις δραστηριότητες φυσικών επιστημών, ενώ οι εκπαιδευτικοί που είχαν μέτριο ή υψηλό βαθμό εμπλοκής, εμφανίζονται να επηρεάζονται στη μεταβολή των απόψεών τους σε μεγαλύτερο βαθμό. Πιο συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι είχαν χαμηλό επίπεδο εμπλοκής με την πλατφόρμα εμφανίζουν μόνο μια στατιστικώς σημαντική συσχέτιση, ενώ οι έχοντες μέσο ή υψηλό επίπεδο εμφανίζουν 4 έως 5 στατιστικώς σημαντικές συσχετίσεις. Οι συσχετίσεις που παρατηρήθηκαν συνδέονται με τη μεταβολή των απόψεών τους για τον ρόλο του εκπαιδευτικού κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, για τη χρησιμότητα των φυσικών επιστημών ως εργαλείο ανάπτυξης του επιστημονικού εγγραμματισμού, για τις γνώσεις τους σχετικά με τις δραστηριότητες φυσικών επιστημών και τέλος για τις δραστηριότητες διδασκαλίας των ενοτήτων της έμβιας ύλης που εφαρμόζουν.

4. Συμπεράσματα

Το εξ αποστάσεως σεμινάριο επιμόρφωσης εκπαιδευτικών για θέματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών που υλοποιήσαμε στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων κατέδειξε ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα, αναφορικά με τη διαδικασία επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών. Καταρχήν, η εκπαιδευτική πλατφόρμα Moodle παρέχει ένα ικανοποιητικό περιβάλλον με μεγάλη ευελιξία για την οργάνωση αντίστοιχων σεμιναρίων. Υποστηρίζει τη συνεργασία των εκπαιδευτικών και την επικοινωνία μεταξύ τους σε προσωπικό και ομαδικό επίπεδο και παράλληλα αναπτύσσει ισχυρές και πολλαπλές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συμμετεχόντων, αυξάνοντας με αυτόν τον τρόπο το βαθμό εμπλοκής τους στην επιμορφωτική δράση.
Το επιμορφωτικό σεμινάριο, διαπιστώθηκε ότι, επηρέασε προς το θετικότερο τις απόψεις των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας των φυσικών επιστημών και διδασκαλίας των ενοτήτων της έμβιας ύλης. Συνέβαλε, δηλαδή, στο να βελτιώσουν οι εκπαιδευτικοί, σύμφωνα με την άποψή τους, τις γνώσεις τους γύρω από τις δραστηριότητες διδασκαλίας των φυσικών επιστημών και να αποκτήσουν πιο θετική άποψη για το αντικείμενο των φυσικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο.
Οι εκπαιδευτικοί που ενεπλάκησαν σε μεγαλύτερο βαθμό με το εργαλείο της πλατφόρμας φαίνεται ότι μετέβαλαν σε μεγαλύτερο βαθμό τις απόψεις τους σχετικά με τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο δημοτικό σχολείο και ειδικότερα με τη διδασκαλία των ενοτήτων της έμβιας ύλης. Η διαπίστωση αυτή αποτελεί ένα κρίσιμο σημείο για το σχεδιασμό και την υλοποίηση αντίστοιχων επιμορφωτικών δράσεων από απόσταση. Ενέργειες που διασφαλίζουν την ενεργή συμμετοχή όλων των εκπαιδευομένων και εντείνουν την εμπλοκή τους με το σύνολο των δράσεων της επιμόρφωσης, φαίνεται ότι θα πρέπει να περιλαμβάνονται εξ αρχής στο σχεδιασμό επιμορφωτικών προγραμμάτων που διεξάγονται εξ αποστάσεως.
Συγχρόνως, σε σχέση με το αντικείμενο του σεμιναρίου, οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί αναγνώρισαν την αναγκαιότητα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών μέσω συνεργατικών δράσεων που έχουν νόημα για τους μαθητές και κυρίως τη σημασία μετατόπισης της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών έξω από την σχολική αίθουσα. Αναδείχθηκε έτσι η ανάγκη αποδέσμευσης της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών από το σχολικό εγχειρίδιο και τις στατικές/μονοδιάστατες δράσεις διδασκαλίας τους. Σε αυτό συνετέλεσε ιδιαιτέρως και ο πραξιακός προσανατολισμός του σεμιναρίου, καθώς τα

επιμορφωτικά σεμινάρια που απευθύνονται σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς οφείλουν να εμπεριέχουν δράσεις που προάγουν τις πρακτικές δεξιότητές τους και ανοίγουν δρόμους για μια αποτελεσματικότερη διδασκαλία από μέρους τους. Με αυτό τον τρόπο συνδράμουν και αυτοί με τη σειρά τους σε μια ποιοτική εκπαίδευση για όλους και η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες επιτελεί τον πρωταρχικό της στόχο που δεν είναι άλλος από μία Επιστήμη και Τεχνολογία για όλους.

5. Βιβλιογραφία

Αναστασιάδης, Π. (2013). Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών. Βασικές Αρχές Σχεδιασμού και Υλοποίησης. *Εκπαίδευση Ενηλίκων και Πολιτισμός στην Κοινότητα, 10*. Ανακτήθηκε 30 Οκτωβρίου, 2016, από http://cretaadulteduc.gr/blog/?cat=26

Μουζάκης, Χ. (2006). *Εκπαίδευση ενηλίκων. Η εξ αποστάσεως εκπαίδευση στην εκπαίδευση ενηλίκων*. Αθήνα: Ι.Δ.ΕΚ.Ε.

Nanni, E. & Plakitsi, K. (2013). Investigating New Paths in the Teaching of Plant Processes in Elementary Schools. *World Journal of Education, 3*(4), 52-70.

European Commission (2012). *Rethinking education: Investing in skills for better socio-economic outcomes*. *Communication from the Commission*. Strasbourg: European Commission.

Next Generation Science Standards. (2013). Retrieved October 30, 2016, from http://www.nextgenscience.org/

Organisation for Economic Co-operation and Development (2007). *PISA 2006: Science competencies for tomorrow's world*. OECD.

Plakitsi, K. (2013). Rethinking the Role of Information and Communication Technologies (ICT) in Science Education. In K. Plakitsi (Ed.), *Activity Theory in Formal and Informal Science Education*, Dordrecht: Sense Publishers, p. 57-82.

Venville, G. (2004). Young children learning about living things: A case study of conceptual change from ontological and social perspectives. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(5), 449–480.

ΕΝΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ MOODLE

Ευθύμιος Σταμούλης[1], Παναγιώτης Πήλιουρας[2], Νίκος Κολιός[3], Νεκτάριος Τσαγλιώτης[4], Κατερίνα Πλακίτση[1], Φανή Σέρογλου[5]

[1]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
[2]Σχολικός Σύμβουλος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης
[3]ΕΚΦΕ Ιωαννίνων
[4]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[5]ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η εργασία αφορά ένα εξ αποστάσεως πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών βασισμένο στην πλατφόρμας moodle με στόχο τη βελτίωση της διδασκαλίας όψεων της φύσης των φυσικών επιστημών (φφε) σε δώδεκα τάξεις Ε΄ & Στ΄ δημοτικού. Οι δώδεκα συμμετέχοντες στο πρόγραμμα εκπαιδευτικοί μέσω της πλατφόρμας moodle αλληλεπιδρούν με ποικιλία επιμορφωτικών υλικών, όπως μελέτες περίπτωσης από την ιστορία των φε, κατάλληλα σχεδιασμένο διδακτικό υλικό στο οποίο επιδιώκονται επιθυμητές όψεις της φφε με στόχο να σχεδιάσουν κατάλληλο διδακτικό υλικό. Ποιοτικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις αξιοποιούνται για να αναλυθούν μεταξύ άλλων: ερωτηματολόγιο (VNOS-D) για εκπαιδευτικούς, κείμενα από ομάδες συζήτησης της πλατφόρμας, εκπαιδευτικό υλικό των εκπαιδευτικών.

Abstract

Our paper concerns a moodle-based professional development program, which is being implemented during the academic year 2016-17, aiming to improve the teaching of the nature of science (nos) in twelve Greek elementary science classrooms. Through engagement in online activities on moodle, case studies from the history of science, discussion forums, and etc. teachers are exposed to various tools and teaching strategies in order to design and develop nos materials for their own students to be uploaded in the platform. Qualitative methodologies will be used to analyze the VNOS-C questionnaire for teachers, extracts from the discussion forums and teachers' developed material.

1. Εισαγωγή

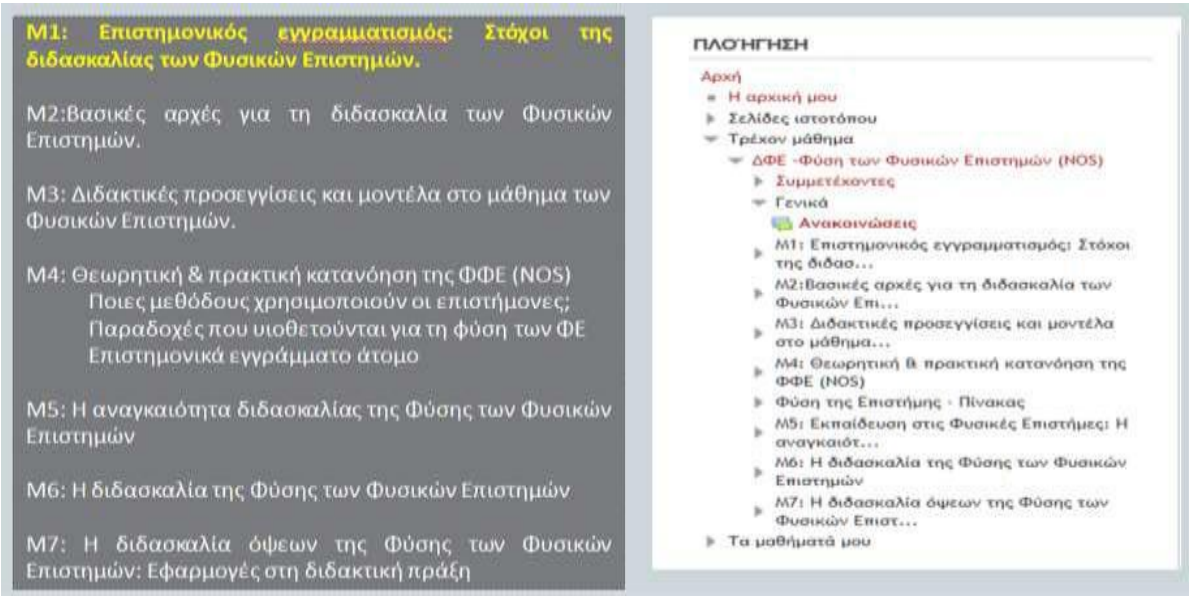
Η διδασκαλία όψεων της φφε στα σχολεία και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σχετικά με αυτή έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της ερευνητικής κοινότητας της διδακτικής των φε ως μια αναντίρρητη ανάγκη (Akerson et al. 2009, NRC 2012). Σημαντικοί ερευνητές, όπως οι McComas & Nouri (2016), Abd-El-Khalick et al (2008), Lederman et al (2014), Duschl & Grandy (2012), Bartos & Lederman (2014) μελετούν διαφορετικές πτυχές της ΦΦΕ και τους τρόπους καλλιέργειας πλουραλιστικών απόψεων, πολλαπλών επιστημολογικών προσεγγί-

σεων και τρόπους ανάπτυξής του στα Αναλυτικά Προγράμματα των ΦΕ και της εκπαίδευσης του πολίτη (The Next Generation Science Standards 2013). Παρά τη ρητή αναφορά της αναγκαιότητας διδασκαλίας της φφε σε αρκετά αναλυτικά προγράμματα χωρών (και της χώρα μας με βάση τα νέα προγράμματα σπουδών του 2013 που λειτουργούν συμπληρωτικά στα ισχύοντα ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ των φε) και την εκτεταμένη ερευνητική εργογραφία για το πως μπορεί να επιτευχθεί μια επιτυχής διδασκαλία της φφε, οι έρευνες δείχνουν ότι πολλοί εκπαιδευτικοί αποτυγχάνουν να διδάξουν αποτελεσματικά όψεις της φφε (Lederman 2007, Akerson et al. 2011).

Το National Research Council (2012) στην έκδοση της έκθεσης για το πλαίσιο στην εκπαίδευση των Φ.Ε. προτείνει τρεις βασικές διαστάσεις για την εκπαίδευση των Φ.Ε.: Πρακτικές, Διαθεματικές Έννοιες και Βασικές Ιδέες Πυρήνα. Η συνεχιζόμενη επέκταση της επιστημονικής γνώσης καθιστά αδύνατο να διδαχτούν στο σχολείο, σε όλο το εύρος τους όλες οι έννοιες που σχετίζονται με ένα συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο. Είναι σημαντικό στην σημερινή εποχή της πληροφορίας ο σκοπός του σχολείου να μην είναι η παροχή πληροφοριών αλλά ο εφοδιασμός των μαθητών με βασικές γνώσεις έτσι ώστε να μπορούν αργότερα να αποκτήσουν πρόσθετες πληροφορίες.

Η εργασία αφορά ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών βασισμένο στην πλατφόρμα moodle το οποίο περιλαμβάνει και συναντήσεις δια ζώσης. Η επιμορφωτική δράση υλοποιείται το σχολικό έτος 2016-17, με στόχο τη βελτίωση της διδασκαλίας όψεων της φφε σε δώδεκα τάξεις Ε΄ & Στ΄ Δημοτικού στο πλαίσιο του μαθήματος των φε. Οι όψεις, που κρίθηκαν κατάλληλες για να εξοικειωθούν με αυτές εκπαιδευτικοί και μαθητές -και με βάση το Lederman (2007) γίνονται ευρέως αποδεκτές από την ερευνητική κοινότητα της διδακτικής των φε- είναι οι ακόλουθες: η επιστήμη είναι δυναμική, βασίζεται σε εμπειρικά στοιχεία, είναι υποκειμενική/βασίζεται σε θεωρητικά πιστεύω, εμπεριέχει τις διαδικασίες του συμπερασμού, της φαντασίας και της δημιουργικότητας και είναι κοινωνικά και πολιτισμικά πλαισιοθετημένη.

Εικόνα 1: Απόσπασμα από τη δομή του προγράμματος στο moodle



Οι δώδεκα συμμετέχοντες στο πρόγραμμα εκπαιδευτικοί (οι οποίοι εκδήλωσαν ενδιαφέρον για τη δημιουργία μιας κοινότητας εκπαιδευτικών που ασχολούνται και προωθούν το θέμα της διδασκαλίας των φφε στο δημοτικό σχολείο) μέσω της πλατφόρμας moodle αλληλεπίδρασαν με ποικιλία επιμορφωτικών υλικών που σχετίζονται με τη φφε, όπως σύντομα θεωρητικά κείμενα, μελέτες περίπτωσης από την ιστορία των φε, ιστορικά πειράματα, κατάλληλα σχεδιασμένο εκπαιδευτικό υλικό στο οποίο επιδιώκονται και αναδεικνύονται επιθυμητές όψεις της φφε με στόχο να σχεδιάσουν το δικό τους εκπαιδευτικό υλικό εξοικειούμενοι με την παιδαγωγική γνώση περιεχομένου και τις δεξιότητες που απαιτούνται για να διδάξουν όψεις της φφε.

2. Μεθοδολογία

Το επιμορφωτικό πρόγραμμα είχε συμμετοχικό, ερευνητικό και αναστοχαστικό χαρακτήρα. Οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί στο πλαίσιο του προγράμματος κλήθηκαν να σχεδιάσουν οι ίδιοι υλικό στο μάθημα των φε με το οποίο επιδιώκονταν και στόχοι που αφορούν τη φφε, στη συνέχεια να λειτουργήσουν ως ερευνητές επί των πρακτικών τους και τελικά να στοχαστούν επί αυτών, απαντώντας σε ερωτήματα, όπως:

- ποιες όψεις της φύσης των ΦΦΕ προωθούμε με τις δραστηριότητες που υλοποιούμε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας του μαθήματος των ΦΕ;

- ποιες όψεις της φύσης των ΦΦΕ προωθούμε με τα επικοινωνιακά μας ρεπερτόρια;

Ποιοτικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις αξιοποιήθηκαν για να αναλυθούν: το ερωτηματολόγιο VNOS-C (Lederman et al. 2001) που δόθηκε στην αρχή στους εκπαιδευτικούς και με την ολοκλήρωση του προγράμματος, τα αποσπάσματα από την επικοινωνία των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών στις ομάδες συζήτησης της πλατφόρμας, το εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, τα πρωτόκολλα παρατήρησης των διδασκαλιών του μαθήματος των ΦΕ από τέσσερις τάξεις εκπαιδευτικών που λειτούργησαν ως μελέτες περίπτωσης και τα ημερολόγια που κράτησαν οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί.

3. Αποτελέσματα

Στο πλαίσιο της επιμορφωτικής δράσης οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί προώθησαν σταδιακά στη διδασκαλία του μαθήματος των φε επιθυμητές όψεις της φφε, καθώς υποστηρίχτηκαν ώστε να καταστούν ενήμεροι και να αναστοχάζονται επί της δικής τους κατανόησης για τη φφε και των δικών τους διδακτικών πρακτικών για την προώθησή της.

> *«Αξιοποίησα τη δραστηριότητα της σελ. 107 του μαθήματος "Ένα απλό κύκλωμα" και την προσομοίωση του Phet για να συζητήσουμε στην τάξη ότι οι επιστήμονες επικοινωνούν με σύμβολα.*
>
> Η *μελέτη του υλικού με έχει βοηθήσει να σκέφτομαι συγκεκριμένα πράγματα για τη φύση των φυσικών επιστημών πριν από τη διδασκαλία. Και να μπορώ στη διδασκαλία να τα συζητάω με τους μαθητές μου με πιο συγκεκριμένο τρόπο.» (Δ1, Μάρτιος 2017 Αποσπάσματα από ημερολόγια 2 εκπαιδευτικών).*

Εικόνα 2: Από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο V-NOS

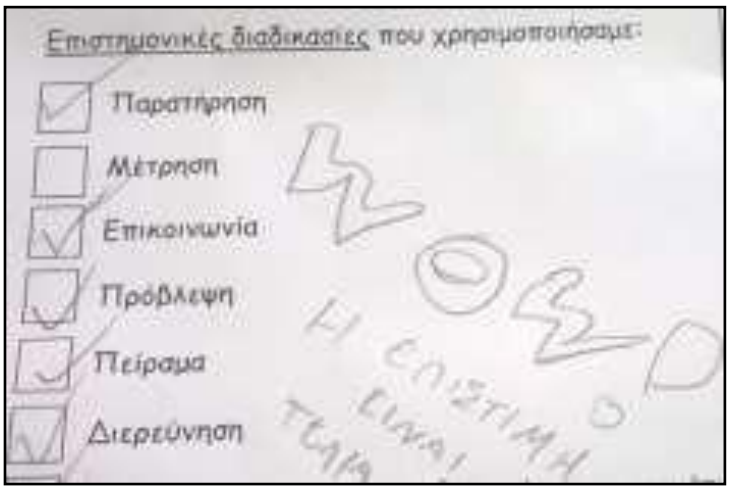
Οι επιστημονικές θεωρίες είναι δημιουργήματα επιστημόνων και στηρίζονται σε γνώσεις, αντιλήψεις δεδομένα που σχετίζονται με τον τόπο και το χρόνο. Η απόκτηση νέων γνώσεων - δεδομένων μέσα από την έρευνα είναι φυσικό να οδηγεί στη βελτίωση ή κατάρριψη παλαιότερων θεωριών. Η διδασκαλία των επιστημονικών θεωριών βοηθάει στη διαμόρφωση μιας άποψης για τον κόσμο. Βοηθάει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, στην απόκτηση δεξιοτήτων. Η θεωρία, για παράδειγμα της δημιουργίας του κόσμου σύμφωνα με την οποία έγινε μια μεγάλη έκρηξη δίνει μια εναλλακτική στις αντιλήψεις των θρησκειών
Αντιλαμβάνομαι λοιπόν ότι οι επιστήμονες εξακολουθούν να ερευνούν τη δομή του ατόμου περισσότερο τόσο σε σχέση με την λειτουργικότητα των σωματιδίων ξεχωριστά όσο και τη σχέση, συνεκτικότητα και αλληλεπίδραση που έχουν μεταξύ τους.

- Οι εκπαιδευτικοί μετασχημάτισαν σταδιακά τις παιδαγωγικές πρακτικές τους που αφορούν τη διδασκαλία της φφε από υπόρρητες σε ρητές και αναστοχαστικές.

Πίνακας 1: Εκπαιδευτικός προσπαθεί να προωθήσει ρητά τα χαρακτηριστικά της διερεύνησης
Από πρωτόκολλο παρατήρησης διδασκαλίας «Αγωγοί – Μονωτές»

Δάσκαλος: Καλεί τους μαθητές να φτιάξουν ένα απλό ηλεκτρικό κύκλωμα για να δοκιμάσουν αν από διάφορα υλικά «περνάει» το ηλεκτρικό ρεύμα.
Ακολουθεί μια διαδικασία διερεύνησης και στη συνέχεια συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης
Δάσκαλος: Στη δραστηριότητα αυτή εργαστήκαμε όπως οι επιστήμονες. Με ποιες επιστημονικές δεξιότητες ασχοληθήκαμε; … [οι μαθητές αναφέρθηκαν στο πείραμα, στην ταξινόμηση, στο συμπέρασμα & θα μπορούσε ο δάσκαλος να αναδείξει με κατάλληλες ερωτήσεις ότι ασχολήθηκαν με τη διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος και με την πρόβλεψη που επίσης έλαβαν χώρα]

Εικόνα 3: Οι μαθητές στην τάξη του Δ2 αναστοχάζονται επί των επιστημονικών διαδικασιών που εμπλέκονται.



- Οι εκπαιδευτικοί εξοικειώθηκαν με την αξιολόγηση της κατανόησης των μαθητών τους σε σχέση με όψεις της φφε με σκοπό να βελτιώσουν τις ικανότητες τους στην ενσωμάτωση όψεων της φφε στο γνωστικό περιεχόμενο των φε.

Πίνακας 2: Εκπαιδευτικός προσπαθεί να ενσωματώσει όψεις της φφε στο γνωστικό περιεχόμενο των φε

- *Ο εκπαιδευτικός ενημερώνει ρητά τους μαθητές του για τους στόχους που αφορούν τη ΦΦΕ σε όλη τη διάρκεια του μαθήματος.* - *Ο εκπαιδευτικός εισάγει όψεις της ΦΦΕ που είναι σε αντιστοιχία με το συγκεκριμένο γνωστικό περιεχόμενο*
Μαθητές: (οι μαθητές στις ομάδες τους σημειώνουν ο καθένας στο δικό του τετράδιο τη θερμοκρασία που μετρούν σε 2 θερμόμετρα που είναι μέσα σε ένα ποτήρι με νερό) Μετά τη δραστηριότητα ακολουθεί η συζήτηση στην ολομέλεια για τη διαδικασία της μέτρησης, τις μονάδες μέτρησης και τις διαφοροποιήσεις στη θερμοκρασία που έγραψαν οι μαθητές (υποκειμενικό και αντικειμενικό σφάλμα). *Δάσκαλος: Αυτή δραστηριότητα μας έδωσε την ευκαιρία να μιλήσουμε για την παρατήρηση και τη μέτρηση, να εξοικειωθούμε με τη διαδικασία της μέτρησης... Τι μάθαμε σήμερα για τη μέτρηση; Από τι εξαρτάται;*

Εικόνα 4: Δραστηριότητες μαθητών

Εικόνα 5: Από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο ερωτηματολόγιο V-NOS

6. Πριν λίγα χρόνια, οι επιστήμονες υιοθετούσαν πολύ διαφορετικές προβλέψεις για την τελική μορφή του σύμπαντος. Μερικοί αστρονόμοι πίστευαν ότι το σύμπαν διαστέλλεται, άλλοι πίστευαν ότι αυτό συστέλλεται και κάποιο άλλοι ότι το σύμπαν παραμένει στατικό χωρίς να συστέλλεται ή να διαστέλλεται. Πώς ήταν δυνατόν να υπάρχουν ταυτόχρονα αυτά τα διαφορετικά συμπεράσματα, όταν όλοι οι επιστήμονες μελετούσαν τα ίδια πειράματα και τα δεδομένα τους;

απαντήσεις

Οι επιστήμονες δίνουν διαφορετική ερμηνεία στα δεδομένα τους. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο ότι ξεκινούν από διαφορετικές αφετηρίες και παραδοχές για το σύμπαν ή στο ότι τα δεδομένα που συγκεντρώνουν δεν είναι αρκετά για να οδηγήσουν σε ένα κοινό συμπέρασμα.

Η ερμηνεία των ίδιων πειραμάτων και των ίδιων δεδομένων εξαρτάται από το συγκεκριμένο κοινωνικό, ιδεολογικό, πολιτισμικό , πολιτικό πλαίσιο κάθε επιστημονικής κοινότητας.

Ξεκινούν κάνοντας διαφορετικές υποθέσεις και προσπαθούσαν να βρουν τα στοιχεία εκείνα που τις επιβεβαιώνουν. Μήπως τελικά έχει μεγάλη σημασία η προσωπικότητα, η φαντασία και η προοπτική των επιστημόνων;

Υπάρχουν διαφορετικές θεωρίες με βάση τις οποίες ερμηνεύουν τα δεδομένα τους.

4. Συμπεράσματα

Το νέο πλαίσιο για τη διδακτική των φυσικών επιστημών που διαμορφώνεται κατά τα τελευταία χρόνια απαιτεί σημαντικές αλλαγές στην διδασκαλία των φυσικών επιστημών που να επιτρέπουν σε όλους τους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά σε επιστημονικές πρακτικές και να εφαρμόζουν οριζόντια βασικές διαθεματικές έννοιες (NGSS, 2013).

Ο μετασχηματισμός των πρακτικών των εκπαιδευτικών στην παιδαγωγική γνώση περιεχομένου της φφε δεν είναι μια εύκολη διαδικασία, καθώς οι απόψεις τους για τη φφε, έστω και αν είναι ορθές, δεν οδηγούν από μόνες τους σε αντίστοιχες επιθυμητές πρακτικές, καθώς επίσης η διδασκαλία της φφε δεν είναι κάτι που έχουν βιώσει οι εκπαιδευτικοί είτε στις σπουδές τους είτε στην επαγγελματική τους πορεία. Θεωρούμε, όπως και η ερευνητική εργογραφία υποδεικνύει, ότι είναι απαραίτητες στοχευμένες επιμορφωτικές δράσεις με συμμετοχικό και αναστοχαστικό χαρακτήρα που μπορούν να βοηθήσουν τους εκπαιδευτικούς να διδάξουν αποτελεσματικά όψεις της φφε.

5. Βιβλιογραφία

Abd-El-Khalick, F., Waters, M. & Le, A.-P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching,* 45(7), 835-855. http://doi.org/10.1002/tea.20226

Akerson V. L., Cullen T. A., Hanson D. L. (2009). Fostering a community of practice through a professional development program to improve elementary teachers' views of nature of science and teaching practice. *Journal of Research in Science Teaching, 46*(10), 1090-1113.

Akerson, V. L., Buck, G. A., Donnelly, L. A., Nargund-Joshi, V. & Weiland, I. S. (2011). The importance of teaching and learning nature of science in the early childhood years. *Journal of Science Education and Technology, 20*(5), 537-549.

Bartos, S. A. & Lederman, N. G. (2014). Teachers' knowledge structures for nature of science and scientific inquiry: Conceptions and classroom practice. *Journal of Research in Science Teaching,* 51(9). http://doi.org/10.1002/tea.21168

Duschl, R. a. & Grandy, R. (2012). Two Views About Explicitly Teaching Nature of Science. *Science & Education*, 22(9), 2109–2139.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. In S. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education (pp. 831-880).* Lawrence Erlbaum Associates Publishers.

Lederman, N. G., Bartos, S. A. & Lederman, J. S. (2014). The development, use, and interpretation of nature of science assessments. In *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 971-997). Springer Netherlands.

Lederman, N. G., Schwartz, R. S., Abd-El-Khalick, F. & Bell, R. L. (2001). Pre-service teachers' understanding and teaching of the nature of science: An intervention study. *Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education, 1,* 135-160.

McComas, W. F. & Nouri, N. (2016). The Nature of Science and the Next Generation Science Standards: Analysis and Critique. *Journal of Science Teacher Education*, 27(5), 555–576.

National Research Council (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academies Press.

Next Generation Science Standards: For States, By States. (2013). BOOK, The National Academies Press. Retrieved from http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=18290

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

Ι ζΰΰΰΰΰΓκουλγκούτη[1], *Ι ϑΰΰΰΙ ϖϑ Πλακίτση*[2]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
[2]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των σύγχρονων διεθνών και ελληνικών ερευνών που αφορούν στον περιβαλλοντικό γραμματισμό των μελλοντικών εκπαιδευτικών και γενικότερα στην αειφόρο διαχείριση και ανάπτυξη. Ξεκινώντας από τον περιβαλλοντικό γραμματισμό, του οποίου βασικοί παράγοντες θεωρούνται οι γνώσεις, δεξιότητες, στάσεις και αξίες αλλά και οι περιβαλλοντικές ανησυχίες, ευαισθησίες και ο έλεγχος της περιβαλλοντικής συμπεριφοράς, καταλήγουμε στον επαναπροσδιορισμό της σχέσης ανθρώπου- φύσης- κοινωνίας.

Abstract

This paper is a literature review of contemporary Greek and international research concerning the environmental literacy of future teachers and sustainable management and development. Beginning from the environmental literacy, whose main factors are knowledge, skills, attitudes, values, environmental concerns, sensibilities and locus of control, we will redefine the relationship human-nature- society.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια ο άνθρωπος ήρθε αντιμέτωπος με την οικολογική κρίση και κλήθηκε να λάβει κατάλληλα μέτρα, καθώς απειλείται η ποιότητα ζωής ολόκληρου του πλανήτη. Η πλειοψηφία των περιβαλλοντικών προβλημάτων οφείλεται στην αλλαγή του τρόπου ζωής του ανθρώπου και τις δραστηριότητές του. Ο υπερπληθυσμός και η αυξανόμενη ζήτηση για τροφή, ο υπερκαταναλωτισμός, η αποψίλωση των δασών, η μη αειφόρος διαχείριση των φυσικών ενεργειακών πηγών, η εκβιομηχάνιση, η μόλυνση του εδάφους, των υδάτινων πόρων και του αέρα, η κλιματική αλλαγή και οι συνέπειες σε όλο τον πλανήτη, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η τρύπα του όζοντος, η μείωση της βιοποικιλότητας είναι μερικά από τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν άμεσα (Erdogan 2009).
Διεθνείς Διασκέψεις (U.N. 2015) τονίζουν την ανάγκη αλλαγής του τρόπου ζωής των ανθρώπων και την καλλιέργεια της περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς, δηλαδή την ανάπτυξη του περιβαλλοντικού γραμματισμού. Ο Περιβαλλοντικός Γραμματισμός (Π.Γ.) αναφέρεται στις περιβαλλοντικές γνώσεις και δεξιότητες που έχει το άτομο, στις στάσεις και αξίες του και στη συμπεριφορά του προς το περιβάλλον (North American Association of Environmental Educators 2010). Η ανάπτυξη μιας περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς αποτελεί στόχο, προκειμένου ο άνθρωπος να αναθεωρήσει τη σχέση του με το περιβάλλον και να αλλάξει τον τρόπο ζωής του, βασιζόμενος στις αρχές της αειφόρου διαχείρισης του περιβάλλοντος (Ozsou et al. 2012, Saribas 2015, Φλογαΐτη 2006, Φλογαΐτη & Λιαράκου

2009). Η έννοια της αειφορίας περιλαμβάνει τη συνολική αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών και κοινωνικών προβλημάτων (φτώχεια, πείνα, ποιότητα της εκπαίδευσης, πόλεμοι κ.α.) την ικανοποίηση των βασικών αναγκών όλων των πολιτών του κόσμου μέσα σε μια κοινωνία που βασίζεται στις αρχές της δικαιοσύνης και της ισότητας (U.N. 2015, Φλογαΐτη 2006). Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση θεωρήθηκε ως μια λύση για τα περιβαλλοντικά προβλήματα και την αειφόρο ανάπτυξη, χωρίς όμως τα αναμενόμενα αποτελέσματα στην καλλιέργεια του περιβαλλοντικού γραμματισμού και την ανάπτυξη της περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς (Michail et al. 2007). Τόσο τα περιβαλλοντικά όσο και τα κοινωνικά προβλήματα συνεχίζουν να υφίστανται και η εκπαίδευση δεν έχει αλλάξει ιδιαίτερα (Φλογαΐτη 2006).
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανασκόπηση των σύγχρονων ερευνών, οι οποίες αναφέρονται στον Π.Γ. των μελλοντικών εκπαιδευτικών, καθώς αυτοί θα είναι που διδάξουν στους μαθητές τα επόμενα χρόνια και θα καλλιεργήσουν την περιβαλλοντικά υπεύθυνη συμπεριφορά.

2. Μεθοδολογία

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση διεθνών και ελληνικών ερευνών, οι οποίες αφορούν στον Π.Γ. των μελλοντικών εκπαιδευτικών αρχίζοντας από τη δεκαετία του 2000, που το ενδιαφέρον για τον Π.Γ. γίνεται πιο έντονο και φτάνοντας στις μέρες μας που συνδέεται με τις έννοιες της αειφορίας. Αξιοποιήθηκε η βάση δεδομένων Scopus καθώς και διεθνή περιοδικά και πρακτικά συνεδρίων για την αναζήτηση σχετικής βιβλιογραφίας. Μελετήθηκαν 21 άρθρα και στη συνέχεια κατηγοριοποιήθηκαν οι παράγοντες του Π.Γ. που εξετάζονται σε κάθε έρευνα.

3. Αποτελέσματα

Η έννοια του Π.Γ. χρησιμοποιείται τις τελευταίες περίπου δεκαετίες, προκειμένου να περιγράψει την ικανότητα του ατόμου να αντιλαμβάνεται και να ερμηνεύει τη σχετική υγεία των περιβαλλοντικών συστημάτων και να λαμβάνει τα κατάλληλα μέτρα για τη διατήρηση, αποκατάσταση και βελτίωση της υγείας των παραπάνω συστημάτων (Roth 1992). Η σημασία του Π.Γ. τονίστηκε στις διεθνείς Συνδιασκέψεις, στις οποίες αναδείχθηκε ο ρόλος των εκπαιδευτικών στην ανάπτυξη του Π.Γ. και της περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς των μαθητών (NAAEE 2010, U.N. 2015).
Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση, η οποία πραγματοποιήθηκε προκύπτει ότι πολλοί είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν τον Π.Γ. Αναλυτικότερα, αυτοί αναφέρονται: στις περιβαλλοντικές γνώσεις (γνώσεις περιβαλλοντικών εννοιών και θεμάτων), στις περιβαλλοντικές δεξιότητες (δεξιότητες ανάλυσης, σύνθεσης και αξιολόγησης περιβαλλοντικών προβλημάτων), στις στάσεις για το περιβάλλον και στην πρόθεση για δράση, στην περιβαλλοντικά υπεύθυνη συμπεριφορά (η συμμετοχή και οι αντίστοιχες πρακτικές που χρησιμοποιούνται για την προστασία του περιβάλλοντος και την αποκατάσταση περιβαλλοντικών προβλημάτων) και στους δημογραφικούς παράγοντες (φύλο, περιοχή κατοικίας, μορφωτικό, κοινωνικό και οικονομικό επίπεδο κ.α.) (Goldman et al. 2006, Ozsou et al. 2012, Saribas 2015, Saribas et al. 2013, Teksoz et al. 2012, Yavetz et al. 2009). Ωστόσο, σε κάθε έρευνα εξετάζονται ορισμένοι από τους παράγοντες του Π.Γ. Όπως παρατηρείται στον Πίνακα 1, ο παράγοντας των περιβαλλοντικών γνώσεων θεωρείται ο πιο δημοφιλής, καθώς όλες οι έρευνες εξετάζουν τις γνώσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών για περιβαλλοντικές έννοιες και θέματα, τονίζοντας τη συσχέτιση (υψηλή ή και μικρή) των γνώσεων με τη συμπεριφορά προς το περιβάλλον (Cheng & So 2015,

Gavrilakis et al. 2017, Goldman et al. 2014, Ikonomidis et al. 2012, Kroufek et al. 2015, Kyriazi & Mavrikaki 2013, Pe'er et al. 2007, Yavetz et al. 2009, Yumuşak et al. 2016). Οι στάσεις προς το περιβάλλον ως παράγοντας που επηρεάζει τον Π.Γ. των μελλοντικών εκπαιδευτικών διερευνώνται πιο συστηματικά από το 2007, ενώ έρευνες αναφέρουν ότι οι στάσεις προς το περιβάλλον επηρεάζουν είτε την περιβαλλοντική συμπεριφορά των μελλοντικών εκπαιδευτικών (Boubonari et al. 2013, Pe'er et al. 2007, Yavetz et al. 2009) είτε τις περιβαλλοντικές γνώσεις (Pe'er et al. 2007, Teksoz et al. 2014, Tuncer et al. 2009, Yavetz et al. 2009). Προς την ίδια κατεύθυνση με τον παράγοντα των στάσεων προς το περιβάλλον, η συμπεριφορά των μελλοντικών εκπαιδευτικών προς το περιβάλλον (περιβαλλοντικά υπεύθυνη συμπεριφορά) επηρεάζει τον Π.Γ. και μελετάται στην πλειοψηφία των ερευνών, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν την τελευταία περίπου δεκαετία (Cheng & So 2015, Gavrilakis et al. 2017, Goldman et al. 2014, Kroufek et al. 2015, Kyriazi & Mavrikaki 2013, Pe'er et al. 2007, Saribas 2015, Teksoz et al. 2012, Yavetz et al. 2009, Yumuşak et al. 2016). Αντίθετα, ο παράγοντας των δεξιοτήτων των μελλοντικών εκπαιδευτικών εξετάζεται από ελάχιστες έρευνες, παρά τη σημασία τους στην ανάπτυξη της περιβαλλοντικά υπεύθυνης συμπεριφοράς (Gavrilakis et al. 2017, Pe'er et al. 2007). Η πρόθεση για συμμετοχή σε περιβαλλοντικές δράσεις αποτελεί έναν παράγοντα, ο οποίος επηρεάζει και αυτός τον Π.Γ. και έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης την τελευταία περίπου δεκαετία, καθώς έρευνες αναφέρουν ότι επηρεάζει την περιβαλλοντικά υπεύθυνη συμπεριφορά (Desjean-Perrotta et al. 2008, Liarakou et al. 2012, Saribas 2015, Saribas et al. 2013, Teksoz et al. 2014, Tuncer et al. 2009, Yumuşak et al. 2016). Τέλος, οι δημογραφικοί παράγοντες εξετάζονται από την πλειοψηφία των ερευνών που αφορούν στον Π.Γ. των μελλοντικών εκπαιδευτικών, καθώς φαίνεται ότι τα κοινωνικο-δημογραφικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν τη συμπεριφορά προς το περιβάλλον και γενικότερα τον Π.Γ. (Cheng & So 2015, Gavrilakis et al. 2017, Goldman et al. 2006, Goldman et al. 2014, Ikonomidis et al. 2012, Kroufek et al. 2015, Kyriazi & Mavrikaki 2013, Michail et al. 2007, Pe'er et al. 2007, Yavetz et al. 2009, Yumuşak et al. 2016)

Πίνακας 1: Σύγχρονες Έρευνες για τον Περιβαλλοντικό Γραμματισμό

		Παράγοντες του Περιβαλλοντικού Γραμματισμού					
Συγγραφείς	**Έτος**	**Γνώσεις**	**Στάσεις**	**Συμπεριφορά**	**Δεξιότητες**	**Πρόθεση**	**Δημογραφικοί**
Gavrilakis et al.	2017	+		+	+	+	+
Yumuşak et al.	2016		+	+		+	+
Saribas	2015	+	+	+		+	
Cheng & So	2015	+	+	+			+
Kroufek et al.	2015	+		+			+
Goldman et al.	2014	+	+	+			+
Teksoz et al.	2014	+	+	+		+	+
Kyriazi & Mavrikaki	2013	+	+	+			+
Saribas et al.	2013	+	+			+	
Öztürk et al.	2013	+		+			+

Boubonari et al.	2013	+	+	+			
Ikonomidis et al.	2012	+					+
Teksoz et al.	2012	+	+	+		+	
Liarakou et al.	2009	+	+			+	
Tuncer et al.	2009	+	+	+		+	+
Yavetz et al.	2009	+	+	+			+
Desjean-Perrotta et al.	2008	+	+			+	+
Pe'er et al.	2007	+	+	+	+		
Spiropoulou et al.	2007	+	+				
Michail et al.	2006	+					+
Goldman et al.	2006	+	+	+			+

4. Συμπεράσματα

Η μελέτη του Π.Γ. των μελλοντικών εκπαιδευτικών θεωρείται σημαντική, καθώς αυτοί είναι που θα μεταδώσουν την αξία των περιβαλλοντικών γνώσεων για την αειφόρο ανάπτυξη και θα αναπτύξουν θετικές στάσεις προς το περιβάλλον στους μαθητές από μικρή ηλικία (Roth et al. 2013). Επομένως, η κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν τον Π.Γ. κρίνεται αναγκαία, προκειμένου να ληφθούν υπόψη στην περιβαλλοντική εκπαίδευση και στην αναθεώρηση των αναλυτικών προγραμμάτων της εκπαίδευσης. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε αναδεικνύει τους πολλούς παράγοντες που επηρεάζουν τον Π.Γ., οι οποίοι αναφέρονται τόσο σε ατομικό όσο και σε κοινωνικό επίπεδο. Οι περιβαλλοντικές γνώσεις, οι στάσεις, η συμπεριφορά προς το περιβάλλον και οι δημογραφικοί παράγοντες αναδεικνύονται ως οι πιο δημοφιλείς, καθώς πολλές έρευνες εξετάζουν αυτούς τους παράγοντες. Αντίθετα, ο παράγοντας των δεξιοτήτων εξετάζεται μόνο από ελάχιστες έρευνες, ίσως εξαιτίας της δυσκολίας που υπάρχει στην αξιολόγηση των δεξιοτήτων ανάλυσης, σύνθεσης, λήψης των κατάλληλων μέτρων και στρατηγικών για την προστασία του περιβάλλοντος και την αποκατάσταση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Στις σύγχρονες έρευνες γίνεται προσπάθεια να εξεταστούν ολοένα και περισσότεροι παράγοντες του Π.Γ., όπως η πρόθεση για συμμετοχή σε περιβαλλοντικές δράσεις, οι αξίες και οι ανησυχίες για το περιβάλλον, καθώς φαίνεται ότι επηρεάζουν σε μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό τη συμπεριφορά προς το περιβάλλον. Ταυτόχρονα, ο Π.Γ. σχετίζεται στενά με την Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη (ΕΑΑ), στην οποία τονίζεται ο επαναπροσδιορισμός της σχέσης ανθρώπου-κοινωνίας-φύσης, καθώς τα περιβαλλοντικά προβλήματα θα πρέπει να προσεγγίζονται ως κοινωνικά προβλήματα που αφορούν στο σύνολο της κοινωνίας (Φλογαΐτη 2006, Φλογαΐτη & Λιαράκου 2009). Η ανάπτυξη περιβαλλοντικά εγγράμματων ατόμων αποτελεί πρόταση των διεθνών Συνδιασκέψεων, δίνοντας παράλληλα έμφαση στην καλλιέργεια δεξιοτήτων, οι οποίες μεταξύ των άλλων, αναφέρονται στις ικανότητες για

συμμετοχή και δράση στη δημόσια ζωή και ανάληψη ευθυνών ως πολίτες της τοπικής κοινωνίας αλλά και όλου του κόσμου. Επομένως, η ανάπτυξη του Π.Γ. θα πρέπει να διατρέχει όλα τα προγράμματα σπουδών όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης και να αποτελεί έναν από τους σκοπούς της εκπαίδευσης.

5. Βιβλιογραφία

Φλογαΐτη, Ε. (2006). *Εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία*. Ελληνικά Γράμματα. Αθήνα.

Φλογαΐτη, Ε. & Λιαράκου, Γ. (Επ.). (2009). *Εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη. Από τη θεωρία στην πράξη*. Αρχάνες: ΚΠΕ Αρχανών.

Boubonari, T., Markos, A. & Kevrekidis, T. (2013). Greek pre-service teachers' knowledge, attitudes and environmental behavior towards marine pollution. *The Journal of Environmental Education, 44*, 232–251. DOI: 10.1080/00958964.2013. 785381.

Cheng, I. & Mui So, W. (2015). Teachers' environmental literacy and teaching – stories of three Hong Kong primary school teachers. *International Research in Geographical and Environmental Education, 24*(1), 58-79. DOI: 10.1080/10382046.2014.967111.

Desjean- Perrotta, B., Moseley, C. & Cantu, L. E. (2008). Preservice teachers' perceptions of the environment: Does ethnicity or dominant residential experience matter? *The Journal of Environmental Education, 39*, 21-32. DOI: 10.3200/ JOEE.39.2.21-32.

Erdogan, M. (2009). Fifth grade students' environmental literacy and the factors affecting students' environmentally responsible behaviors. (Unpublished doctoral dissertation). Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

Gavrilakis, C., Stylos, G., Kotsis, K.T. & Goulgouti, A. (2017). Environmental literacy assessment of Greek university pre-service teachers. *Science Education Research & Praxis* (in press). ISSN:1792-3166.

Goldman, D., Yavetz, B. & Pe'er, S. (2006). Environmental Literacy in Teacher Training in Israel: Environmental Behaviour of New Students. *Journal of Environmental Education, 38* (1), 3–22.

Goldman, D., Yavetz, B. & Pe'er, S. (2014). Student Teachers' Attainment of Environmental Literacy in Relation to their Disciplinary Major during Undergraduate Studies. *International Journal of Environmental & Science Education, 9*(4), 369-383.

Ikonomidis, S., Papanastasiou, D., Melas, D. & Avgoloupis, S. (2012). The Anthropogenic 'Greenhouse Effect': Greek Prospective Primary Teachers' Ideas About Causes, Consequences and Cures. *Journal of Science Education Technology, 21*, 768–779. DOI 10.1007/s10956-012-9365-0.

Kroufek, R., Çelik, C. & Can, Ş. (2015). The Comparison of Environmental Literacy of Czech and Turkish pre-service primary teachers using Elsa Scale. *Turkish Online Journal of Educational Technology, 2*, 557-560.

Kyriazi, P. & Mavrikaki, E. (2013). Development of an instrument to measure environmental literacy of post-secondary Greek students – Pilot testing and preliminary results. In C. P. Constantinou, N. Papadouris, A. Hadjigeorgiou (Eds.), E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference: Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning, Part 9 (co-eds. M. Achiam & G. S. Carvalho) (pp. 1651- 1658). Nicosia, Cyprus: European Science Education Research Association. ISBN: 978-9963-700-77-6.

Liarakou, G., Gavrilakis, C. & Flouri, E. (2009). Secondary school teachers, knowledge and attitudes towards renewable energy sources. *Journal of Science Education and Technology, 18*, 120–129.

Michail, S., Stamou, A. G. & Stamou, G. P. (2007). Greek primary school teachers' understanding of current environmental issues: An exploration of their environmental knowledge and images of nature. *Education, 91*(2), 244-259.

North American Association for Environmental Education (NAEE). (2010). *Guidelines for the preparation and professional development of environmental educators*. Washington DC: NAAEE. Retrieved from http://eelinked.naaee.net/n/guidelines/posts/Guidelines-for-the-Preparation-amp-Professional-Development-ofEnvironmental-Educators.

Ozsoy, S., Ertepinar, H. & Saglam, N. (2012). Can eco-schools improve elementary school students' environmental literacy levels? *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 13*(2).

Öztürk, G., Tüzün, O.Y. & Teksöz, G. (2013). Exploring environmental literacy through demographic variables. *Elementary Education Online, 12*(4), 926-937.

Pe'er, S., Goldman, D. & Yavetz, B. (2007). Environmental literacy in teacher training: attitudes, knowledge, and environmental behavior of beginning students. *Journal of Environmental Education 39*, 45–60. DOI: 10.3200/JOEE.39.1.45-59.

Roth, C. E. (1992). *Environmental Literacy: Its Roots, Evolution and Directions in the 1990s*. Colombus, ERIC Center for Science, Mathematics and environment Education.

Roth, W.M., Goulart, M.I., Plakitsi, K. (2013). Darkness|Light. In Roth, W.-M., Goulart, M.I.M., Plakitsi, K., *Science Education during Preschool Years. A Cultural-Historical Approach.* Dordrecht, 111-138. The Netherlands: Springer.

Saribas, D. (2015). Investigating the Relationship between Pre-Service Teachers' Scientific Literacy, Environmental Literacy and Life-Long Learning Tendency. *Science Education International, 26*(1), 80-100.

Saribas, D., Teksöz, G. & Ertepinar, H. (2013). The relationship between environmental literacy and self-efficacy beliefs toward environmental education. *In 5th World Conference on Educational Sciences. Procedia - Social and Behavioral Sciences* (pp. 3664 – 3668). Elsevier Ltd.

Spiropoulou, D., Antonakaki, T., Kontaxaki, S. & Bouras, S. (2007). Primary teachers' literacy and attitudes on education for sustainable development. *Journal of Science Education and Technology, 16,* 443-450. DOI 10.1007/s10956-007-9061-7.

Teksoz, G., Sahin, E. & Tekkaya-Oztekin, C. (2012). Modeling Environmental Literacy of University Students. *Journal of Science Education and Technology, 21*, 157-166. DOI 10.1007/s10956-011-9294-3.

Tuncer Teksoz, G., Boone, J. W., Yilmaz Tuzun, O. & Oztekin, C. (2014). An evaluation of the environmental literacy of preservice teachers in Turkey through Rasch analysis. *Environmental Education Research, 20*(2), 202-227. DOI: 10.1080/13504622.2013.768604.

Tuncer, G., Tekkaya, C., Sungur, S., Cakiroglu, J., Ertepinar, H. & Kaplowitz, M. (2009). Assessing pre-service teachers' environmental literacy in Turkey as a mean to develop teacher education programs. *International Journal of Educational Development, 29,* 426-436. Doi: 10.1016/j.ijedudev.2008.10.003.

U.N. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. Retrieved from https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld.

Yavetz, B., Goldman, D. & Pe'er, S. (2009). Environmental literacy in pre-service teachers in Israel: A comparison between students at the onset and end of their studies. *Environmental Education Research, 15*, 393–415. DOI:10.1080/1350462090292 8422.

Yumuşak, A., Özbaş, S., Sargin, S. & Baltaci, F. (2016). An Investigation for the Future Educators' Attitudes towards the Environmental Issues in the Context of Ecocentrism and Anthropocentrism. *International Journal of Environmental & Science Education, 11*(5), 603-612.

ΓΕΦΥΡΩΝΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ, ΤΙΣ ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΣΤΟ ΑΕΙΦΟΡΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ

Μαρία Τοπολιάτη

ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων & Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση Ιωαννίνων

Περίληψη

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στη μελέτη εφαρμοσμένης εκπαιδευτικής δράσης, με κεντρικούς άξονες τις μαθησιακές περιοχές των Φυσικών Επιστημών, των Νέων Τεχνολογιών και της εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη. Βασιζόμενοι στη *θεωρία της Δραστηριότητας* και την πεποίθηση ότι η μάθηση είναι αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης, κυρίαρχο μέλημα αποτελεί η επέκταση του μαθησιακού περιβάλλοντος έξω από τη σχολική αίθουσα και η εφαρμογή μη τυπικής μορφής διδασκαλίας, κατά την οποία το φυσικό, κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον των μαθητών αξιοποιείται ως πρωταρχική πηγή γνώσης. Το πλαίσιο έρευνας ολοκληρώνεται με τη διαδικασία αποτίμησης των διαδικασιών και των μαθησιακών αποτελεσμάτων του έργου και πραγματοποιείται από τον εκπαιδευτικό, τους μαθητές και την ευρύτερη κοινότητα.

Abstract

This paper focuses on the study of an applied educational project on the learning areas of Science, ICT and Education for Sustainable Development. Based on the Activity Theory and the belief that learning is a result of interaction, the dominant concern is to extend the learning environment outside the classroom. The children are practiced in a non-formal way of teaching, in which they utilize their natural, social and cultural environment as a primary source of knowledge. The project is completed with the process and learning outcomes evaluation, carried out by the teacher, the students and the wider local community.

1. Εισαγωγή

Απασχολεί έντονα τη σύγχρονη βιβλιογραφία ο ρόλος των Φυσικών Επιστημών και η οπτική της Αειφόρου Εκπαίδευσης στη μαθησιακή ανάπτυξη παιδιών προσχολικής ηλικίας τόσο σε επίπεδο θεωρητικής επένδυσης, όσο και βιωματικής εφαρμογής. Η εργασία επικεντρώνεται στην αξιοποίηση του φυσικού, κοινωνικού και πολιτισμικού περιβάλλοντος ως πρωταρχική πηγή γνώσης στο πλαίσιο εφαρμοσμένης μη τυπικής διδασκαλίας (Asghar 2012)

Στη μελέτη αυτή επιχειρείται να διερευνηθούν οι επιδόσεις των νηπίων σε όλο το εύρος του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών μετά την εφαρμογή αναπτυξιακής πρότασης διδασκαλίας με κεντρικούς άξονες τις Φυσικές Επιστήμες, την αξιοποίηση των νέων Τεχνολογιών και την εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη.

Το κυρίαρχο μέλημα της εργασίας αφορά στη διερεύνηση της ύπαρξης θετικής συνάφειας μεταξύ της δημιουργικής αξιοποίησης των φυσικών επιστημών και των νέων τεχνολογιών (Creative Little Scientists Consortium 2012) τόσο στην προσέγγιση της εκπαίδευσης για την αειφορία, όσο και την αποτελεσματική *επικοινωνία* των φυσικών επιστημών με το ευρύ κοινό.

2. Μεθοδολογία

Κατά τη φάση του σχεδιασμού και της υλοποίησης της εκπαιδευτικής αυτής παρέμβασης, εφαρμόζονται από τον εκπαιδευτικό έρευνα δράσης (Cohen & Manion 1994) και έρευνα πεδίου, ενώ ως μεθοδολογικά εργαλεία για την προσέγγιση της Αειφόρου Εκπαίδευσης αξιοποιούνται η κοινωνικοπολιτισμική προσέγγιση στη διδακτική των Φυσικών επιστημών (Πλακίτση 2012) και η εκπαιδευτική ρομποτική.
Στο εμπειρικό μέρος υλοποιούνται μέσα από συμμετοχικές και δημοκρατικές διαδικασίες (Τοπολιάτη 2015) προγραμματισμένες και αναδυόμενες δραστηριότητες, που έχουν ως στόχο τη διερεύνηση της σύνδεσης του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών με την προσέγγιση της Εκπαίδευσης για την Αειφορία και των μαθησιακών περιοχών του Αναλυτικού Προγράμματος του Νέου Σχολείου για την προσχολική ηλικία (ΥΠΕΠΘ 2011), οι οποίες αφορούν στην Προσωπική και Κοινωνική Ανάπτυξη των μαθητών, τη Γλώσσα, τα Μαθηματικά, τη Φυσική Αγωγή και τις Τέχνες.
Μολονότι το εφαρμοσμένο εκπαιδευτικό σενάριο βασίζεται στις γενικότερες αρχές μιας θεματικής προσέγγισης, υιοθετεί και στοιχεία ενός σχεδίου εργασίας (ΥΠΕΠΘ 2002), που αφορούν: στην υιοθέτηση προτάσεων των παιδιών, την εκτεταμένη χρονική διάρκεια περάτωσης, την επιδιωκόμενη συνεργασία με το οικογενειακό και ευρύτερο περιβάλλον και το διευκολυντικό ρόλο του εκπαιδευτικού, ως συνερευνητής. Παράλληλα, λειτουργεί ως έναυσμα για την εκδίπλωση και ανάπτυξη παράπλευρων θεματικών, σχετικών με το αρχικό θέμα.

Διεξαγωγή δραστηριοτήτων

Πριν τη μετάθεση του θέματος στην πράξη πραγματοποιείται η διαδικασία του ιστογράμματος, στην οποία ο εκπαιδευτικός και οι μαθητές καταθέτουν συνεργατικά λειτουργικές προτάσεις δραστηριοτήτων. Με τη χρήση του ανοιχτού τύπου λογισμικού Kidspiration δημιουργείται η εικονογραφημένη εννοιολογική χαρτογράφηση των προτάσεων, η εξακτίνωση της οποίας διευκολύνει το πρωτοαναγνωστικό επίπεδο των νηπίων.
Στο πλαίσιο της μελέτης του πεδίου τα παιδιά γνωρίζουν βιωματικά τα «τοπόσημα» της περιοχής τους (ΚΠΕ Κορδελιού 2015), δημιουργούν το δικό τους περιβαλλοντικό, ιστορικό και πολιτισμικό μονοπάτι και στη συνέχεια με τη συμβολή των νέων τεχνολογιών παρατηρούν μέσω δορυφορικών εικόνων και χαρτών (google map) την εικονική, ηλεκτρονική αναπαράστασή τους. Επιπλέον, συλλέγουν πληροφορίες και αρχειακό φωτογραφικό υλικό από το οικογενειακό και ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον τους (ΥΠ.ΠΟ.Α. 2014) και με βάση τα στοιχεία που συγκεντρώνουν, μελετούν και συγκρίνουν το παρόν με το παρελθόν.

Εικόνα 1: Αυτοσχέδια αποτύπωση χάρτη του περιβαλλοντικού μονοπατιού

Τέλος, αποτυπώνουν τις γνώσεις, που έχουν αποκομίσει στη μορφή αυτοσχέδιου χάρτη, μελετούν απλά φυσικά φαινόμενα και δημιουργούν με ανακυκλώσιμα υλικά μακέτα τρισδιάστατης απεικόνισης, την οποία αξιοποιούν ως εκπαιδευτικό εργαλείο για τον προγραμματισμό ρομποτικού συστήματος εδάφους (Bee-bot).

Εικόνα 2: Συμμετοχή στην ευρωπαϊκή εβδομάδα προγραμματισμού με την τρισδιάστατη/αυτοσχέδια μακέτα απεικόνισης, που αξιοποιήθηκε για προγραμματισμό ρομποτικού συστήματος

Εικόνα 3: Μελέτη απλών φυσικών φαινομένων: *«Έκρηξη του ηφαιστείου»*

Εικόνα 4: Παρουσίαση των εκπαιδευτικών δράσεων και αλληλεπίδραση με τους φοιτητές του Εργαστηρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών Ιωαννίνων

3. Αποτελέσματα

Για την επιτυχημένη υλοποίηση των εκπαιδευτικών δράσεων με κεντρικούς άξονες τη μελέτη των Φυσικών Επιστημών, των Νέων Τεχνολογιών και της Αειφόρου Εκπαίδευσης, η σχολική μονάδα τιμάται με την απονομή των σημαιών του Αειφόρου και του Οικολογικού Σχολείου

Το πλαίσιο μάθησης ολοκληρώνεται με τη διαδικασία αποτίμησης του έργου, η οποία πραγματοποιείται τόσο κατά τη διάρκεια, όσο και μετά την περάτωση των δραστηριοτήτων. Η ελκυστική μορφή διδασκαλίας, που προκύπτει μέσα από τη μελέτη των φυσικών επιστημών και των νέων τεχνολογιών δίνει νέα ώθηση στη μαθησιακή διαδικασία, οδηγεί στην ενεργητική συμμετοχή των μαθητών και την εμπλοκή της ευρύτερης κοινότητας, ενώ αλληλοδιαπλέκει όλες τις επιδιωκόμενες μαθησιακές περιοχές των αναλυτικών προγραμμάτων για το νηπιαγωγείο, με αποτέλεσμα η γνώση να γίνεται μόνιμη και η σκέψη πιο αποδοτική.

Τα ίδια τα παιδιά παρουσιάζουν συλλογικά και ατομικά τα αποτελέσματα της προσπάθειάς τους, ενώ συμπληρώνουν εικονογραφημένο ερωτηματολόγιο αυτοαξιολόγησης. Παράλληλη αξιολόγηση της διδακτικής διαδικασίας πραγματοποιείται από τον εκπαιδευτικό, τους γονείς και το ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον, με συμμετοχική ή μη παρατήρηση.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα αξιολόγησης του πλαισίου σχεδιασμού και εφαρμογής της εκπαιδευτικής δράσης μας βοηθούν να επιβεβαιώσουμε την αποτελεσματική *επικοινωνία* των φυσικών επιστημών και των νέων τεχνολογιών με την καθημερινή ζωή. Τόσο οι μαθητές, όσο οι γονείς και η ευρύτερη κοινότητα συμμετέχουν με ενθουσιασμό και η αλληλεπίδραση που αναπτύσσεται μεταξύ τους έχει ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα στην εκτύλιξη του εκπαιδευτικού έργου. Οι επιδιωκόμενοι μαθησιακοί στόχοι προσεγγίζονται βιωματικά και παράλληλα με την ολόπλευρη ανάπτυξη των παιδιών.

Εν κατακλείδει, συμπεραίνουμε ότι ο ανακαλυπτικός τρόπος απόκτησης της γνώσης μέσα από τη μελέτη των φυσικών επιστημών και των νέων τεχνολογιών συμβάλλει σημαντικά στην προσέγγιση της αειφόρου εκπαίδευσης, το «άνοιγμα» του σχολείου και την υιοθέτηση θετικών στάσεων συμπεριφοράς από τους μαθητές, που τους καθιστούν ικανούς και ενεργούς αυριανούς πολίτες απέναντι στη γνώση και το σύγχρονο κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο.

Βιβλιογραφία

Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Ελευθερίου Κορδελιού και Βερτίσκου (2015). Υλικό από Δίκτυο «Βιώσιμη Πόλη: Η πόλη πεδίο εκπαίδευσης για την Αειφορία».

Πλακίτση, Κ. (επιμ.) (2012). *Κοινωνιογνωστικές και κοινωνικοπολιτισμικές προσεγγίσεις στη διδακτική των φυσικών επιστημών στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία.* Αθήνα: Πατάκης.

Τοπολιάτη, Μ. (2015). *Δημοκρατία και Συμμετοχή στο Νηπιαγωγείο, Συλλογικός Τόμος του Αειφόρου Ελληνικού Σχολείου*, Αθήνα: Ελληνική Εταιρεία Περιβάλλοντος και Πολιτισμού, σ.43-47.

ΥΠ.ΠΟ.Α., 8η Εφορεία Βυζαντινών Αρχαιοτήτων (2014). *Μεταβυζαντινά Μνημεία Κληματιάς.* Έκδοση Α, Ιωάννινα: Γραφικές Τέχνες Θεοδωρίδη.

ΥΠΕΠΘ, (2011). Νέο Σχολείο (21ου αιώνα)-Νέο Πρόγραμμα Σπουδών-Οριζόντια Πράξη, ΕΣΠΑ 2007-2013.

ΥΠΕΠΘ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο(2002). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών για το Νηπιαγωγείο και Προγράμματα Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Δραστηριοτήτων, Αθήνα.

Asghar, A. (2012) Informal Science Contexts: Implications for Formal Science Learning. *LEARNing Landscapes, 5*(2), p. 55-72.

Creative Little Scientists Consortium (2012) Enabling Creativity through Science and Mathematics in Preschool and First Years of Primary Education. D2.2 Conceptual Framework.

Cohen, L. – Manion, L. (1994). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. Μτφρ: Μητσοπούλου, Χρ.-Φιλοπούλου, Μ. Αθήνα: Μεταίχμιο.

ΕΝΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΠΤΥΧΕΣ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Οργανωτές: Πέτρος Καριώτογλου[1], Άννα Σπύρτου[2]

[1]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Συζητητής: Βασίλης Τσελφές

ΤΕΑΠΗ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Στην Παιδαγωγική Σχολή του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, τη διετία 2014-2015 σχεδιάσαμε, υλοποιήσαμε και αξιολογήσαμε ένα πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών (ΦΕ). Στόχοι του προγράμματος ήταν α) η διεύρυνση απόψεων και πρακτικών των εκπαιδευτικών με τις σύγχρονες τάσεις της βιβλιογραφίας β) η μελέτη των παραγόντων που βοήθησαν ή δυσκόλεψαν την επιτυχία του προγράμματος και γ) η ανάπτυξη διδακτικών υλικών, ως δειγμάτων καλής διδακτικής πρακτικής και η ανάπτυξη πρότασης για την εφαρμογή παρόμοιου προγράμματος, σε ευρύτερη κλίμακα.
Οι τάσεις της Διδακτικής των ΦΕ (ΔΦΕ) που προσπαθήσαμε να διαμεσολαβήσουμε στους εκπαιδευτικούς ήταν: η διερεύνηση, ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου, η μη τυπική εκπαίδευση, οι Διδακτικές -Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ), η διδασκαλία της διαδικαστικής γνώσης, η επιστημολογική γνώση και τα μοντέλα.
Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε σε τρεις κατευθύνσεις: α) Προσχολικής εκπαίδευσης (5 Νηπιαγωγοί) β) Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (4 δάσκαλοι/ες) και γ) Μη τυπικής εκπαίδευσης (4 εκπαιδευτικοί = 2 Α' και 2Β'βάθμιας εκπαίδευσης).
Το πρόγραμμα υλοποιήθηκε σε τρεις φάσεις: 1η) καταγράφηκαν οι απόψεις, πρακτικές και ανάγκες εκπαιδευτικών και αναπτύχθηκαν 3 ΔΜΑ ως δείγματα καλής διδακτικής πρακτικής. Επίσης Διδάχτηκαν στους εκπαιδευτικούς και συζητήθηκαν οι σύγχρονες τάσεις της ΔΦΕ που αναφέρθηκαν παραπάνω 2η) μελετήθηκαν οι 3 ΔΜΑ, τροποποιήθηκαν από τους εκπαιδευτικούς, εφαρμόστηκαν στις τάξεις τους και αξιολογήθηκαν 3η) οι εκπαιδευτικοί σχεδίασαν τις δικές τους ΔΜΑ, τις εφάρμοσαν στις τάξεις τους και τις αξιολόγησαν.
Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με κλείδα παρατήρησης, ερωτηματολόγια και οδηγούς συνέντευξης, με ημερολόγια εκπαιδευτικών και ερευνητών σε όλες τις φάσεις του προγράμματος. Όλα τα εργαλεία αναπτύχθηκαν και εγκυροποιήθηκαν στα πλαίσια του προγράμματος. Δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στο έλεγχο εγκυρότητας των εργαλείων, αλλά και της ανάλυσης των δεδομένων.
Στο συμπόσιο θα παρουσιαστούν οι παρακάτω τέσσερις εργασίες, που εστιάζουν στα αποτελέσματα των 3 κατευθύνσεων του προγράμματος.

- Η πρώτη εργασία έχει τίτλο: «*Εκπαίδευση Νηπιαγωγών και Επαγγελματική Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες: διαδικασίες τροποποίησης/αλλαγής των εκπαιδευτικών πεποιθήσεων και πρακτικών»* (κατεύθυνση Προσχολική Εκ/ση).
- Η δεύτερη εργασία έχει τίτλο: «*Αξιολόγηση προγράμματος εκπαίδευσης πρωτοβάθμιων εκπαιδευτικών: Η εξέλιξη όψεων της ΠΓΠ που αφορούν τη διερευνητική διδασκαλία-μάθηση»* (κατεύθυνση Πρωτοβάθμια Εκ/ση).
- Η τρίτη εργασία έχει τίτλο *«Συμβολή των προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης στη διεύρυνση των απόψεων και πρακτικών εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας στις σύγχρονες τάσεις των Φυσικών Επιστημών»* (Μη τυπική Εκ/ση, Β/θμιοι) και τέλος, η τέταρτη εργασία έχει τίτλο *«Ενίσχυση των διερευνητικών πρακτικών των εκπαιδευτικών μέσω προγράμματος επαγγελματικής ανάπτυξης»* (Μη τυπική Εκ/ση συνολικά).

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗΣ/ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΠΕΠΟΙΘΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ

Πηνελόπη Παπαδοπούλου, Σοφία Αυγητίδου

ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η έρευνα αυτή μελετά τις διαδικασίες τροποποίησης και αλλαγών των πεποιθήσεων και πρακτικών των νηπιαγωγών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση, αξιοποιώντας το θεωρητικό πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής. Συγκεκριμένα μελετάμε τις πεποιθήσεις και πρακτικές των νηπιαγωγών ως προς τις εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, τη διαδικαστική γνώση και τη διερεύνηση. 5 νηπιαγωγοί συμμετείχαν σε ένα ετήσιο πρόγραμμα υποστήριξης της επαγγελματικής τους μάθησης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ιδιαίτερα στο σχεδιασμό Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών για μικρά παιδιά. Οι εκπαιδευτικοί υποστηρίχθηκαν ως ερευνητές και αναστοχαζόμενοι επαγγελματίες στο πλαίσιο μία κοινότητας πρακτικής με ισότιμη συμμετοχή όλων των μελών της.

Abstract

The purpose of this study is to examine changes in early childhood education teachers (ECETs) conceptions and practices in science teaching, using conceptual change as a lens. Specifically, we study the meaning given by teachers to children's conceptions, procedural knowledge and inquiry as well as their use in designing science teaching activities. 5 ECETs were engaged in a yearlong professional learning project in instructional design, particularly in designing and implementing Science Teaching Learning Sequences (TLS) for preschoolers. Teachers were supported as researchers and reflective practitioners within a learning and practice community where all members participated on equal terms.

1. Εισαγωγή

Οι σύγχρονες τάσεις στην εκπαίδευση των ΦΕ απαιτούν από τους εκπαιδευτικούς να διδάξουν διαφορετικά από ότι στο παρελθόν. Αυτό κατά κύριο λόγο σημαίνει να συνδέσουν τις ΦΕ με τη ζωή των εκπαιδευόμενων και να δώσουν έμφαση στην ικανοποίηση από την αναζήτηση απάντησης σε ενδιαφέρουσες ερωτήσεις και στην χαρά της ανακάλυψης ή και της εφεύρεσης. Προϋπόθεση είναι η παιδαγωγική μετατόπιση από την απομνημόνευση γεγονότων και την παρουσίαση της πληροφορίας από τους εκπαιδευτικούς στη διερεύνηση των εκπαιδευόμενων και στην εξέταση σε βάθος των βασικών επιστημονικών εννοιών (Wilson et al. 2015). Αυτό σημαίνει ότι οι εκπαιδευτικοί χρειάζονται νέα είδη μαθησιακών ευκαιριών και σημαντική υποστήριξη που αφορά τόσο το περιεχόμενο και τις επιστημονικές πρακτικές όσο και την παιδαγωγική γνώση που αφορά το περιεχόμενο και τις επιστημονικές πρακτικές. Σημαίνει επίσης την σύνδεση των εκπαιδευτικών με την εκπαιδευτική έρευνα, καθώς οι εκπαιδευτικοί δεν είναι πάντα ενήμεροι για τα ευρήματα της, όπως για παράδειγμα συμβαίνει με την ανίχνευση και τη διδακτική αξιοποίηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των

εκπαιδευόμενων (Mthethwa-Kunene et al. 2015). Σημαίνει τέλος την επίγνωση των εκπαιδευτικών για τη μετατόπιση της διδασκαλίας των ΦΕ από την αποκλειστική επικέντρωση στο περιεχόμενο στη διδασκαλία των ΦΕ ως ένα σύνολο πρακτικών. Για να κατανοήσουν οι εκπαιδευόμενοι τον τρόπο με τον οποίο παράχθηκε η γνώση στις ΦΕ θα πρέπει να μελετήσουν ή να εμπλακούν στις συνήθεις επιστημονικές πρακτικές (Duschl & Grandy 2013, Osborn 2014).

Η απαίτηση για διαφοροποίηση του τρόπου διδασκαλίας προϋποθέτει μία διαδικασία όπου οι εκπαιδευτικοί θα χρειαστεί να αναθεωρήσουν προηγούμενες γνώσεις και πρακτικές διδασκαλίας των ΦΕ (Woodbury & Gess-Newsome2002). Οι Southerland et al.(2011) προτείνουν ότι η εννοιολογική αλλαγή μπορεί να αξιοποιηθεί για τη μελέτη της διδακτικής σκέψης των εκπαιδευτικών, αφού ό,τι μαθαίνουν οι εκπαιδευτικοί σε ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών επηρεάζεται από την προηγούμενη γνώση και τις πεποιθήσεις τους (Dana et al. 1998).Οι πεποιθήσεις τους αυτές πιθανά θα χρειαστεί να αλλάξουν σε ότι αφορά το περιεχόμενο, τη διδασκαλία και τη μάθηση στις ΦΕ.Η αναθεώρηση και τροποποίηση των εκπαιδευτικών πεποιθήσεων αποτελεί προϋπόθεση και αναμένεται να οδηγήσει σε μία τροποποίηση των πρακτικών τους (Borko 2004, Gorodetsky et al. 1997).

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη, από τη μια, ότι είναι μέγιστης σημασία η συμμετοχή των παιδιών σε ουσιαστικές δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών (Eshach 2006) και, από την άλλη, την ανάγκη υποστήριξης των εκπαιδευτικών στην αναθεώρηση των προηγούμενων πεποιθήσεων και πρακτικών τους στις ΦΕ (Kallery 2016), οι τρεις βασικές επιδιώξεις στο πλαίσιο του προγράμματος «Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών στις Φυσικές Επιστήμες» (STED) αφορούσαν: στην κατανόηση της σημασίας των εναλλακτικών αντιλήψεων των παιδιών και του τρόπου διαχείρισής τους, στην νοηματοδότηση και στην διδασκαλία της διαδικαστικής γνώσης και της διερεύνησης σε μικρά παιδιά. Επιπλέον, οι επιδιώξεις αυτές προέκυψαν μετά την διερεύνηση των αρχικών πεποιθήσεων και πρακτικών των πέντε συμμετεχόντων νηπιαγωγών. Κατά τη διερεύνηση αυτή διαπιστώθηκε είτε άγνοια είτε παρανοήσεις στη νοηματοδότηση, αλλά και την ικανότητά τους να ενισχύσουν τη διαχείριση εναλλακτικών αντιλήψεων, τη διαδικαστική γνώση και τη διερεύνηση με μικρά παιδιά κατά τη διδασκαλία ΦΕ στην τάξη (Αυγητίδου κ.ά. 2014).

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιαστούν τόσο οι διαδικασίες υποστήριξης της επαγγελματικής μάθησης των εκπαιδευτικών στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) όσο και η σχέση τους με τροποποιήσεις/αλλαγές που επιτεύχθηκαν στα παραπάνω θέματα στο επίπεδο τόσο των εκπαιδευτικών πεποιθήσεων όσο και των εκπαιδευτικών πρακτικών υπό το πρίσμα της εννοιολογικής αλλαγής (conceptual change).

2. Μεθοδολογία

Οι συμμετέχουσες εκπαιδευτικοί (5 έμπειρες νηπιαγωγοί με περισσότερα από 15 χρόνια υπηρεσίας) ενισχύθηκαν σε τρία επίπεδα και με διαφορετικά εργαλεία για την επίτευξη των επιδιώξεων του προγράμματος. Τα επίπεδα αφορούσαν α) στην ενίσχυση του αναστοχασμού τους για τις υπάρχουσες πεποιθήσεις και πρακτικές τους στη διδασκαλία των ΦΕ αλλά και καθόλη την πορεία σκέψης, σχεδιασμού και δράσης κατά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα, β) στην ενίσχυση των σχεδιαστικών τους ικανοτήτων, λαμβάνοντας υπόψη τις σύγχρονες θεωρίες για τη διδακτική των ΦΕ και γ) στην ενίσχυση των ερευνητικών τους ικανοτήτων με στόχο τόσο τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε σχέση με τη συμμετοχή των παιδιών στις δραστηριότητες των ΦΕ και την αξιολόγηση της μάθησής τους όσο και σε σχέση με τον κριτικό αναστοχασμό των διδακτικών τους επιλογών και ενεργειών αλλά και των αποτελεσμάτων τους.

Τα εργαλεία υποστήριξης που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ατομικές αναστοχαστικές συνεντεύξεις σε διαφορετικές φάσεις του προγράμματος, ομαδικές συναντήσεις διαλόγου και ανατροφοδότησης, δομημένα ημερολόγια για την καταγραφή του σχεδιασμού, της υλοποίησης και της αξιολόγησης της διδασκαλίας που συμπλήρωναν οι ίδιες οι εκπαιδευτικοί και κλείδες παρατήρησης για την καταγραφή των πρακτικών τους στην τάξη που συμπλήρωναν μέλη της ερευνητικής ομάδας. Τα δεδομένα (συνεντεύξεις, πρακτικά ομαδικών συναντήσεων, ημερολογιακές καταγραφές και κλείδες παρατήρησης) αναλύθηκαν μέσω της συνεχούς συγκριτικής ανάλυσης (Glaser&Strauss 1967).
Για να εντοπίσουμε ποιες ήταν οι κύριες ενέργειες για την αναδόμηση των γνώσεων και των πρακτικών των ΕΠΕ στις ΦΕ κατασκευάστηκαν πίνακες των πεποιθήσεων (στήλη 1) και των πρακτικών (στήλη 2) των εκπαιδευτικών προσχολικής εκπαίδευσης σε διαφορετικές φάσεις του προγράμματος (πριν την έναρξη, κατά τη διάρκεια, στο τέλος) και προσδιορίστηκε ο σκοπός και το περιεχόμενο της υποστήριξης (στήλη 3).
Για να εντοπίσουμε ποιες αλλαγές παρατηρήθηκαν στις πεποιθήσεις και τις πρακτικές των ΕΠΕ στις ΦΕ κατά τη διάρκεια και στο τέλος του προγράμματος συγκρίθηκαν οι πρακτικές των διαφόρων φάσεων (παρατήρηση) με την σχετική γνώση και την κατανόηση των εκπαιδευτικών (αναστοχαστικές συνεντεύξεις, καταχωρήσεις στα ημερολόγια των εκπαιδευτικών, πρακτικά συναντήσεων).

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν διαφοροποιημένες, αλλά σημαντικές μετατοπίσεις και αλλαγές τόσο στις εκπαιδευτικές πεποιθήσεις όσο και στις εκπαιδευτικές πρακτικές. Συγκεκριμένα:

Πίνακας 1: Απόψεις, πρακτικές και ανατροφοδότηση των Εκπαιδευτικών Προσχολικής Εκπαίδευσης για τις εναλλακτικές αντιλήψεις πριν την έναρξη του προγράμματος επαγγελματικής μάθησης

Απόψεις (συνεντεύξεις)	**Πρακτικές** *(παρατήρηση)*	**Διάγνωση/απόφαση**
Κάθε ιδέα/άποψη/γνώση που εκφράζουν τα παιδιά. *Ότι πίστευαν και ότι έλεγαν μέσα στο μάθημα και ότι αντιλαμβανόταν εκείνη τη στιγμή και το άλλαζαν μόνα τους.* Ε4: πρακτικά συναντήσεων*	Δεν λαμβάνουν υπ' όψη τους τις εναλλακτικές αντιλήψεις. *Ε. Γιατί πιστεύεις ότι θα βουλιάξει;* *Π. Γιατί είναι μικρό και λεπτό. (μεταλλικό αντικείμενο)* *Ε. Βάλτο μέσα. Τι έγινε;* *Π. Βούλιαξε.* *Ε. Εντάξει* Ε3-Φύλλο αρχικής παρατήρησης	Παρανόηση/ θεωρητική ανατροφοδότηση και παραδείγματα για αναστοχασμό

*Στα τεκμήρια που παρατίθενται στους πίνακες, καταγράφεται η εκπαιδευτικός την οποία αφορά το απόσπασμα (σε αυτή την περίπτωση Εκπαιδευτικός 5 (Ε5) και η πηγή δεδομένων από την οποία αντλήθηκε το τεκμήριο (στην προκειμένη περίπτωση το ημερολόγιο της εκπαιδευτικού)

Πίνακας 2: Απόψεις, πρακτικές και ανατροφοδότηση των Εκπαιδευτικών Προσχολικής Αγωγής για τις εναλλακτικές αντιλήψεις κατά τη διάρκεια του προγράμματος επαγγελματικής μάθησης

Απόψεις (πρακτικά συναντήσεων, ημερολόγια, αναστοχαστικές συνεντεύξεις)	**Πρακτικές** (παρατήρηση)	**Διάγνωση/απόφαση**
Περιορισμένη αλλαγή *Με κατέπληξαν οι ιδέες των παιδιών. Είχαν ένα σωρό «σωστές» εξηγήσεις για όλα όσα παρατηρούσαν.* Ε5: Καταχώρηση ημερολογίου Νέες παρανοήσεις • Εναλλακτικές είναι οι αντιλήψεις που καταγράφονται στις συνεντεύξεις με τα παιδιά πριν την διδασκαλία (pre-tests). • Το έλλειμμα γνώσης είναι εναλλακτική αντίληψη. *Από τις συνεντεύξεις με τα παιδιά ήταν φανερό ότι δεν γνώριζαν και πολλά πράγματα για τις χρήσεις του νερού.* Ε2: Καταχώρηση ημερολογίου	Δεν αναγνωρίζουν όλες τις εναλλακτικές αντιλήψεις *Ε: Τι θα συμβεί όταν θα βάλλω το παγάκι στην κατάψυξη;* *Π. Θα παραμείνει στερεό αλλά θα μεγαλώσει.* *Ε. Και αν ζεστάνω τον ατμό;* *Π. Θα γίνει μεγαλύτερος ατμός.* *Τ ...* Ε3: Φύλλο παρατήρησης	Παρανόηση / Θεωρητική ανατροφοδότηση και καθοδηγούμενος αναστοχασμός ο οποίος βασίσθηκε σε παραδείγματα αντίστοιχων πρακτικών, δηλαδή εναλλακτικών αντιλήψεων που διατύπωσαν τα παιδιά, αλλά οι εκπαιδευτικοί τα άφησαν να περάσουν απαρατήρητα.

Πίνακας 3: Απόψεις, πρακτικές και ανατροφοδότηση των Εκπαιδευτικών Προσχολικής Αγωγής για τις εναλλακτικές αντιλήψεις στο τέλος του προγράμματος επαγγελματικής μάθησης

Απόψεις (πρακτικά συναντήσεων, ημερολόγια, αναστοχαστικές συνεντεύξεις)	**Πρακτικές** (παρατήρηση)	**Διάγνωση / απόφαση**
Το νόημα που αποδίδουν οι ΕΠΕ είναι παρόμοιο με το αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα της Εκπαίδευσης στις ΦΕ. Αντιλήφθηκαν την αναγκαιότητα καταγραφής των διαισθητικών αντιλήψεων πριν την διδασκαλία σε διάφορα πλαίσια και ηλικίες. *Όταν σχεδιάζαμε την ΔΜΑ είχα υπ' όψη μου τις ιδέες των παιδιών έτσι όπως αναφέρονται στη βιβλιογραφία. Αλλά και εκείνες που εμφανίστηκαν στα pre-tests*	ΟΙ ΕΠΕ σχεδίασαν δραστηριότητες κατάλληλες για τη διδακτική διαχείριση των εναλλακτικών αντιλήψεων. Επίσης ήταν ικανές να τροποποιήσουν την διδασκαλία τους και να αντιμετωπίσουν τις διαισθητικές αντιλήψεις που εμφανίστηκαν κατά τη διδασκαλία.	Οι ΕΠΕ αναζήτησαν στην βιβλιογραφία τις εναλλακτικές αντιλήψεις που σχετίζονται με το μαγνητισμό και συζήτησαν ως ομάδα για το τι βρήκαν όπως επίσης και ποιες θα είναι οι εναλλακτικές αντιλήψεις που θα προσπαθήσουν να αποδομήσουν κατά τη διδασκαλία τους.

π.χ. «Οι μαγνήτες έλκουν το γυαλί». Και γι αυτό στην δραστηριότητα ταξινόμησης πρόσθεσα έναν γυάλινο βώλο. Ε1: Καταχώριση ημερολογίου	*Π. Οι μαγνήτες κολλούν τα σίδερα.* *Ε. Αλήθεια; Οι μαγνήτες κολλούν. Πάρε έναν μαγνήτη. Πάρτε όλοι έναν μαγνήτη στα χέρια σας. Πες μου τώρα. Υπάρχει κόλλα; Βλέπεις κόλλα;* *Π. Όχι* *Ε. Τελικά ο μαγνήτης κολλάει;* *Π. Όχι, τραβάει το σίδερο* Ε1: Φύλλο παρατήρησης	Οι ΕΠΕ απέκτησαν επίγνωση για τη σχέση μεταξύ εναλλακτικών αντιλήψεων, μαθησιακών στόχων και αναμενόμενων αποτελεσμάτων.

i) Η αρχική νοηματοδότηση των **εναλλακτικών αντιλήψεων των παιδιών** έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί κατανοούσαν ως εναλλακτικές αντιλήψεις/ιδέες όλες τις πρότερες γνώσεις των παιδιών σε σχέση με την έννοια ή το φαινόμενο που επεξεργαζόταν (πίνακας 1). Υπό αυτή την έννοια, θεωρούσαν ότι τροποποιούσαν τις εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών όταν βασίζονταν στην πρότερη γνώση των παιδιών και προσπαθούσαν να την αλλάξουν. Στη μέση του προγράμματος, νέες παρανοήσεις προέκυψαν, που αφορούσαν είτε στην κατανόησή των εναλλακτικών αντιλήψεων ως αποτέλεσμα ενός γνωστικού ελλείμματος των παιδιών είτε στη θεώρησή τους σε σχέση μόνο με όσα ανέφεραν τα παιδιά στις αρχικές τους συνεντεύξεις πριν τη διδασκαλία, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι αντιλήψεις των παιδιών κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (βλέπε πίνακα 2). Στο τέλος του προγράμματος παρατηρήθηκε η επιστημονική κατανόηση του όρου και η αναγνώριση της αναγκαιότητας καταγραφής και αναδόμησης των εναλλακτικών αντιλήψεων από τις νηπιαγωγούς κατά τη διδακτική διαδικασία (βλέπε πίνακα 3).

Πίνακας 4: Απόψεις, πρακτικές και ανατροφοδότηση των Εκπαιδευτικών Προσχολικής Εκπαίδευσης για τη διαδικαστική γνώση πριν την έναρξη του προγράμματος επαγγελματικής μάθησης

Απόψεις (συνεντεύξεις)	**Πρακτικές** (παρατήρηση)	**Διάγνωση/απόφαση**
Καμία αναφορά στη διαδικαστική γνώση. Καλλιεργούν ορισμένες από τις επιστημονικές /διερευνητικές δεξιότητες (παρατήρηση, διατύπωση υπόθεσης κλπ.). Δεν διδάσκουν συστηματικά στα παιδιά τις βασικές επιστημονικές πρακτικές.	Παρατηρώ σημαίνει βλέπω *Εσείς οι τρεις πηγαίνετε έξω στην αυλή και πείτε μου τι είδατε* Ε1-Φύλλο αρχικής παρατήρησης	Έλλειψη γνώσης. Αναστοχασμός για τους στόχους που επιδίωξαν με τις συγκεκριμένες πρακτικές και σύγκριση/αναστοχασμός για τον σκοπό της διδασκαλίας των ΦΕ. Εξήγηση του νοήματος του όρου και της σημαντικότητας της διδασκαλίας της διαδικαστικής γνώσης σε συσχέτιση και με την καλλιέργεια των επιστημονικών δεξιοτήτων.

Πίνακας 5: Απόψεις, πρακτικές και ανατροφοδότηση των Εκπαιδευτικών Προσχολικής Αγωγής για τη διαδικαστική γνώση κατά τη διάρκεια του προγράμματος επαγγελματικής μάθησης

Απόψεις (συνεντεύξεις)	**Πρακτικές** (παρατήρηση)	**Διάγνωση/απόφαση**
• Γίνεται αντιληπτή ως η διαδοχή των δραστηριοτήτων που επέλεξε η εκπαιδευτικός με συγκεκριμένη σειρά, π.χ. πρώτα θα συζητήσουμε αυτό, στη συνέχεια θα δείξουμε … και μετά τα παιδιά θα … • Διδασκαλία των επιστημονικών/διερευνη-τικών πρακτικών όχι ως γενικευμένων πρακτικών αλλά σε στενή σχέση με το περιεχόμενο. *Οι περισσότερες από σας ζητήσατε από τα παιδιά να ταξινομήσουν φωτογραφίες με βάση το τι απεικόνιζαν: νερό στην υγρή κατάσταση, στην αέρια, στην στερεή. Δεν τους ζητήσατε να κάνουν την ομαδοποίηση των εικόνων αναγνωρίζοντας ομοιότητες και διαφορές και στη συνέχεια να ονομάσουν τις εικόνες που προέκυψαν.* Φύλλο καθοδήγησης του αναστοχασμού	Δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στα πειράματα επίδειξης έστω με επεξηγήσεις και όχι στην παρουσίαση και εξήγηση των βασικών βημάτων για τον καθοδηγούμενο μεν αλλά σχετικά αυτόνομο πειραματισμό των παιδιών. *[Η ΕΠΕ δίνει λεπτομερείς οδηγίες για τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στο πείραμα.) – Θα βάλουμε τη γυάλινη λεκάνη στο τραπέζι και θα τη γεμίσουμε με νερό … Προσέχουμε να μην πάρουμε τα ίδια αντικείμενα που ήδη έχουμε.* Ε1 Φύλλο Παρατήρησης	1. Αντίθεση στην κατανόηση ΕΠΕ και ερευνητών: Οι εκπαιδευτικοί περιγράφουν στα ημερολόγιά τους ότι τα παιδιά παρατηρούν σε ομάδες και παρουσιάζουν τα αποτελέσματα του πειραματισμού τους στις άλλες ομάδες. Αντίθετα οι ερευνητές παρατήρησαν ότι τα παιδιά δούλευαν ατομικά – ακόμη και όταν καθόταν σε ομάδες – και δεν τους είχαν ανατεθεί συγκεκριμένα καθήκοντα. 2. Οι ΕΠΕ ζήτησαν από τα παιδιά να περιγράψουν/αφηγηθούν τον κύκλο του νερού όπως τον παρατήρησαν στον πειραματισμό τους. **Αναστοχασμός για την αντίθεση που παρατηρήθηκε:** τι εννοούμε με τον όρο «Διαδικαστική γνώση»; Ποια είναι τα βήματα ή οι οδηγίες για την καλλιέργεια των επιστημονικών δεξιοτήτων στα παιδιά κατά τη διερεύνηση; Συζήτηση στην ομάδα (ΕΠΕ-ερευνητών) «καλών» και «κακών» παραδειγμάτων πρακτικών όπως και δυνατές εναλλακτικές πρακτικές.

Πίνακας 6: Απόψεις, πρακτικές και ανατροφοδότηση των Εκπαιδευτικών Προσχολικής Αγωγής για τη διαδικαστική γνώση στο τέλος του προγράμματος επαγγελματικής μάθησης

Απόψεις (συνεντεύξεις)	**Πρακτικές** (παρατήρηση)	**Διάγνωση/απόφαση**
Το νόημα που αποδίδουν οι ΕΠΕ είναι παρόμοιο με το αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα της Εκπαίδευσης στις ΦΕ. *Υπήρχαν βήματα για την διερευνητική διδασκαλία και κάθε φορά τα διδάσκαμε ρητά.* • *Πριν την δουλειά στις ομάδες άκουγαν τις οδηγίες και συζητούσαν.* • *Στις ομάδες τους κατέγραφαν τις υποθέσεις τους στα φύλλα εργασίας.* • *Κάθε ομάδα θα έπρεπε να παρουσιάσει και να αιτιολογήσει την υπόθεσή της σ' όλη την τάξη.* • *Τα παιδιά πειραματιζόταν με πραγματικά αντικείμενα και υλικά.* • *Κατέγραφαν τα αποτελέσματά τους και έλεγχαν τις υποθέσεις τους στα φύλλα εργασίας τους.* Ε4: Καταχώρηση ημερολογίου	Φαίνεται ότι οι ΕΠΕ περιέγραφαν τα βήματα της διερεύνησης με μικτό τρόπο. Με γενικούς όρους αλλά και σε σύνδεση με το περιεχόμενο. *Ε. Κάνουμε το πείραμα για να ελέγξουμε όλα όσα σκεφτήκαμε και γράψαμε στα φύλλα εργασίας μας. Για να καταλάβουμε ποια αντικείμενα τραβούν οι μαγνήτες. Το χρειαζόμαστε γιατί δεν έκαναν όλα τα παιδιά την ίδια υπόθεση.* Ε1: Φύλλο παρατήρησης	Συζητήσεις κατά τον σχεδιασμό της ΔΜΑ για να αποφασισθεί από κοινού για το πώς θα εκπαιδευθούν τα παιδιά να συμμετέχουν στο πειραματισμό. Ποιο είδος ερωτήσεων χρειαζόταν (Πώς θα κάνουμε το πείραμα; Τι θα χρειαστούμε; Πώς θα θυμόμαστε τι παρατηρήσαμε;)

ii) Σε σχέση με τη **διαδικαστική γνώση**, οι εκπαιδευτικοί δεν γνώριζαν καθόλου τον όρο και τη σημασία του για τη διδασκαλία των ΦΕ (πίνακας 4). Στη μέση του προγράμματος κατανόησαν λανθασμένα τη διαδικαστική γνώση ως μία σειρά διαδοχικών βημάτων που ακολουθούνται κατά τη διδακτική διαδικασία (πίνακας 5). Παρόλο που όλες οι νηπιαγωγοί προσπάθησαν να διδάξουν τη διαδικαστική γνώση στα παιδιά, κάποιες επέμεναν μέχρι το τέλος του προγράμματος να τη θεωρούν ως μία σειρά διαδοχικών βημάτων, ενώ άλλες κατανόησαν τι σημαίνει διαδικαστική γνώση και πώς μπορεί να διδαχτεί (πίνακας 6).

Πίνακας 7: Απόψεις, πρακτικές και ανατροφοδότηση των Εκπαιδευτικών Προσχολικής Εκπαίδευσης για τη διερεύνηση πριν την έναρξη του προγράμματος επαγγελματικής μάθησης

Απόψεις (συνεντεύξεις)	**Πρακτικές** (παρατήρηση)	**Διάγνωση/απόφαση**
Κατανοητή ως γενική συζήτηση με τα παιδιά κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων ΦΕ ή των πειραμάτων.	Κυρίως διατύπωση ερωτήσεων και υποβοήθηση των παιδιών στην απάντηση. *Έκανε στα παιδιά πολλές ερωτήσεις για να τους δώσει την ευκαιρία να που την άποψή*	Παρανόηση/ Αναστοχασμός σχετικά με τη φύση των ερωτήσεων και το τι συνεισφέρουν στη διερεύνηση. Θεωρητική ανατροφοδότηση και παραδείγματα σχετικά με τα

	τους, αλλά τα παιδιά με τις απαντήσεις τους απλά θυμόταν ή έβλεπαν πράγματα. Ε2: Φύλλο αρχικής παρατήρησης Έκαναν πειράματα αλλά δεν συνόψιζαν.	διάφορα είδη διερεύνησης.

Πίνακας 8: Απόψεις, πρακτικές και ανατροφοδότηση των Εκπαιδευτικών Προσχολικής Αγωγής για τη διερεύνηση κατά τη διάρκεια του προγράμματος επαγγελματικής μάθησης

Απόψεις (συνεντεύξεις)	**Πρακτικές** (παρατήρηση)	**Διάγνωση/απόφαση**
Ακόμη η επικέντρωση είναι στη συζήτηση με τα παιδιά, αλλά κάνουν προσπάθειες να μην απαντούν οι ίδιες. *Δεν τα διόρθωνα καθόλου και ήταν η πρώτη φορά που άφηνα αναπάντητες ερωτήσεις και στο τέλος ξαφνικά είχαν τις απαντήσεις τους για όλα.* Ε4: Αναστοχαστική συζήτηση	Επικέντρωση στη συζήτηση – επίκεντρο συνήθως ο εκπαιδευτικός – πολλές ερωτήσεις αλλά όχι πειραματική ή κάποια άλλη δραστηριότητα των παιδιών παρά μόνο αναζήτηση απαντήσεων. *Έκανε ένα σωρό ερωτήσεις για να δώσει την ευκαιρία στα παιδιά να πουν την άποψή τους. Αυτές οι ερωτήσεις όμως δεν σχετιζόταν με την διερεύνηση.* Ε3: Σημειώσεις παρατηρητή. *Η συζήτηση γινόταν κυρίως ανάμεσα στην εκπαιδευτικό και τα παιδιά. Τα παιδιά δεν συζητούσαν μεταξύ τους.* Ε3: Σημειώσεις παρατηρητή. Μία εκπαιδευτικός μόνο έδωσε διερευνητικό χαρακτήρα στην πειραματική δραστηριότητα με τον καταγραφή των υποθέσεων των παιδιών και τον έλεγχο μετά τον πειραματισμό.	Αναστοχασμός βασισμένος στις ασυμφωνίες μεταξύ των σημειώσεων των ερευνητών και των καταχωρήσεων στα ημερολόγια των ΕΠΕ. Γενική παιδαγωγική γνώση που αφορά τη διατύπωση και τη δομή των ερωτήσεων. Οι ΕΠΕ μέσω του καθοδηγούμενου αναστοχασμού και τη συζήτηση παραδειγμάτων συνέδεσαν την πρακτική τους με τη θεωρία και πρότειναν εναλλακτικές πρακτικές.

Πίνακας 9: Απόψεις, πρακτικές και ανατροφοδότηση των Εκπαιδευτικών Προσχολικής Αγωγής για τη διερεύνηση στο τέλος του προγράμματος επαγγελματικής μάθησης

Απόψεις (συνεντεύξεις)	**Πρακτικές** (παρατήρηση)	**Διάγνωση/απόφαση**
Το νόημα που αποδίδουν οι ΕΠΕ είναι λίγο πολύ παρόμοιο με το αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα της Εκπαίδευσης στις ΦΕ. Η διερεύνηση αφορά την συμμετοχή στις επιστημονικές πρακτικές, αναπαράγει το τρόπο εργασίας των επιστημόνων. *Αφού έδινα οδηγίες, τα παιδιά έκαναν τις υποθέσεις τους, τις κατέγραφαν και μετά τον πειραματισμό τους με τα πραγματικά αντικείμενα έλεγχαν τις υποθέσεις τους για να καταλήξουν σε συμπέρασμα. Είμαι ικανοποιημένη από τον τρόπο που δούλεψαν.* Ε1: Καταχώρηση ημερολογίου	Η πρακτική των ΕΠΕ στην διερεύνηση αφορούσε την διατύπωση του ερωτήματος/προβλήματος και την συζήτηση με τα παιδιά για τη μέθοδο αναζήτησης απαντήσεων. *Ε: Έχω ένα πρόβλημα και χρειάζομαι τη βοήθειά σας για να το λύσω. Κοιτάξτε! Έχω όλους αυτούς τους μαγνήτες (παρουσιάζει 9 όμοιους ευθύγραμμους μαγνήτες) όπως βλέπετε είναι όλοι ίδιοι, το ίδιο σχήμα, το ίδιο μέγεθος το ίδιο χρώμα. Πώς μπορούμε να βρούμε ποιος είναι ο δυνατότερος;* *Π. Θα πρέπει να ξεχωρίσεις τον δυνατότερο, τον λιγότερο και τον μικρότερο.* *Ε. Αφού είναι όλοι ίδιοι, πώς θα το κάνουμε αυτό;* *Π. Να τους συγκρίνουμε δύο κάθε φορά για να βρούμε το δυνατό.* *Ε. Πώς;* *Π. Μ' αυτούς τους σιδερένιους συνδετήρες.* Ε1: Φύλλο παρατήρησης	Αναστοχασμός πάνω στις αρχικές προτάσεις τους, οι οποίες υποχώρησαν προς το μοντέλο μετάδοσης της γνώσης, π.χ. παρουσίαση των μαγνητικών φαινομένων με μια ιστορία. /Ερωτήσεις καθοδήγησης του αναστοχασμού: Θα οδηγηθούν έτσι τα παιδιά σε διερεύνηση; Τι και πώς θα μάθουν τα παιδιά από την στρατηγική που επιλέξατε; Συζήτηση σε συναντήσεις κατά την εφαρμογή της ΔΜΑ: Αναστοχασμός για την συμμετοχή των παιδιών στην διερεύνηση. Συζήτηση σε συναντήσεις μεταξύ δραστηριοτήτων: αναστοχασμός για τη συμμετοχή των παιδιών στη διερεύνηση. Επανατοποθέτηση σχετικά με την ικανότητα των παιδιών να συμμετέχουν σε διερεύνηση.

iii) Τέλος, στην αρχή του προγράμματος, η διερεύνηση θεωρούνταν ως μία γενική συζήτηση με τα παιδιά που γίνεται κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων ή των πειραμάτων των ΦΕ (πίνακας 7). Κατά τη διάρκεια του προγράμματος, οι εκπαιδευτικοί προσπάθησαν να επιμείνουν στο να μην απαντούν οι ίδιες τα ερωτήματα των παιδιών αλλά να τα ωθούν να βρίσκουν μόνα τους απαντήσεις στα ερωτήματά τους (πίνακας 8). Τελικά, όλες κατανόησαν με τη λήξη του προγράμματος ότι η διερεύνηση αφορά στη διαδικασία όπου τα παιδιά ενισχύονται να απαντήσουν σε επιστημονικά ερωτήματα με υποστήριξη από τις ίδιες (πίνακας 9).

4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία αναδείξαμε ότι η άγνοια αλλά και οι παρανοήσεις των όρων διδακτικής των ΦΕ από τις εκπαιδευτικούς καθώς και οι συνήθεις πρακτικές τους αποτελούσαν εμπόδια για μια διερευνητική εκπαιδευτική διαδικασία όπου λαμβάνονταν υπόψη οι εναλλακτικές απόψεις των παιδιών και τα βήματα της διαδικαστικής γνώσης σε σχέση με το συγκεκριμένο περιεχόμενο μάθησης στις ΦΕ. Η διερεύνηση των πεποιθήσεων των ΕΠΕ, πριν αποφασιστεί ο τρόπος υποστήριξης της αναδόμησης (π.χ. Τι σκέφτονται; Τι νομίζουν ότι κάνουν κατά τη διδασκαλία των ΦΕ; Τι εννοούν; Πώς συνδέουν συγκεκριμένες πεποιθήσεις με άλλες;), ήταν καίριος για την τροποποίηση των εκπαιδευτικών τους πεποιθήσεων και πρακτικών. Σημαντικό ρόλο είχε και η παροχή εργαλείων για να καταγράφουν, να αναλύουν και να αναστοχάζονται οι εκπαιδευτικοί, όπως το ημι-δομημένο ημερολόγιο, οι ομαδικές συναντήσεις και οι ατομικές αναστοχαστικές συνεντεύξεις καθώς και η υποστήριξη των ΕΠΕ να αξιοποιήσουν τα δεδομένα και την ικανότητα τους να συγκρίνουν την δική τους κατανόηση με την κατανόηση των ερευνητριών σε σχέση με τη θεωρητική επίγνωση που κατακτούσαν κάθε φορά.
Τέλος, η αλλαγή των εκπαιδευτικών ενισχύθηκε από τη συνεργασία των ΕΠΕ μεταξύ τους και με τις ερευνήτριες ως κοινότητα μάθησης, η οποία λειτούργησε ενδυναμωτικά για τις συμμετέχουσες μέσω της υποστήριξης εφ’ ενός και της συλλογικής δράσης αφετέρου.

5. Βιβλιογραφία

Αυγητίδου, Σ., Παπαδοπούλου, Π. & Αλεξίου, Β. (2014) Απόψεις και πρακτικές εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση. Στο Κ. Δ. Μαλαφάντης, Β. Παπαδοπούλου, Σ. Αυγητίδου, Γ. Ιορδανίδης, Ι. Μπέτσας (επίμ) Πρακτικά 9ου Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας Ελλάδας "Ελληνική Παιδαγωγική και Εκπαιδευτική Έρευνα", τ. Α, σ. 97-109.

Borko, H. (2004). Professional development and teacher learning: mapping the terrain. *Educational researcher, 33*(8), 3–15.

Dana, T. M., McLoughlin, A. S. & Freeman, T. B. (1998). Creating dissonance in prospective teachers’ conceptions of teaching and learning science. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Diego, CA.

Duschl, R. & Grandy, R. (2013). Two views about explicitly teaching nature of science. *Science and Education*, 22, 2109–2139.

Eshach, H. (2006). *Science Literacy in Primary Schools and Pre-schools*. Netherlands: Springer.

Glaser, B.G. & Strauss, A.L. (1967). *The discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. New York: Aldine de Gruyter.

Gorodetsky M, Keiny S. & Hoz, R. (1997). Conceptions, practice and change. *Educational Action Research, 5*(3), 423-433.

Kallery, M. (2016). Early-Years Teachers' Professional Upgrading in Science: A long term programme. *Research in Science Education*, DOI: 10.1007/s11165-016-9575-1.

Mthethwa-Kunene, E., Onwu, G. O., de Villiers, R. (2015). Exploring Biology Teachers’ Pedagogical Content Knowledge in the Teaching of Genetics in Swaziland Science Classrooms. *International Journal of Science Education*, 37, 1140-1165.

Osborn, J. (2014) Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25, 177–196.

Southerland, S. A., Sowell S., Blanchard M. & Granger E. M. (2011). Exploring the Construct of Pedagogical Discontentment: A Tool to Understand Science Teachers' Openness to Reform. *Research in Science Education*, *41*(3), 299–317.

Wilson, S., Schweingruber, H. & Nielsen, N. (2015). *Science Teachers' Learning: Enhancing Opportunities, Creating Supportive Contexts*. Washington, DC: National Academy Press.

Woodbury, S. & Gess-Newsome, J. (2002). Overcoming the paradox of change without difference: A model of change in the arena of fundamental school reform. *Educational Policy*, *16*(5), 763–782.

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ: Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΟΨΕΩΝ ΤΗΣ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ-ΜΑΘΗΣΗ

Μαρία Χαϊτίδου, Άννα Σπύρτου

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η εργασία εστιάζει στην εξέλιξη των αντιλήψεων τεσσάρων πρωτοβάθμιων εκπαιδευτικών για τη διερευνητική διδασκαλία-μάθηση των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ). Η εξέλιξη μελετάται υπό το πρίσμα της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ). Οι εκπαιδευτικοί παρακολούθησαν πρόγραμμα που περιλαμβάνει: τη ρητή εισαγωγή της ΠΓΠ με έμφαση στη διερευνητική διδασκαλία-μάθηση καθώς, και τη διδασκαλία περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ). Στο πρακτικό μέρος του προγράμματος σχεδίασαν και δίδαξαν σε πραγματικές τάξεις Διδακτική Μαθησιακή Σειρά (ΔΜΣ) με περιεχόμενα σχετικά με την Επιστήμη των Υλικών. Τα αποτελέσματα δείχνουν μικρή βελτίωση στις αρχικές αντιλήψεις των εκπαιδευτικών προς την κατεύθυνση της διερεύνησης.

Abstract

This research focuses on four primary teachers' PCK development concerning inquiry-oriented teaching-learning. The study takes place in a professional development course. The course consists of two parts: a) a theoretical one namely (i) the explicit introduction of PCK focusing on inquiry, and (ii) teachers' engagement in a Teaching-Learning Sequence concerning Nanoscience-Nanotechnology and b) a practical phase where teachers designed and implemented two TLS's on Material's Science content in real classrooms. Results indicate that teachers made slight improvement on their initial inquiry conceptions.

1. Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα διδακτορικής διατριβής που εντάχθηκε στο Πρόγραμμα «Αριστεία ΙΙ»[1], σκοπός του οποίου ήταν η μελέτη της επαγγελματικής εξέλιξης εκπαιδευτικών στη διδασκαλία-μάθηση των ΦΕ. Υπό το πρίσμα του συγκεκριμένου προγράμματος, αναπτύχθηκε μια ΔΜΣ (Psillos & Kariotoglou 2016) προκειμένου οι εκπαιδευτικοί να μπορούν να υλοποιήσουν Διερευνητικά Περιβάλλοντα Μάθησης. Η ΔΜΣ περιλαμβάνει τη διδασκαλία: (α) του περιεχομένου της Ν-ΕΤ καθώς και (β) των συστατικών της ΠΓΠ.

[1] Πλαίσιο της Δράσης «ΑΡΙΣΤΕΙΑ ΙΙ», έργο: «ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ». Υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του ΕΠ «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και από εθνικούς πόρους (1/2/2014-31/7/2015).

Στην Σύνοδο για την ΠΓΠ, που έλαβε χώρα στις ΗΠΑ το 2012, ειδικοί της διεθνούς ακαδημαϊκής κοινότητας κατέληξαν ότι η ΠΓΠ: α) είναι η γνώση και ο συλλογισμός πίσω από τον σχεδιασμό της διδασκαλίας ενός συγκεκριμένου περιεχομένου με έναν συγκεκριμένο σκοπό για συγκεκριμένους μαθητές και για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα μάθησης (αναστοχασμός μετά την δράση, ρητός), και, β) είναι η πράξη της διδασκαλίας ενός συγκεκριμένου περιεχομένου με έναν συγκεκριμένο σκοπό σε συγκεκριμένους μαθητές και για το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα μάθησης (αναστοχασμός κατά την δράση, ρητός ή σιωπηλός) (Gess-Newsome 2015). Τρία σημαντικά θέματα που ανακύπτουν από αυτόν τον ορισμό είναι ότι η ΠΓΠ είναι α) προσωπική γνώση και δεξιότητες, β) εξειδικευμένη για πλαίσιο και περιεχόμενο, και, γ) αφορά τόσο στον σχεδιασμό του μαθήματος (τι και γιατί θα διδαχθεί) όσο και την διάρκεια της διδασκαλίας.
Οι Van Driel & Berry (2012) επισημαίνουν πως η ανάπτυξη της ΠΓΠ θεωρείται πολύπλοκο εγχείρημα εξαιτίας της μοναδικότητάς της αναφορικά με το περιεχόμενο, το πλαίσιο και τον εκπαιδευτικό. Αν και χαρακτηρίζει τους έμπειρους εκπαιδευτικούς, θεωρείται απαραίτητη η διδασκαλία της σε προγράμματα εκπαίδευσης για υποψήφιους/αρχάριους εκπαιδευτικούς οι οποίοι στερούνται εμπειρίας (Fernandez 2014). Υποστηρίζεται ότι, εάν οι εκπαιδευτικοί - έμπειροι και μη- κατανοήσουν το τι είναι η ΠΓΠ, θα βελτιώσουν την πρακτική τους (Kind 2009). Αυτό συνεπάγεται, ότι τα εκπαιδευτικά προγράμματα, που στοχεύουν στην ανάπτυξή της, θα πρέπει να οργανώνονται με τέτοιον τρόπο, ώστε να δίνουν την δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να μαθαίνει νέες διδακτικές στρατηγικές που αφορούν ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο, να τις εφαρμόζει και παραπέρα να αναστοχάζεται πάνω στις εμπειρίες του, ατομικά και ομαδικά (Van Driel & Berry 2012).

Διερεύνηση στις ΦΕ και ΠΓΠ

Η διερεύνηση στη διδασκαλία και μάθηση χαρακτηρίζεται από τις δραστηριότητες μέσα από τις οποίες μαθαίνουν οι μαθητές τόσο τις επιστημονικές έννοιες όσο και τις επιστημονικές διαδικασίες (NRC 2000). Η διερεύνηση στη διδασκαλία και μάθηση μπορεί να διακριθεί σε δύο μεγάλες κατηγορίες: α) τη διερεύνηση ως «μέσο» για μάθηση (inquiry as means), δηλαδή τη διερεύνηση ως μια διδακτική προσέγγιση, και β) τη «διερεύνηση ως σκοπό» (inquiry as ends), δηλαδή τη διερεύνηση ως μια σειρά αναμενόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων, ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας (Abd-El-Khalick et al. 2004, NRC 2000).
Φαίνεται ότι ο βαθμός ανάπτυξης της ΠΓΠ επηρεάζεται θετικά όταν η διδασκαλία της συνδυάζεται με δραστηριότητες διερευνητικού χαρακτήρα (Nuangchalerm 2012, Park, Jang, Chen & Jung 2011). Προκειμένου να γίνει αυτό οι εκπαιδευτικοί πρέπει να αναπτύξουν τις δεξιότητες εκείνες που θα τους βοηθήσουν να διδάξουν αποτελεσματικά τη διερεύνηση, δηλαδή να γνωρίσουν την ΠΓΠ για τη διερεύνηση (Abd-El-Khalick et al. 2004).
Συνεπώς, ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης εκπαιδευτικών, το οποίο στοχεύει στην εξέλιξη της ΠΓΠ προς την κατεύθυνση του διερευνητικού ρεύματος, είναι απαραίτητο να περιλαμβάνει ανάλογες διαδικασίες, όπως είναι: η ρητή διδασκαλία διερευνητικών όψεων της μάθησης-διδασκαλίας, η εφαρμογή τους σε πραγματική τάξη από τους εκπαιδευτικούς καθώς και η αναστοχαστική συζήτηση πάνω στις δυνατότητες εφαρμογής τους.

2. Μεθοδολογία

Με βάση το παραπάνω προβληματισμό σχεδιάσαμε και υλοποιήσαμε ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης το οποίο περιελάμβανε θεωρητικό και πρακτικό μέρος. Ειδικότερα, στο θεωρητικό μέρος έγινε ρητή διδασκαλία της ΠΓΠ, δηλαδή οι επιμορφούμενοι εκπαιδευτικοί μελέτησαν όψεις της ΠΓΠ, όπως είναι η γνώση Περιεχομένου, Πλαισίου και Παιδαγωγικής

καθώς και τομές των τριών αυτών γνώσεων π.χ. η γνώση Παιδαγωγικής/Πλαισίου (Χαϊτίδου, Σπύρτου, Δημητριάδου 2015). Ο άμεσος τρόπος εισαγωγής της ΠΓΠ συνδυάστηκε με τη διδασκαλία περιεχομένου της Ν-ΕΤ, δηλαδή με πειραματικές δραστηριότητες που προσέγγισαν έννοιες και φαινόμενα της Ν-ΕΤ όπως η υπερυδροφοβικότητα, το φαινόμενο του λωτού και η νανοκλίμακα (Μάνου κ.ά. 2015).

Στο πρακτικό μέρος, αρχικά οι εκπαιδευτικοί δίδαξαν περιεχόμενο της Ν-ΕΤ καθώς και της Επιστήμης των Υλικών και στη συνέχεια αναστοχάστηκαν πάνω στη συγκεκριμένη εμπειρία τους (Χαϊτίδου κ.ά. 2015). Στόχος του προγράμματος ήταν οι εκπαιδευτικοί να είναι ικανοί: (α) να αναγνωρίζουν διερευνητικά χαρακτηριστικά σε επιμέρους όψεις της ΠΓΠ, π.χ. να αναγνωρίζουν ότι η όψη της *Παιδαγωγικής* μπορεί να περιλαμβάνει γνώση ενός μοντέλου διερεύνησης (β) να σχεδιάζουν και να υλοποιούν ΔΜΣ διερευνητικής κατεύθυνσης (γ) να αναπτύσσουν αναστοχαστικές αξιολογήσεις πάνω σε θέματα εφαρμογής των διερευνητικών τους διδασκαλιών.

Η παρούσα έρευνα είναι μελέτη περίπτωσης (Cohen et al. 2007). Το δείγμα της έρευνας είναι τέσσερις εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (τρεις γυναίκες), οι οποίοι διδάσκουν σε δημοτικά σχολεία της Δ. Μακεδονίας. Οι τρεις από τους τέσσερις είχαν διδακτική εμπειρία πάνω από 15 χρόνια, ενώ ο ένας είχε μόνο τρία χρόνια. Δύο εκπαιδευτικοί έχουν συνεργαστεί στο παρελθόν με την ερευνητική ομάδα της Διδακτικής των ΦΕ.

Το ερευνητικό ερώτημα της εργασίας αυτής είναι: «Πώς εξελίσσεται η ΠΓΠ των εκπαιδευτικών στην κατεύθυνση της διερευνητικής μάθησης;»

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήσαμε το ερωτηματολόγιο CoRes (*Content Representations*) (Loughran et al. 2004), το οποίο τροποποιήσαμε με βάση τους στόχους του προγράμματος (Χαϊτίδου & Σπύρτου 2016). Το βασικό χαρακτηριστικό του CoRes είναι η μελέτη της ΠΓΠ του εκπαιδευτικού για ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο των ΦΕ. Επιλέξαμε την ενότητα «Ιδιότητες Υλικών» από τα Φυσικά της Ε΄ Δημοτικού. Το τροποποιημένο ερωτηματολόγιο εγκυροποιήθηκε από έξι ερευνητές της εκπαίδευσης. Περιλαμβάνει εννέα ερωτήσεις που αφορούν τις έννοιες και τα φαινόμενα της συγκεκριμένης ενότητας, τις δυσκολίες για τη διδασκαλία τους, τις ιδέες των μαθητών κ.λπ. (Χαϊτίδου κ.ά. 2016). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν ημιδομημένες συνεντεύξεις, παρατηρήσεις τάξης και σημειώσεις ερευνητή.

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζονται δεδομένα, τα οποία συγκεντρώθηκαν με το ερωτηματολόγιο CoRes, που συμπληρώθηκε από τους συμμετέχοντες, στην αρχή και στο τέλος του προγράμματος εκπαίδευσης. Ακολουθήσαμε τη μέθοδο ανάλυσης περιεχομένου, της οποίας ο χαρακτήρας είναι διττός αφού συνδυάζει την παραγωγική και επαγωγική μέθοδο (Cohen et al. 2007). Προϊόν αυτής της μεθόδου είναι ένα εργαλείο ανάλυσης για τη μελέτη της εξέλιξης της ΠΓΠ (Χαϊτίδου κ.ά. 2015). Έχει τη μορφή πίνακα, στον οποίο συγκεντρώνονται δεδομένα για τις όψεις της ΠΓΠ: τα τρία διακριτά συστατικά, δηλαδή την *Παιδαγωγική* (ΠΔ), το *Πλαίσιο* (ΠΛ) και το *Περιεχόμενο* (ΠΧ) και τις τέσσερις αλληλεπιδράσεις/τομές αυτών (ΠΔ/ΠΛ, ΠΔ/ΠΧ, ΠΛ/ΠΧ και ΠΓΠ). Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε την εξέλιξη των παραπάνω όψεων της ΠΓΠ στην κατεύθυνση της διερευνητικής διδασκαλίας-μάθησης.

Ορίσαμε ως μονάδα ανάλυσης δεδομένων (ΜΑ) το τμήμα του λόγου το οποίο απαντά μια συγκεκριμένη ερώτηση του ερωτηματολογίου CoRes και έχει ολοκληρωμένο νόημα, δηλαδή είναι μονάδα νοηματοδότησης. Για παράδειγμα, μια ΜΑ ανήκει στην όψη *Περιεχόμενο*, όταν ο εκπαιδευτικός αναφέρεται σε ένα προσδοκώμενο μαθησιακό αποτέλεσμα ενός συγκεκριμένου περιεχομένου, όπως στην εκμάθηση δηλωτικής γνώσης, *«να μάθουν για τις καταστάσεις της ύλης, στερεή, υγρή, αέρια»*. Ως ΜΑ στην όψη *Πλαίσιο* μπορεί να ανήκουν δηλώσεις σχετικές με την υλικοτεχνική υποδομή του σχολείου, *«δεν υπάρχουν μικροσκόπια στο σχολείο»*. Στην όψη της Παιδαγωγικής, αναγνωρίστηκαν αναφορές σχετικές με τη

διδακτική μεθοδολογία, *«χρησιμοποιείται η μέθοδος project με επίβλεψη και καθοδήγηση»*. Στην αλληλεπίδραση-τομή *Παιδαγωγική/Πλαίσιο* εντάχθηκαν μεταξύ άλλων, φράσεις σχετικές με τις διδακτικές μεθόδους που λαμβάνουν υπόψη τους το προφίλ και το πλαίσιο των μαθητών, π.χ. *«Επίσης, το κοινωνικο-πολιτισμικό πλαίσιο στο οποίο διδάσκω θα επηρεάσει τον τρόπο που θα προσεγγίσω το θέμα, το πώς θα διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών και τα παραδείγματα/υλικά που θα χρησιμοποιήσω»*. Στην αλληλεπίδραση-τομή *Παιδαγωγική /Περιεχόμενο* στην κατεύθυνση της διερευνητικής μάθησης, αναγνωρίστηκαν απαντήσεις στις οποίες οι εκπαιδευτικοί αναπτύσσουν μεθόδους που καλλιεργούνται δεξιότητες, στάσεις και αξίες διερευνητικού χαρακτήρα, *«Διερευνητική μέθοδο ώστε οι μαθητές μέσα από χειραπτικές δραστηριότητες και δραστηριότητες επίλυσης προβλημάτων να κατανοήσουν τον ρόλο της πυκνότητας»*. Στην αλληλεπίδραση-τομή *Περιεχόμενο-Πλαίσιο* εντάχθηκαν μεταξύ άλλων δηλώσεις που αφορούν τη γνώση του εκπαιδευτικού για το μαθησιακό προφίλ των μαθητών του σε ένα συγκεκριμένο περιεχόμενο, *«Οι μαθητές πρέπει να μάθουν να διαχωρίζουν την πυκνότητα από τη μάζα, γιατί πολλές φορές προκαλείται σύγχυση»*. Τέλος, στην πιο σύνθετη αλληλεπίδραση-τομή *Παιδαγωγική/Περιεχόμενο/Πλαίσιο*, μία από τις κατηγορίες που αναγνωρίστηκε αφορά την παροχή από τον εκπαιδευτικό των πηγών που απαιτούνται στους μαθητές καθώς και την ανάπτυξη μεθόδων για την κατανόηση της επιστημονικής άποψης, *«Διερεύνηση μέσα σε αυθεντικά περιβάλλοντα μάθησης (πυκνότητα, πλεύση, βύθιση) μέσα από λεκάνες με νερό ή άλλο είδος υγρού, όπου οι μαθητές πειραματίζονται προκειμένου να απαντήσουν στο ερώτημα: ποιο σώμα θα βυθιστεί ή θα επιπλεύσει»*.

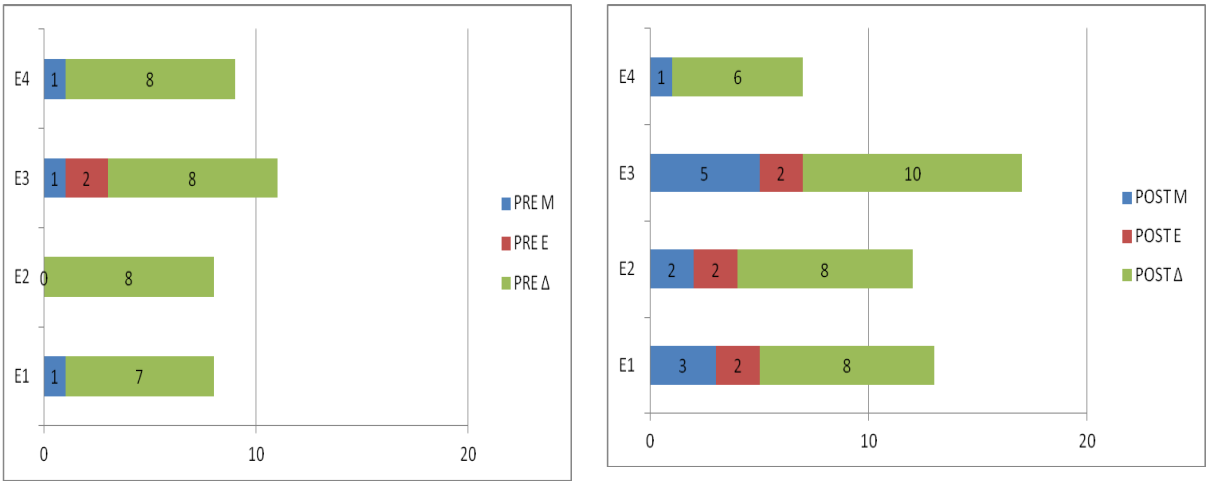
3. Αποτελέσματα

Στους τέσσερις εκπαιδευτικούς κυριαρχεί η διερεύνηση στα pre και post Cores. Σε τρεις από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς αναγνωρίζονται εποικοδομητικές αντιλήψεις στα post Cores, για παράδειγμα: *«Αναδόμηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών με τη χρήση ΤΠΕ* (εικόνα 1). Αντίθετα, στο pre Cores εποικοδομητικές αντιλήψεις αναγνωρίζονται μόνο σε έναν από τους τέσσερις.

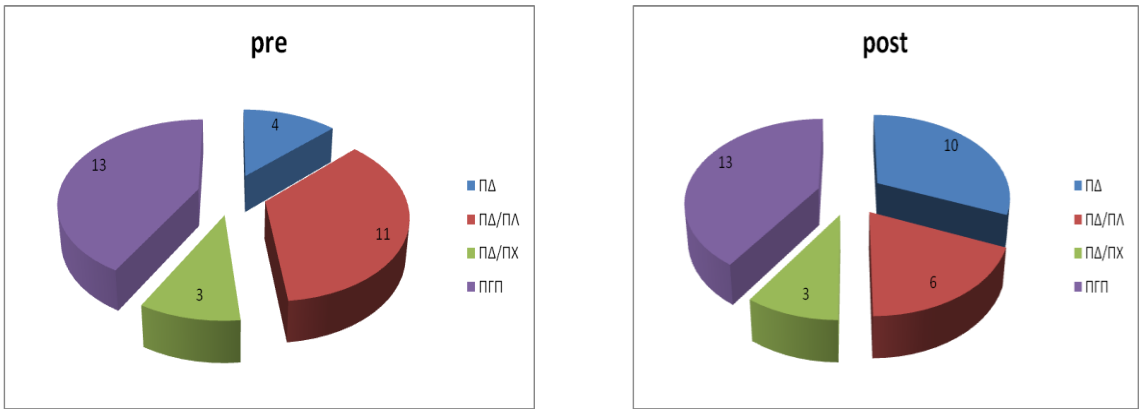
Όσον αφορά στην διερεύνηση, σε τέσσερις όψεις της ΠΓΠ αναγνωρίζονται διερευνητικά χαρακτηριστικά και αυτές είναι η *Παιδαγωγική*, η αλληλεπίδραση *Παιδαγωγικής/Πλαισίου*, η αλληλεπίδραση *Παιδαγωγικής/Περιεχομένου* και η ΠΓΠ. Μεγαλύτερη αλλαγή εμφανίζεται στην *Παιδαγωγική*, στην οποία οι ΜΑ από 4 αυξάνονται σε 10, ενώ παραμένουν ίδιες οι ΜΑ στην ΠΓΠ (13) και στην ΠΔ/ΠΧ (3) (εικόνα 2). Στην όψη ΠΔ/ΠΛ παρατηρείται μείωση ΜΑ (από 11 σε 6).

Σε δύο από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς έχουμε μικρή βελτίωση ως προς τις όψεις της ΠΓΠ που αφορούν την διερευνητική διδασκαλία-μάθηση (εκπαιδευτικοί 1 και 3). Ένας εκπαιδευτικός παραμένει σταθερός (εκπαιδευτικός 1). Τέλος, ένας εκπαιδευτικός παρουσιάζει μείωση των ΜΑ (εκπαιδευτικός 4) (εικόνα 3). Για παράδειγμα, ο εκπαιδευτικός 1 πριν την παρέμβαση δεν έκανε καμία αναφορά σε μεθόδους διδασκαλίας, ενώ μετά ανέφερε τη «διερεύνηση». Ο εκπαιδευτικός 3 πριν την παρέμβαση για την αξιολόγηση χρησιμοποιούσε φύλλα εργασίας, μετά την παρέμβαση, ως τρόπο αξιολόγησης, έγραψε την «κατασκευή μοντέλων».

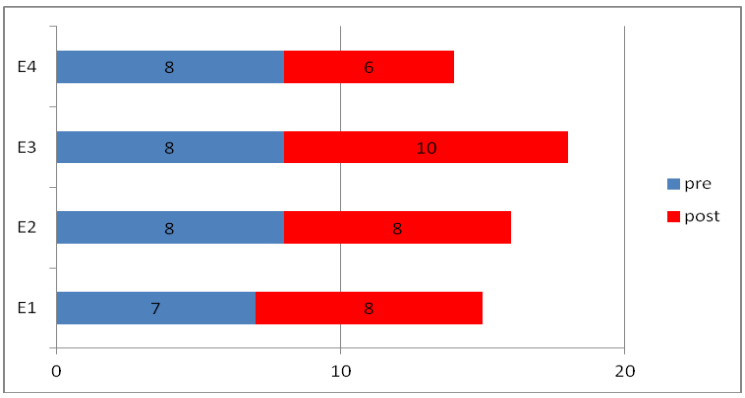
Εικόνα 1: Κατανομή ΜΑ στις διδακτικές μεθόδους διερεύνησης (Δ), μεταφοράς (Μ) και εποικοδόμησης (Ε). Ε1= εκπαιδευτικός 1, Ε2= εκπαιδευτικός 2, Ε3= εκπαιδευτικός 3, Ε4= εκπαιδευτικός 4



Εικόνα 2: Συνολικά αποτελέσματα για τις όψεις της ΠΓΠ που αφορούν την διερευνητική διδασκαλία-μάθηση (αριθμός ΜΑ). ΠΔ=Παιδαγωγική, ΠΧ=Περιεχόμενο, ΠΛ=Πλαίσιο



Εικόνα 3: Αποτελέσματα ανά εκπαιδευτικό για τις συνολικές ΜΑ που αφορούν την διερευνητική μάθηση-διδασκαλία (Ε=εκπαιδευτικός)



4. Συζήτηση

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, διαπιστώνουμε ότι στα pre και post ερωτηματολόγια CoRes κυριαρχεί η διερεύνηση. Δύο από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς επεκτείνουν τις αναφορές τους στην εποικοδόμηση. Αποδίδουμε αυτά τα πιλοτικά αποτελέσματα στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του δείγματος στο οποίο δύο από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού τίτλου ειδίκευσης στις Επιστήμες Αγωγής. Επίσης, δύο από αυτούς συνεργάστηκαν στο παρελθόν με το ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας και έχουν μεγάλη εμπειρία σε διδασκαλίες διερευνητικού χαρακτήρα. Τέλος, ένας εκπαιδευτικός έχει μεγάλη εμπειρία σε πειραματικές διαδικασίες.
Αποδίδουμε τη μείωση του αριθμού ΜΑ στην αλληλεπίδραση ΠΔ/ΠΛ στην επαγωγική φύση του εκπαιδευτικού υλικού. Αυτό σημαίνει ότι το εκπαιδευτικό υλικό που αφορούσε την εισαγωγή των συστατικών/όψεων της ΠΓΠ ήταν διαφάνειες στις οποίες παρουσιάζονταν σταδιακά, από μάθημα σε μάθημα, τα συστατικά ως σφαίρες γνώσης. Οι συμμετέχοντες μέσα από συζητήσεις κατά τη διάρκεια της επιμόρφωσής τους εμπλούτιζαν τα συστατικά/όψεις της ΠΓΠ με κατάλληλα στοιχεία. Φαίνεται ότι ο συγκεκριμένος τρόπος εισαγωγής δεν ήταν ικανοποιητικός ως προς την εκμάθηση της ΠΔ/ΠΛ. Ως εκ τούτου στην επόμενη εφαρμογή του προγράμματος χρειάζονται οι απαραίτητες αλλαγές.
Τέλος, θεωρούμε ότι η ρητή διδασκαλία για τις ιδέες των μαθητών σε περιεχόμενα της επιστήμης των υλικών (Πλαίσιο ή/και Πλαίσιο/Περιεχόμενο) συνέβαλε στην ανάπτυξη των εποικοδομητικών χαρακτηριστικών.

5. Βιβλιογραφία

Μάνου, Λ., Σπύρτου, Α., Χατζηκρανιώτης, Ε., Καριώτογλου, Π. (2015). Βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου της διδασκαλίας της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας στις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης. Στα Πρακτικά Ψύλλος, Δ., Μολοχίδης, Α. & Καλλέρη, Μ. (Επιμ.), *9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, 203-211.

Χαϊτίδου, Μ. Η. & Σπύρτου, Α. (2016). Ανάπτυξη ερωτηματολογίου για τη μελέτη της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου στις Φυσικές Επιστήμες: αποτελέσματα για τέσσερις μελέτες περίπτωσης. Στο Κ. Δ. Μαλαφάντης, Β. Παπαδοπούλου, Σ. Αυγητίδου, Γ. Ιορδανίδης & Ι. Μπέτσας (Επιμ.), *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ελληνική Παιδαγωγική και Εκπαιδευτική Έρευνα».* Α', σσ. 1346-1358. Φλώρινα: Διάδραση.

Χαϊτίδου, Μ., Σπύρτου, Α., Δημητριάδου, Κ. (2015). Μελέτη της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου για τις Φυσικές Επιστήμες σε πρωτοβάθμιους εκπαιδευτικούς. Στα Πρακτικά Ψύλλος, Δ., Μολοχίδης, Α. & Καλλέρη, Μ. (Επιμ.), *9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, 121-127.

Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R. A., Hofstein, A., Lederman, N., Mamlok, R., … Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: international perspectives. *Science Education*, *88*(3), pp. 397–419.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας.* (Κ. Σταύρος, Μ. Ματίνα, Μ. Χρυσούλα, Μ. Παναγιώτα & Μ. Φιλοπούλου, Μεταφρ.) Αθήνα: Μεταίχμιο.

Fernandez, C. (2014). Knowledge base for teaching and Pedagogical Content Knowledge (PCK): some useful models and implications for teachers' training. *Problems of Education in the 21st century, 60*, pp. 79-100.

Gess-Newsome, J. (2015). A Model of Teacher Professional Knowledge and Skill includinv PCK. Στο A. Berry, P. Friedrichsen & J. Loughran (Eds.), *Re-examining Pedagogical Content Knowledge in Science Education*, pp. 28-42. New York and London: Routledge.

Kind, V. (2009). Pedagogical content knowledge in science education: perspectives and potential for progress. *Studies in Science Education*, *45*(2), pp. 169-204.

Loughran, J., Mulhall, P. & Berry, A. (2004). In Search of Pedagogical Content Knowledge in Science: Developing Ways of Articulating and Documenting Professional Practice. *Journal of Research in Science Teaching*, *41*(4), pp. 370-391.

National Research Council, N. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy Press.

Nuangchalerm, P. (2012). Enhancing Pedagogical Content Knowledge in Preservice Science Teachers. *Higher Education Studies*, *2*(2), pp. 66-71.

Park, S., Jang, J.-Y., Chen, Y.-C. & Jung, J. (2011). Is Pedagogical Content Knowledge (PCK) Necessary for Reformed Science Teaching? Evidence from an Empirical Study. *Research in Science Education* (41), pp. 245-260.

Psillos, D. & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical Issues Related to Designing and Developing Teaching-Learning Sequences. In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of Teaching Learning Sequences*, pp.11-34. Dordrecht: Springer.

Van Driel, J. H. & Berry, A. (2012). Teacher Professional Development Focusing on Pedagogical Content Knowledge. *Educational Researcher*, *41*(1), pp. 26-28.

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΟΥ ΕΠΙΜΟΡΦΩΤΙΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ «STED» ΣΤΗ ΔΙΕΥΡΥΝΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΨΕΩΝ ΔΥΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Αικατερίνη Γκιγκοπούλου[1], *Γεώργιος Μαλανδράκης*[1] & *Πέτρος Καριώτογλου*[2]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η εργασία αυτή μελετά την εξέλιξη των απόψεων δύο εν ενεργεία εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών μετά τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης[2] «STED» (SCIENCE TEACHERS' EDUCATION), διάρκειας ενός έτους. Η ανάλυση των ημι-δομημένων συνεντεύξεων (pre & post) με αυτούς έδειξε ότι, αν και υπήρξε διεύρυνση των απόψεών τους σε όλους σχεδόν τους υπό μελέτη τομείς, η διεύρυνση αυτή δεν ήταν ομοιόμορφη, με τις κυριότερες αλλαγές να παρατηρούνται στη διερεύνηση, στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, στη διαδικαστική γνώση, καθώς και στην οργάνωση και εφαρμογή επισκέψεων πεδίου.

Abstract

The goal of the present study was to examine changes in two secondary in-service science teachers' profile regarding the current trends in science education, after their participation in a one year long professional development project. The main data source was semi-structured interviews with teachers taking place before and after the project. Data analysis revealed that although a substantial broadening of teachers' views was occurred in all domains under study, that broadening was not at the same level among domains. The observed changes are mainly related to inquiry, students' alternative ideas, procedural knowledge, as well as the organization and implementation of field visits in informal learning environments.

1. Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες προτείνονται μεταρρυθμίσεις εκπαιδευτικής πολιτικής στον χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ). Οι μεταρρυθμίσεις αυτές αποβλέπουν στον επιστημονικό γραμματισμό μαθητών, για αυτό κρίνεται αναγκαία η αναθεώρηση των προγραμμάτων σπουδών (ΠΣ) και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, αναφορικά με τις νέες προτεινόμενες τάσεις. Κάποιες από αυτές είναι *"η διερευνηση, ο εποικοδομητισμός, το πλαίσιο προσέγγισης διδασκαλίας 'Επιστήμη- Τεχνολογία- Κοινωνία- Περιβάλλον' (Science, Technology, Society, Environment –STSE-), η εκπαιδευτική τεχνολογία, η συνεργατική*

[2]*Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της Δράσης «ΑΡΙΣΤΕΙΑ ΙΙ» έργο: «Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών στις Φυσικές Επιστήμες (STED)», στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση», το οποίο συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και από εθνικούς πόρους.*

μάθηση, η άτυπη μάθηση και η προσέγγιση της φύσης της επιστήμης" (Lumpe, Haney & Czerniak 2000:276). Επιπρόσθετα, οι εκπαιδευτικοί και των δύο βαθμίδων επισημαίνουν πως δεν έχουν διδαχθεί ποτέ με ανάλογο τρόπο και επομένως δεν τους είναι οικείο κάτι τέτοιο (Yoo & Sohn 2001). Έτσι, λοιπόν, κρίνεται αναγκαία η ενίσχυση των απόψεων και των πρακτικών τους μέσω της επαγγελματικής τους ανάπτυξης, καθώς έχει αποδειχθεί ερευνητικά ότι η επαγγελματική ανάπτυξη επηρεάζει τη μάθηση των εκπαιδευτικών και επιφέρει αλλαγές στις απόψεις και τις συμπεριφορές τους, οι οποίες ακολούθως επηρεάζουν τις πρακτικές τους (Desimone 2009). Μέσω αυτής άλλωστε, αναμφίβολα, παρέχονται ευκαιρίες εμπλοκής σε διερευνητικές δραστηριότητες (Lieberman 1995), ευκαιρίες οργάνωσης και σχεδιασμού κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού (Φωτοπούλου 2013, Darling-Hammond & McLaughlin 1995), ελέγχου και αναστοχασμού κατά τη διάρκεια τόσο του σχεδιασμού όσο και της εφαρμογής (Darling-Hammond & McLaughlin 1995). Μέσω των προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης (ΠΕΑ) δίνεται η δυνατότητα ουσιαστικής τριβής και εφαρμογής της θεωρίας στην πράξη, έτσι ώστε να εξαλειφθεί η όποια ανασφάλεια και αδυναμία τους. Προς αυτήν την κατεύθυνση, της εφαρμογής, δηλαδή, των νέων τάσεων των ΦΕ στην πράξη, κινείται και η παρούσα έρευνα μέσω του ΠΕΑ «STED».

Πιο συγκεκριμένα, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της επαγγελματικής εξέλιξης εν ενεργεία εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε θέματα διδακτικής ΦΕ, μετά τη συμμετοχή τους στο συγκεκριμένο ΠΕΑ. Εξετάζεται, δηλαδή, αν το ΠΕΑ «STED» συνέβαλε στην ενίσχυση και διεύρυνση των απόψεών τους αναφορικά με τις νέες τάσεις στη διδακτική των ΦΕ. Επίσης, συζητούνται τα χαρακτηριστικά του προγράμματος τα οποία τους επηρέασαν, συμβάλλοντας στη βελτίωση των απόψεών τους.

2. Μεθοδολογία

2.1. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα

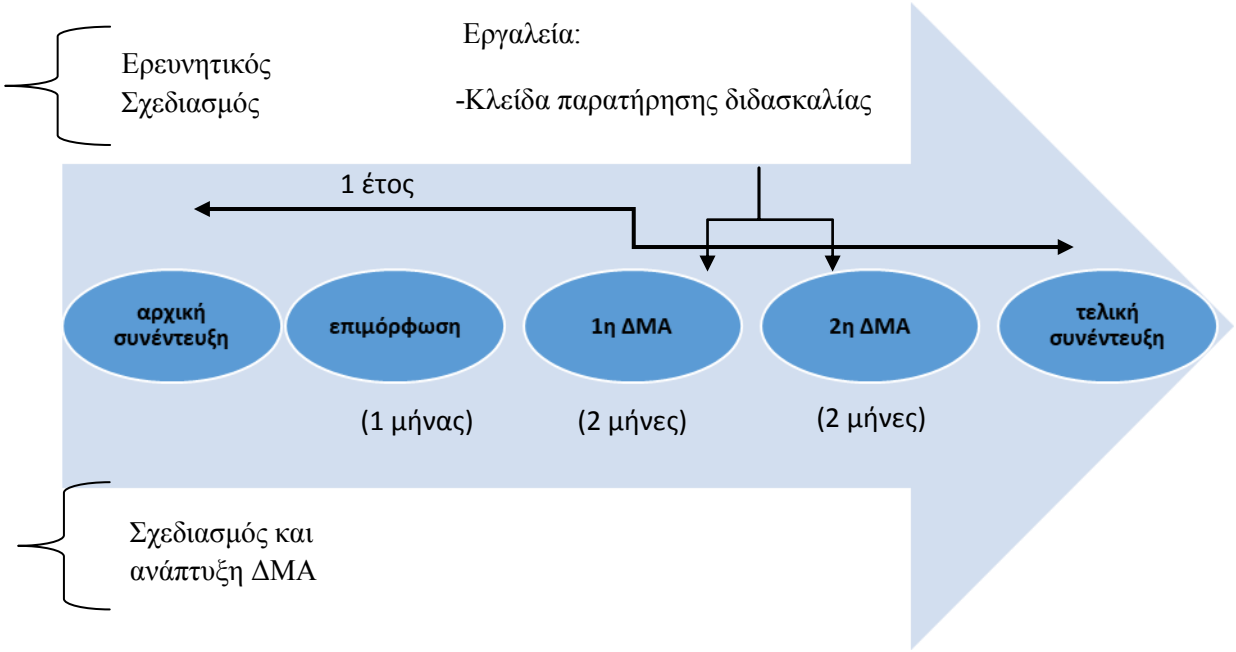
Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν δύο (2) εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ειδικότητας φυσικών επιστημών (ΠΕ04.01 – Φυσικοί), έχοντας και οι δυο τουλάχιστον επτά (7) χρόνια υπηρεσίας.

2.2. Το πλαίσιο της έρευνας

Η δομή του προγράμματος επιμόρφωσης φαίνεται στο Διάγραμμα 1. Τα κύρια ερευνητικά εργαλεία ήταν οι ημιδομημένες συνεντεύξεις που ελήφθησαν από τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς στην αρχή και στη λήξη του ΠΕΑ. Πιο συγκεκριμένα, πρώτα έγιναν οι αρχικές συνεντεύξεις, ώστε να σκιαγραφηθούν οι ήδη υπάρχουσες απόψεις τους για θέματα της ΔΦΕ.

Έπειτα, υλοποιήθηκαν δύο ΔΜΑ από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς στις τάξεις τους (Γ΄ Γυμνασίου). Η πρώτη ΔΜΑ δόθηκε έτοιμη και τους ζητήθηκε να την τροποποιήσουν σε όποιο βαθμό κρίνουν απαραίτητο, ώστε να ανταποκρίνεται στις δικές τους δυνατότητες, καθώς και στις ανάγκες και δυνατότητες των μαθητών τους. Αφού ολοκλήρωσαν την τροποποίηση και εφαρμογή της 1^{ης} ΔΜΑ, οι εκπαιδευτικοί αναστοχάστηκαν πάνω στην όλη πορεία της 1^{ης} ΔΜΑ εντοπίζοντας τις δυσκολίες που συνάντησαν αλλά και την πρόοδό τους στα θέματα που διδάχτηκαν. Έτσι, μπόρεσαν στη συνέχεια να σχεδιάσουν, να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν μόνοι τους μια δεύτερη ΔΜΑ με την ελάχιστη δυνατή βοήθεια από την ομάδα των ερευνητών.

Διάγραμμα 1: Η γενική δομή του προγράμματος STED και ο ερευνητικός σχεδιασμός της παρούσας εργασίας



Επίσης, και στο τέλος της φάσης αυτής, οι εκπαιδευτικοί αναστοχάστηκαν πάνω στην εμπειρία τους, εντοπιζοντας τις δυσκολίες στην εφαρμογή της ΔΜΑ και στις εννοιολογήσεις τους. Παράλληλα, όμως, εντόπισαν και θέματα στα οποία εφάρμοσαν σωστά τις νέες απόψεις και μεθόδους που διδάχτηκαν. Το όλο ΠΕΑ διήρκεσε ένα ακαδημαϊκό έτος και σε όλη τη διάρκεια εφαρμογής του παρακολουθούνταν και καταγράφονταν η σταδιακή εξέλιξη των απόψεων και πρακτικών των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών.
Τέλος, μετά το πέρας του προγράμματος υλοποιήθηκε η τελική συνέντευξη, η οποία απέβλεπε στην καταγραφή της όποιας διεύρυνσης σημειώθηκε στις απόψεις των εκπαιδευτικών, προκειμένου να γίνει σύγκριση αρχικών-τελικών απόψεων και να διαπιστωθεί αν υπήρξε κάποιου είδους διεύρυνσή τους.

2.3. Το εργαλείο συλλογής των δεδομένων

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ημι-δομημένων συνεντεύξεων (pre & post) με τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς. Τα εργαλεία εστίαζαν σε οκτώ άξονες με σκοπό τη σκιαγράφηση των απόψεων των εκπαιδευτικών και τη διερεύνηση του βαθμού διεύρυνσή τους. Οι οκτώ άξονες στους οποίους εστίασε η παρούσα έρευνα ήταν οι εξής: (i) περιεχόμενα και μετασχηματισμός (ii) ιδέες μαθητών (iii) διδακτική μέθοδος-διερεύνηση (iv) λεκτική αλληλεπίδραση (v) υλικά/πειράματα/ΤΠΕ (vi) διαδικαστική γνώση (vii) επιστημολογική γνώση και (viii) προετοιμασία και οργάνωση επίσκεψης πεδίου.
Όλες οι συνεντεύξεις ήταν ατομικές και κάθε μια απο αυτές είχε διάρκεια περίπου μιας ώρας.

2.4. Η ανάλυση των δεδομένων

Κάθε άξονας διερευνούνταν στις συνεντεύξεις από περισσότερες από μία ερωτήσεις, όπως για παράδειγμα για τον άξονα της διερεύνησης οι εκπαιδευτικοί ρωτήθηκαν *«Πώς αντιλαμβάνεστε τη διερεύνηση; Τι είδους δεξιότητες, θεωρείτε ότι απαιτούνται από τον*

εκπαιδευτικό, αλλά και από τον μαθητή; Πόσο έτοιμη νιώθετε να προσεγγίσετε περιεχόμενα ΦΕ του ΑΠ διερευνητικά και γιατί; Νομίζετε ότι τα παιδιά μαθαίνουν να ερευνούν με τον τρόπο που οργανώνετε τη ΔΦΕ; Γιατί το λέτε αυτό;».

Οι ηχογραφημένες συνεντεύξεις απομαγνητοφωνήθηκαν αυτολεξεί και ακολούθησε η ανάλυσή τους μέσω δύο φάσεων. Αρχικά (φάση α΄), σε ένα υπολογιστικό φύλλο excel καταγράφηκαν όλες οι απαντήσεις που έδωσαν οι εκπαιδευτικοί, στην αρχή και στο τέλος του ΠΕΑ, στις ερωτήσεις που αφορούσαν κάθε έναν από τους οκτώ υπό μελέτη άξονες. Στη συνέχεια έγινε προσπάθεια ομαδοποίησής τους εντοπίζοντας τις νοηματικά κοινές δηλώσεις των δύο εκπαιδευτικών στους υπό μελέτη άξονες. Στη δεύτερη φάση (β΄), με βάση της ομαδοποιημένες δηλώσεις τους, διαμορφώθηκαν χαρακτηριστικά για κάθε άξονα, ώστε να διαφανεί αν σημειώθηκε ή όχι διεύρυνση των απόψεών τους ως προς αυτά τα χαρακτηριστικά (Πίνακας 1, 4η στήλη).

Για παράδειγμα, στον Πίνακα 1, φαίνονται οι απαντήσεις που έχουν δώσει οι εκπαιδευτικοί για τον άξονα της διερεύνησης πριν και μετά το πέρας του προγράμματος. Πιο συγκεκριμένα, η εκπαιδευτικός Α, στην αρχική συνέντευξη ανέφερε ότι η εφαρμογή της διερεύνησης απαιτεί χρόνο και αποδέσμευση από το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, ενώ στην τελική επεσήμανε ότι η εφαρμογή της απαιτεί εμπειρία και δεξιότητες οργάνωσης, διαχείρισης, μετασχηματισμού και αξιολόγησης του εκπαιδευτικού υλικού. Με βάση τις δηλώσεις αυτές (και τις αντίστοιχες της εκπαιδευτικού Β) δημιουργήθηκε το χαρακτηριστικό *'Απαιτήσεις για εφαρμογή διερεύνησης'* (4η στήλη).

Πίνακας 1: Παράδειγμα α΄ και β΄ φάσης ανάλυσης των δεδομένων

	Αποσπάσματα εκφράσεων από εκπαιδευτικούς		**Τελική ομαδοποίηση – διαμόρφωση χαρακτηριστικών**
Εκ/κος	**Πριν**	**Μετά**	**Χαρακτηριστικά διερεύνησης**
Α	Για την εφαρμογή διερεύνησης απαιτείται χρόνος και αποδέσμευση από το ΑΠΣ	Για την εφαρμογή διερεύνησης απαιτείται εμπειρία και δεξιότητες οργάνωσης, διαχείρισης, μετασχηματισμού και αξιολόγησης του εκπαιδευτικού υλικού	**Απαιτήσεις για εφαρμογή διερεύνησης**
Β	Χρήση φύλλων εργασίας μαζί με πείραμα-προσομοίωση: ιδανικό για διερεύνηση και μάθηση μαθητών	-Χρήση φύλλων εργασίας μαζί με πείραμα-προσομοίωση: ιδανικό για διερεύνηση και μάθηση μαθητών - Σχεδιασμός φύλλων εργασίας απαιτεί πολύ χρόνο. Δεν μπορεί να το κάνει λόγω μεγάλου αριθμού μαθητών, κόστος φωτοτυπιών	
Α	Δεν όριζε τι είναι διερεύνηση	Διερεύνηση = ανακάλυψη επιθυμητής γνώσης από τους ίδιους τους μαθητές	**Κατανόηση της διερεύνησης**

B	Διερεύνηση: αναζήτηση πληροφοριών σε διαδίκτυο ή έντυπες πηγές	Διερεύνηση: ύπαρξη ενός ερωτήματος-πειράματος με χρήση φύλλων εργασίας, απάντηση αυτού μέσω παρατήρησης, αναζήτησης πληροφοριών σε πολλές πηγές, σύνδεση όλων αυτών με θεωρητικό υπόβαθρο	
A	Οι μαθητές της δεν μαθαίνουν να ερευνούν	-οι μαθητές έμαθαν να ερευνούν κατά τη διάρκεια του προγράμματος, αλλά απαιτείται **και** γνώση δεξιοτήτων από μέρους τους - οι μαθητές της δεν μάθαιναν πριν να ερευνούν επειδή η ίδια δεν ήξερε πώς να τους εκπαιδεύσει κατάλληλα σε αυτό	**Διερεύνηση μαθητών**
B	-	Η καθοδηγούμενη διερεύνηση είναι ιδανική για τη σταδιακή μύηση των μαθητών στη διερεύνηση	

Έτσι δημιουργήθηκε, για κάθε άξονα, ένα σύνολο χαρακτηριστικών, τα οποία, αν και μπορεί να είχαν δημιουργηθεί είτε από τις αρχικές είτε από τις τελικές συνεντεύξεις, ωστόσο το ίδιο αυτό σύνολο χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση τόσο των αρχικών όσο και των τελικών συνεντεύξεων. Με τον τρόπο αυτό θέλαμε να εξετάσουμε ποια χαρακτηριστικά εκφράζουν οι εκπαιδευτικοί πριν και μετά τη συμμετοχή τους στο ΠΕΑ, ώστε να διαπιστωθεί αν και σε ποιο βαθμό υπήρξε διεύρυνση των απόψεών τους.
Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε για όλους τους άξονες. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε ανεξάρτητα από δύο ερευνητές. Παρατηρήθηκαν αποκλίσεις σε λιγότερο από το 20% των περιπτώσεων, ενώ μετά από συζήτηση επήλθε πλήρης συμφωνία μεταξύ των ερευνητών.

3. Αποτελέσματα

Από τους οκτώ υπό μελέτη άξονες, για λόγους οικονομίας χώρου, στην παρούσα εργασία θα παρουσιάσουμε αποτελέσματα τα οποία σχετίζονται μόνο με τέσσερις από αυτούς. Από την ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι οι εκπαιδευτικοί διεύρυναν τις απόψεις τους σε όλους τους τομείς που εστίασε η συγκεκριμένη έρευνα. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται, για κάθε εκπαιδευτικό ξεχωριστά, τα χαρακτηριστικά των αξόνων στα οποία σημειώθηκε διεύρυνση των απόψεών του. Πιο συγκεκριμένα, ως προς τα χαρακτηριστικά της *διερεύνησης*, μετατόπιση παρατηρείται στις απόψεις των εκπαιδευτικών για *την κατανόηση της ίδιας της έννοιας της διερεύνησης* και για τις *απαιτήσεις εφαρμογής της*. Αρχικά, δηλαδή, είχαν περιορισμένη γνώση επί του θέματος και δεν την χρησιμοποιούσαν στη διδασκαλία τους, καθώς ακολουθούσαν το παραδοσιακό μοντέλο μεταφοράς της γνώσης, δίνοντας έμφαση στο σχολικό εγχειρίδιο και αποφεύγοντας την εκτέλεση πειραμάτων, πέραν κάποιων αναγκαίων και προτεινόμενων από το ΑΠΣ.

Πίνακας 2: Συγκεντρωτικός πίνακας αποτύπωσης της διεύρυνσης των απόψεων των εκπαιδευτικών στα χαρακτηριστικά του κάθε υπό μελέτη άξονα

Χαρακτηριστικά αξόνων	**Εκπαιδευτικοί**	
1. Διερεύνηση		
	Α	**Β**
Κατανόηση της έννοιας της διερεύνησης	√	√
Απαιτήσεις για εφαρμογή διερεύνησης	√	
Διερεύνηση από μέρους των μαθητών	√	√
2. ΙΜ		
Κατανόηση ΙΜ	√	
Ανασκόπηση ΙΜ	√	√
Ύπαρξη ΙΜ		
Αιτίες δυσκολιών σε έννοιες ΦΕ		
3. Διαδικαστική γνώση		
Κατανόηση της έννοιας της διαδικαστικής γνώσης	√	√
4. Μη τυπική εκπαίδευση		
Σχεδιασμός & Οργάνωση επισκέψεων πεδίου	√	√
Δυσκολίες εφαρμογής της μη τυπικής εκπαίδευσης	√	√
Αξία υλοποίησης επισκέψεων πεδίου	√	√
Αξιολόγηση επισκέψεων πεδίου	√	√

Ακόμη, τη θεωρούσαν χρονοβόρα κι απαιτητική, επιβεβαιώνοντας έτσι τη σχετική βιβλιογραφία (Bybee 2002), με αποτέλεσμα να μην την εφαρμόζουν στην καθημερινότητά τους (Κοντογεωργίου-Παπανικολάου & Χατζή 2013). Σταδιακά, οι απόψεις τους έτειναν προς πιο επιστημονικές κατανοήσεις, αφού αναγνωρίζουν πλέον τις διερευνητικές δεξιότητες που κάθε επιστημονικά εγγράμματος πολίτης οφείλει να κατέχει (Abd-El-Khalick & Akerson 2004), καθώς επίσης και την εμπειρική και υποκειμενική της φύση και το στοιχείο της ανακάλυψης. Ακόμη, θεωρούν ότι για την εφαρμογή της διερεύνησης είναι ιδανική η χρήση δομημένου φύλλου εργασίας με πειράματα και προσομοιώσεις. Επίσης, σημειώθηκε διεύρυνση απόψεων ως προς το χαρακτηριστικό *της εφαρμογής της διερευνητικής μεθόδου*

από μέρους των μαθητών. Πριν το πρόγραμμα θεωρούσαν ότι δεν μάθαιναν οι μαθητές να ερευνούν, ενώ μετά το πρόγραμμα έμαθαν, καθώς έμαθαν οι ίδιες πώς να την εφαρμόζουν και απέκτησαν διερευνητικές δεξιότητες αυτοί και οι μαθητές. Ωστόσο, προκύπτει ότι υπάρχει σύγχυση μεταξύ διερευνητικής και πειραματικής μεθόδου, εφόσον οι δεξιότητες τις οποίες θεωρούν οι εκπαιδευτικοί ότι αναπτύσσουν στους μαθητές τους στα πλαίσια της διερεύνησης εμπίπτουν περισσότερο σε εκείνες που απαιτούνται για την εκτέλεση πειραμάτων (πειραματική μέθοδος) (Abd-El-Khalick & Akerson 2004).

Ως προς τις *ιδέες των μαθητών* (ΙΜ), οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να διευρύνουν τις απόψεις τους στο θέμα αυτό. Αρχικά, διεύρυνση παρατηρείται ως προς το χαρακτηριστικό *της κατανόησης της έννοιας*, εφόσον πριν θεωρούσαν ως ΙΜ οποιαδήποτε λανθασμένη άποψη ή ιδέα εκφράζουν οι μαθητές, ενώ, μετά τη συμμετοχή τους στο ΠΕΑ, θεωρούν ως τέτοιες τις ριζωμένες ιδέες που πολλές φορές έχουν οι μαθητές και οι οποίες, ακόμη, κι αν νομίζουν ότι έχουν αλλάξει, πολλές φορές αυτές συνεχίσουν να υπάρχουν, κάτι που υποστηρίζεται και ερευνητικά (Καριώτογλου 2006). Επίσης, διεύρυνση απόψεων σημειώνεται για *την ανασκόπηση των ΙΜ* καθώς στην αρχή δεν έφεραν καμιά άποψη για το θέμα αυτό, ενώ στην πορεία την θεωρούν ιδιαίτερα σημαντική και μαθαίνουν πώς να εντοπίζουν τις ΙΜ και πώς να τις ανατρέπουν τόσο μέσω καθημερινών παραδειγμάτων όσο και μέσω πιο οργανωμένου εκπαιδευτικού παιδαγωγικού υλικού που αναζητούν στο διαδίκτυο. Ωστόσο, δεν εντοπίστηκε κάποια αλλαγή στις απόψεις τους για *την προέλευση ΙΜ* καθώς πίστευαν και πιστεύουν ότι οι μαθητές φέρουν γνώσεις μαζί τους ερχόμενοι στο σχολείο, αλλά και *για τις αιτίες των δυσκολιών που έχουν οι μαθητές σε έννοιες ΦΕ*. Εξίσου πριν και μετά πιστεύουν ότι οι δυσκολίες οφείλονται στο ότι οι έννοιες είναι παραδοσιακά δύσκολες, είναι αφηρημένες και δεν μπορούν να τις συνδέσουν με την καθημερινότητα.

Όσον αφορά τη *διαδικαστική γνώση*, οι γνώσεις και οι απόψεις τους στο θέμα αυτό ήταν αρχικά περιορισμένες, ενώ κατόπιν διεύρυναν τις απόψεις τους μόνο ως προς την *κατανόηση της έννοιας*, καθώς αναγνώρισαν την αξία της χαρακτηρίζοντάς την *«ως την ουσία της επιστημονικής γνώσης»* και καλλιέργησαν αρκετές δεξιότητες των επιστημονικών μεθόδων στους μαθητές, όπως την παρατήρηση, την ταξινόμηση, την ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, την εξαγωγή συμπερασμάτων και την αξιολόγηση. Μετά το πέρας του προγράμματος, επισημαίνουν ότι η διαδικαστική γνώση συνδέεται με την πρόβλεψη, την παρατήρηση και το συμπέρασμα, δίνοντας έμφαση ιδιαίτερα στην πρόβλεψη των πειραμάτων από μέρους των μαθητών.

Τέλος, στον άξονα της *μη τυπικής εκπαίδευσης*, εντοπίστηκε αισθητή αλλαγή στις απόψεις τους. Από τα δεδομένα φαίνεται ότι υπήρξε διεύρυνση σε αρκετά χαρακτηριστικά της μη τυπικής εκπαίδευσης. Οι απόψεις τους ως προς τον *σχεδιασμό και την οργάνωση επισκέψεων πεδίου* μετατοπίστηκαν άρδην καθότι οι ίδιες ανέφεραν ότι δεν είχαν καμία γνώση επί του θέματος, ενώ κατά τη διάρκεια του προγράμματος έμαθαν πώς να σχεδιάζουν και να οργανώνουν επισκέψεις σύμφωνα με τα πρότυπα της βιβλιογραφίας, περιλαμβάνοντας και τις τρεις φάσεις (Καριώτογλου 2001, DeWitt & Osborne 2007, Rennie & McClafferty 1995). Επιπλέον, αλλαγή παρατηρήθηκε στις απόψεις τους σχετικά με τις *δυσκολίες εφαρμογής των επισκέψεων πεδίου*, οι οποίες ενώ αρχικά επικεντρώνονταν σε οργανωτικής φύσεως ζητήματα αναφορικά με τη μετακίνηση και σε οικονομικά ή/και γραφειοκρατικά θέματα, στο τέλος εστιάζουν στην κατάλληλη επιλογή εκπαιδευτικού υλικού. Επιπρόσθετα, οι απόψεις τους διευρύνθηκαν ως προς την *αξία εφαρμογής και υλοποίησης των επισκέψεων πεδίου* καθώς, αρχικά, δεν τις θεωρούσαν σημαντικές, ενώ στην πορεία αναθεώρησαν αυτή την αντίληψη. Αντιλήφθηκαν ότι μέσω αυτών, πέραν των γνωστικών στόχων, επιτυγχάνονται συναισθηματικοί και ψυχοκινητικοί στόχοι. Επίσης, διαπίστωσαν ότι οι επισκέψεις πεδίου συμβάλλουν στην καλλιέργεια διερευνητικών δεξιοτήτων. Τέλος, στον άξονα αυτό σημειώθηκε εξέλιξη και στις απόψεις τους σχετικά με την *αξιολόγηση των επισκέψεων*

πεδίου. Μάλιστα, η αλλαγή ήταν ουσιαστική καθότι μέχρι πρότινος δεν γνώριζαν ότι έπρεπε να αξιολογούν τις δραστηριότητες αλλά ούτε και το πώς, ενώ μετά το πρόγραμμα συνειδητοποίησαν την αναγκαιότητα και τη σημασία της αξιολόγησης του συνόλου των δραστηριοτήτων που υλοποιούνται σε μια επίσκεψη πεδίου. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι στο τέλος, και οι δύο εκπαιδευτικοί τονίζουν το ότι από εδώ και στο εξής, όποτε θα σχεδιάζουν επίσκεψη πεδίου, θα ακολουθούν τον τρόπο που έμαθαν, χωρίς να κάνουν εκπτώσεις, διότι διαφορετικά θα θεωρούν ότι η επίσκεψη είναι λειψή και μη αποτελεσματική.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της εργασίας είναι ενθαρρυντικά καθώς παρατηρείται διεύρυνση στις απόψεις των εκπαιδευτικών προς τη διερευνητική προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης. Οι αλλαγές στις απόψεις τους οφείλονται στον βιωματικό, ισότιμο, συμμετοχικό και συνεργατικό χαρακτήρα της ενδοϋπηρεσιακή επιμόρφωσης, ο οποίος έλαβε χώρα τόσο στην περίπτωση της διερευνητικής προσέγγισης της διδασκαλίας, μέσω της εφαρμογής της μεθόδου jigsaw και των ΔΜΑ, όσο και στην περίπτωση της οργάνωσης και εφαρμογής μιας επίσκεψης πεδίου. Επιπρόσθετα, το ΠΕΑ παρείχε πλούσιο θεωρητικό γνωστικό υπόβαθρο, έτοιμη ΔΜΑ με δραστηριότητες συνδεδεμένες με το ΑΠ και εργαλεία αυθεντικής μάθησης, στοιχεία τα οποία βοήθησαν τους εκπαιδευτικούς να βελτιώσουν το γνωστικό τους υπόβαθρο, με αποτέλεσμα να καταστούν πιο πρόθυμες να δοκιμάσουν και να εφαρμόσουν τις νέες τάσεις στην εκπαιδευτική πράξη. Ενισχύεται, λοιπόν, η θέση ότι η επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών συνιστά έναν επιτυχημένο τρόπο στήριξης των εν ενεργεία εκπαιδευτικών για την εφαρμογή διερευνητικής διδασκαλίας στην τάξη (Loucks-Horsley et al. 1998, Loucks-Horsley et al. 2003).

5. Βιβλιογραφία

Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική γνώση περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Γράφημα.

Καριώτογλου, Π. (2001). Άτυπη Εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας: προοπτική και αναγκαιότητα. Στο Π. Κόκκοτας & Ι. Βλάχος (επιμ.) *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα Προβλήματα και Προοπτικές*, 297 –304, Αθήνα: Γρηγόρης.

Κοντογεωργίου – Παπανικολάου, Α. & Χατζή, Μ. (2013). Προβλήματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και Επιμόρφωσης των Εκπαιδευτικών που τις διδάσκουν. Σαραντόπουλος, Π (συντ.). *8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστήμων και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση,* Βόλος, 26-28 Απριλίου 2013. Βόλος, 8, 104.

Φωτοπούλου, Β.Σ. (2013, Μάιος). *Επαγγελματισμός, Επαγγελματική Ανάπτυξη, Επαγγελματική Ταυτότητα και Εκπαιδευτικός. Η Περίπτωση των Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης*. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή Ανθρωπιστικών Και Κοινωνικών Επιστημών, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Εκπαίδευση. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Abd-El-Khalick, F. & Akerson, V. L. (2004). Learning about nature of science as conceptual change: Factors that mediate the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education, 88,* 785–810.

Bybee, R. W. (2002). Scientific inquiry, student learning, and the science curriculum. *Learning Science and the Science of Learning*, 25-35.

Darling-Hammond, L. & McLaughlin, M. W. (1995). Policies that support professional development in an era of reform. *Phi delta kappan*, *76*(8), 597.

Desimone, L. M. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, *38*(3), 181-199.

DeWitt, J. & Osborne, J. (2007). Supporting teachers on science-focused school trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, *29*(6), 685-710.

Lieberman, A. (1995). Practices that support teacher development. *Phi delta kappan*, *76*(8), 591.

Loucks-Horsley, S., Hewson, P.W. & Love, N. (2003). *Designing professional development for teachers of science and mathematics.* Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Loucks-Horsley, S., Hewson, P. W., Love, N. & Stiles, K. E. (1998). *Designing professional development for teachers of science and mathematics.* California: Corwin Press.

Lumpe, A., Haney, J. & Czerniak, C. (2000). Assessing teachers' beliefs about their science teaching context. *Journal of Research in Science Teaching*, *37*, 275-292.

Rennie, L. & McClafferty, T. (1995). Using visits to interactive science and technology centers, museums, aquaria, and zoos to promote learning in science. *Journal of Science Teacher Education*, *6*(4), 175-185.

Yoo, Y. & Sohn, Y. (2001). A study on the analysis of actual conditions and reform measures in light of applying the 7th national curriculum. *Journal of Science Education Kyungpook National University*, *25*, 11-30.

ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΤΩΝ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΜΕΣΩ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Χριστίνα Τσαλίκη[1], *Γεώργιος Μαλανδράκης*[2], *Πηνελόπη Παπαδοπούλου*[3], *Πέτρος Καριώτογλου*[3]

[1,3,4] ΠΤΝ Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2] ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Στην μελέτη παρουσιάζονται αλλαγές που παρατηρήθηκαν στις πρακτικές τεσσάρων εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, κατά τη συμμετοχή τους σε πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης. Τα δεδομένα που παρουσιάζονται σχετίζονται με έναν από τους οχτώ άξονες που μελετήθηκαν συνολικά, αυτόν της διερεύνησης. Προέρχονται από το βασικό ερευνητικό εργαλείο την κλείδα παρατήρησης. Η μέθοδος ανάλυσης ήταν ποιοτική και ημιποσοτική. Τα ευρήματα υποδεικνύουν τη βελτίωση των πρακτικών των συμμετεχόντων ως προς την εφαρμογή καθοδηγούμενης διερεύνησης σε όλες τις φάσεις του προγράμματος αλλά όχι ως προς διερευνητικές πρακτικές περισσότερο ανοιχτού τύπου.

Abstract

This study describes observed changes in four primary and secondary science teachers' teaching practices during their participation in a professional development program. The program was a designed based research, aiming to train participants on current trends of science education, while recording possible changes in their teaching practices. Data presented in this paper derive from the main research tool and relate to one out of eight research areas – related to inquiry. A qualitative and a semi quantitative method of analysis was used. Results indicate that participants from both educational levels, became gradually familiar and incorporated guided inquiry practices into their teaching approach.

1. Εισαγωγή

Πρόσφατες μελέτες υποστηρίζουν πως τα προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών που επιδιώκουν να εισάγουν καινοτομίες, θα πρέπει να δίνουν έμφαση στην αναμόρφωση των εκπαιδευτικών πρακτικών με επίκεντρο τη διερεύνηση αλλά και τη μοντελοποίηση (Schwarz 2009). Στην ίδια κατεύθυνση, οι Kang (2008) και Chin (2004) τονίζουν πως η κατάλληλη προετοιμασία των εκπαιδευτικών για να διδάξουν Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) μέσω της διερεύνησης, αποτελεί κομβικό σημείο της διδακτικής, ενώ ταυτόχρονα οι Janssen, Westbroek και Van Driel (2014) υποστηρίζουν ότι η προοπτική αποτελεσματικότερης μάθησης για τα παιδιά μέσω διερευνητικών προσεγγίσεων, λειτουργεί ως ισχυρό κίνητρο για τους εκπαιδευτικούς. Επιπρόσθετα, για τους Astor-Jack et al. (2007) η εκπαίδευση εκπαιδευτικών στις ΦΕ είναι σημαντικό να λαμβάνει υπόψη το περιβάλλον και την τεχνολογία ως ένα ενιαίο γνωστικό πεδίο.

Στη χώρα μας, την τελευταία τριακονταετία, η εκπαίδευση για τις ΦΕ έχει παρουσιάσει σημαντική εξέλιξη (π.χ. προγράμματα σπουδών, διδακτικά εγχειρίδια, υποδομές, κ.α.). Ωστόσο, οι επιδόσεις των μαθητών είναι σημαντικά χαμηλότερες από το μέσο όρο των χωρών του PISA, κυρίως λόγω του ότι οι μέχρι τώρα προσεγγίσεις στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών αποδεικνύονταν αναποτελεσματικές τουλάχιστον ως προς τη βελτίωση των πρακτικών τους (Kariotoglou et al. 2016). Αναφορικά με την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών, οι Smith (2014) και Baldwin (2005) επισημαίνουν ότι τέτοιου είδους προγράμματα είναι σκόπιμο να προσαρμόζονται στις επιμορφωτικές ανάγκες των εκάστοτε εκπαιδευτικών. Η Harlow (2014) επεκτείνει την άποψη αυτή, υποστηρίζοντας πως οι συμμετέχοντες στα προγράμματα φαίνεται να υιοθετούν τελικά περισσότερα ή και διαφορετικά στοιχεία από αυτά που η επιμόρφωση στόχευε αρχικά να τους προσφέρει. Τα στοιχεία που υιοθετούνται, φαίνεται πως σχετίζονται άμεσα με τις ανεπάρκειες που οι ίδιοι οι συμμετέχοντες θεωρούσαν ότι τους χαρακτήριζαν αρχικά. Ως επιπρόσθετοι παράγοντες που συνδέονται με την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών για τις ΦΕ, αναδεικνύονται η διασφάλιση της ενεργούς συμμετοχής των εκπαιδευτικών (Borko, Jacobs & Koellner 2010), αλλά και η πρακτικότητα εφαρμογής όσων προτείνονται σε αυτά (Spillane et al. 2002). Για τον Pollock (2006), είναι καλό να δίνεται έμφαση στην ομαλή ενσωμάτωση των νέων πρακτικών που προτείνονται, στο ήδη υπάρχον διδακτικό ρεπερτόριο των εκπαιδευτικών. Οι Janssen et al. (2014) τονίζουν τη σημασία που έχει η δοκιμαστική εφαρμογή των καινοτομικών προσεγγίσεων μέσα στην τάξη από τους συμμετέχοντες με την υποστήριξη και την καθοδήγηση ειδικών ή εμπειρότερων συναδέλφων.

Μια ακόμη σημαντική παράμετρος που σχετίζεται με την ενσωμάτωση καινοτομικών προσεγγίσεων στη διδακτική των ΦΕ, είναι το γεγονός ότι εκπαιδευτικοί φαίνεται να διατηρούν θετική στάση απέναντι στις καινοτομίες (Tseng et al. 2013) ωστόσο αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες κατά την εφαρμογή τους. Η Harlow (2014), αλλά και οι Loucks-Horsley et al. (2009), συσχετίζουν τις δυσκολίες αυτές με το γεγονός ότι οι εκπαιδευτικοί καλούνται να εφαρμόσουν πρακτικές τις οποίες δεν είχαν διδαχθεί και οι ίδιοι. Άλλες δυσκολίες που έχουν καταγραφεί, είναι η περιορισμένη γνώση του περιεχομένου (Appleton 2008) ή και η γενικότερη έλλειψη γνώσεων που συνδέεται με την έλλειψη αυτοπεποίθησης και επαγγελματικής επάρκειας από τη μεριά των εκπαιδευτικών (Andersson & Gullberg 2014, Appleton 2008). Τέλος, οι Fitzgerald et al. (2013) αναφέρουν πως ένα σύνηθες εμπόδιο στην εισαγωγή καινοτομικών προσεγγίσεων μέσα από προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης αποτελούν και οι ίδιες οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών.

Λαμβάνοντας υπόψη την ερευνητική εμπειρία που προαναφέρθηκε, σχεδιάσαμε το επιμορφωτικό πρόγραμμα STED: «Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών στις ΦΕ». Βασικός ερευνητικός σκοπός του προγράμματος ήταν να διαπιστώσουμε τη δυνατότητα διεύρυνσης των απόψεων και των πρακτικών των συμμετεχόντων, με βάση τις σύγχρονες τάσεις της διδακτικής των ΦΕ.

Ειδικότερα, τα ερευνητικά ερωτήματα που επιχειρούμε να απαντήσουμε στην εργασία αυτή είναι τα εξής:

α) Ποιες πρακτικές που σχετίζονται με τη διερευνητική διδακτική προσέγγιση, ενσωματώθηκαν στο διδακτικό ρεπερτόριο των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών και σε ποιο βαθμό;

β) Ποιοι παράγοντες άσκησαν θετική ή και αρνητική επίδραση στην υιοθέτηση αυτών των νέων πρακτικών;

Στην εργασία αυτή, για λόγους οικονομίας παρουσιάζεται μέρος των αποτελεσμάτων για έναν από τους οχτώ άξονες που μελετήθηκαν συνολικά, αυτόν της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης.

2. Μεθοδολογία

2.1 Χαρακτηριστικά του προγράμματος «Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών στις ΦΕ».

Το πρόγραμμα είχε συνεργατικό και συμμετοχικό χαρακτήρα και περιελάμβανε την εκπαίδευση και την υποστήριξη των συμμετεχόντων σε ζητήματα διδακτικού σχεδιασμού μέσα από την ανάπτυξη και εφαρμογή Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) (Méheut & Psillos 2004). Υλοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Αρχικά καταγράφηκαν οι προϋπάρχουσες απόψεις, ανάγκες και πρακτικές των εκπαιδευτικών και πραγματοποιήθηκε επιμορφωτική παρέμβαση (Φάση 1). Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν δυο Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες: η πρώτη δόθηκε ως δείγμα καλής πρακτικής (Φάση 2), η οποία και τροποποιήθηκε από τους συμμετέχοντες σε συνεργασία με την ερευνητική ομάδα, ενώ στη δεύτερη (Φάση 3), σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε μια εξ' ολοκλήρου νέα ΔΜΑ από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, με μικρή υποστήριξη από τους ερευνητές (Kariotoglou et al. 2014).

2.2 Συμμετέχοντες στην έρευνα

Στην εργασία αυτή περιγράφουμε την πορεία εξέλιξης τεσσάρων εν ενεργεία εκπαιδευτικών, τριών γυναικών και ενός άνδρα, δύο από τους οποίους υπηρετούσαν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και δύο στη δευτεροβάθμια. Η επαγγελματική προϋπηρεσία όλων των συμμετεχόντων κυμαίνονταν από 7 έως 25 έτη.

2.3 Μέθοδος συλλογής των δεδομένων

Σε όλες τις φάσεις, οι πρακτικές των εκπαιδευτικών καταγράφηκαν με ημιποσοτικό και ποιοτικό τρόπο από πολλαπλά ερευνητικά εργαλεία. Στην εργασία αυτή παρουσιάζουμε δεδομένα από το βασικό ερευνητικό εργαλείο καταγραφής των πρακτικών τους, την κλείδα παρατήρησης. Στην κλείδα, καταγράφονταν η συχνότητα εμφάνισης χαρακτηριστικών της διδασκαλίας (πρακτικές) σε τρίβαθμη κλίμακα, από το 1 (σπάνια) έως και το 3 (συχνά). Η καταγραφή πραγματοποιούνταν ταυτόχρονα από δύο ανεξάρτητους παρατηρητές. Σε ξεχωριστό πεδίο του ίδιου ερευνητικού εργαλείου γινόταν και περιγραφική καταγραφή των χαρακτηριστικών αποσπασμάτων της διδασκαλίας τα οποία τεκμηρίωναν την εφαρμογή της εκάστοτε πρακτικής. Με τον τρόπο αυτό, την ύπαρξη δηλαδή δεύτερου παρατηρητή και την ταυτόχρονη ποσοτική και ποιοτική τεκμηρίωση των καταγραφόμενων συχνοτήτων, διασφαλίστηκε στο μέγιστο δυνατό βαθμό η εγκυρότητα και η αξιοπιστία της ερευνητικής μεθόδου που ακολουθήθηκε. Σε περιπτώσεις αποκλίσεων μεταξύ των παρατηρητών, γινόταν συζήτηση μεταξύ τους, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τα ημιποσοτικά δεδομένα της κλείδας (συχνότητες πρακτικών) όσο και τα ποιοτικά (περιγραφική τεκμηρίωση) έτσι ώστε οι δύο παρατηρητές να έρθουν σε συμφωνία. Τα δεδομένα που ακολουθούν, αναφέρονται στις πρακτικές που εφάρμοζαν οι εκπαιδευτικοί κατά τις τρεις φάσεις υλοποίησης του προγράμματος, εστιάζοντας σε έναν από τους οκτώ συνολικά ερευνητικούς άξονες της διερεύνησης (Tsaliki et al. 2016).

2.4 Ανάλυση των δεδομένων

Ο άξονας της διερεύνησης αποτελούνταν αρχικά από δεκαπέντε υπομεταβλητές. Για λόγους πυκνότητας των δεδομένων και την αποτελεσματικότερη ανάλυσή τους, οι υπομεταβλητές ομαδοιήθηκαν περαιτέρω. Κριτήριο της ομαδοποίηση ήταν η όψη της διδακτικής προσέγγισης στην οποία αυτά επικεντρώνονταν (π.χ. ανακαλυπτική επίδειξη, καθοδηγούμενη διερεύνηση, διερεύνηση περισσότερο ανοιχτού τύπου κ.λ.π.). Από τη συγκεκριμένη σύμπτυξη, προέκυψαν τελικά δέκα νέες μεταβλητές, κάθε μια από τις οποίες αντιπροσωπεύει και μια διαφορετική πτυχή της διερεύνησης. Στην παρούσα εργασία, για λόγους οικονομίας, παρουσιάζονται μόνο οι πέντε από αυτές. Για κάθε τελική μεταβλητή υπολογίστηκε, για κάθε φάση της έρευνας (φάσεις 1-3) και για κάθε εκπαιδευτικό, ο μέσος όρος της συχνότητας εμφάνισής της, με βάση τις τιμές των αρχικών υπομεταβλητών από τις οποίες αυτή προήλθε. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η σύγκριση του μέσου όρου των φάσεων 2 και 3 για κάθε μεταβλητή, με τον αντίστοιχο μέσο όρο της φάσης 1 [(Μ.Ο. φάσης 2) – (Μ.Ο. φάσης 1) και (Μ.Ο. φάσης 3) – (Μ.Ο. φάσης 1)]. Οι διαφορές τιμών που καταγράφηκαν από τη σύγκριση αυτή, με βάση την κλίμακα που χρησιμοποιήθηκε, κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις βασικές ομάδες:

- Διαφορζσ τιμϊν μικρότερεσ του 0,4 χαρακτθρίςτθκαν ***μικρές,*** διότι αντιπροςωπεφουν ποςοςτιαία αλλαγι μικρότερθ του 20% του ςυνολικοφ εφρουςτθσ κλίμακασ μζτρθςθσ (εφροσ: 3-1=2, 2*20/100=0,4)
- Διαφορζσ τιμϊν μεταξφ του 0,41 - 0,8 χαρακτθρίςτθκαν ***μεσαίες,*** διότι αντιπροςωπεφουν ποςοςτιαία αλλαγι μεταξφ 21-40% του ςυνολικοφ εφρουςτθσ κλίμακασ μζτρθςθσ, και τζλοσ,
- Διαφορζσ τιμϊν μεγαλφτερεσ του 0,8 χαρακτθρίςτθκαν ***μεγάλες*** διότι αντιπροςωπεφουν ποςοςτιαία αλλαγι μεγαλφτερθ του 40% του ςυνολικοφ εφρουςτιμϊν.

3. Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, ο οποίος αναφέρεται στον άξονα της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης, και με σημείο αναφοράς την μεταβλητή 3.1, φαίνεται ότι αρχικά οι εκπαιδευτικοί δεν υιοθετούσαν κάποιου είδους διερευνητική προσέγγιση (τιμές συχνότητας κοντά στη 1, δηλ. «σπάνια»). Κατά την συμμετοχή τους στο πρόγραμμα, οι συχνότητες εμφάνισης κάποιου είδους διερευνητικής πρακτικής, εμφανίζουν σημαντική άνοδο από τη φάση 1 στην φάση 2, ίση ή και μεγαλύτερη από τη μία μονάδα (ποσοστό ίσο και μεγαλύτερο του 50%) και αυτό ισχύει για τους εκπαιδευτικούς και των δύο βαθμίδων. Στη φάση 2 (εφαρμογή παραδείγματος καλής πρακτικής), ο διδακτικός σχεδιασμός ήταν σε μεγάλο βαθμό προκαθορισμένος και άρα πλούσιος σε διερευνητικές πρακτικές. Επιπλέον, κατά τη φάση 3 του προγράμματος, όπου οι εκπαιδευτικοί σχεδίασαν πια αυτόνομα τη διδασκαλία τους, οι τιμές για την ίδια μεταβλητή παρέμειναν σε εξίσου υψηλό επίπεδο, συγκρινόμενες με αυτές της φάσης 1. Έτσι, οι διαφορές τιμών και για τους τέσσερις συμμετέχοντες σημείωσαν και στη τρίτη αυτή φάση, συγκρινόμενες με τη φάση 1, μεσαίες ή και μεγάλες διαφορές τιμών οι οποίες ξεπερνούσαν το 50%.

Πίνακας 1: Μέσοι όροι εμφάνισης πρακτικών διερευνητικού τύπου για τους τέσσερις εκπαιδευτικούς ανά χρονική φάση

Πρακτικές στο φάσμα της διερεύνησης	**ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**	**Μ.Ο. ΕΚΠ 1**	**Μ.Ο. ΕΚΠ 2**	**Μ.Ο. ΕΚΠ 3**	**Μ.Ο. ΕΚΠ 4**
3.1 Ο εκπαιδευτικός υιοθετεί τη διερευνητική προσέγγιση και ενθαρρύνει τους μαθητές να διερευνήσουν κάποιο θέμα	ΦΑΣΗ 1	1,00	1,67	1,00	1,00
	ΦΑΣΗ 2	**2,54**	**2,58**	**1,90**	**3,00**
	ΦΑΣΗ 3	**2,53**	2,06	**1,65**	**1,91**
3.2 Οι μαθητές κάνουν βιβλιογραφική έρευνα (ψάχνουν πληροφορίες ηλεκτρονικά, από βιβλία κλπ)	ΦΑΣΗ 1	1,00	1,00	1,00	1,00
	ΦΑΣΗ 2	**2,50**	**2,33**	**2,20**	**3,00**
	ΦΑΣΗ 3	**3,00**	**3,00**	**2,50**	**2,67**

Υπόμνημα:

Με **γκρι σκίαση** επισημαίνονται τα κελιά στα οποία καταγράφονται ΑΥΞΗΣΕΙΣ, σε σύγκριση με τη φάση 1, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ***μεσαίες (21% - 40%).***

Με **γκρι σκίαση και έντονη γραφή (bold)** επισημαίνονται τα κελιά στα οποία καταγράφονται ΑΥΞΗΣΕΙΣ, σε σύγκριση με τη φάση 1, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως ***μεγάλες (>40%).***

Όσον αφορά τη διενέργεια βιβλιογραφικής έρευνας (μεταβλητή 3.2), επίσης παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση. Οι εκπαιδευτικοί σημείωσαν μεγάλες διαφορές στις τιμές των συχνοτήτων εμφάνισης μεταξύ της Φάσης 1 και 2. Κατά τη διάρκεια δε της φάσης 3, οι τιμές σημείωσαν περαιτέρω αύξηση για τρεις από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς.

Αναφορικά με την υιοθέτηση διερευνητικής προσέγγισης κλειστού τύπου (Πίνακας 2, μεταβλητές 3.3, 3.4 και 3.5), τα αποτελέσματα ενισχύουν τα προαναφερθέντα ευρήματα. Στην μεταβλητή 3.3, παρατηρήθηκαν μεγάλες μειώσεις τιμών, γεγονός που σηματοδοτεί στην περίπτωση αυτή βελτίωση, καθώς η διενέργεια επίδειξης από τον εκπαιδευτικό αποτελεί μια λιγότερο επιθυμητή πρακτική. Ειδικότερα, οι μειώσεις τιμών για τρεις από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς στην μεταβλητή 3.3, ήταν ίσες ή και μεγαλύτερες της μονάδας (>50%). Οι μεγάλες μειώσεις αποτελούν ένδειξη της μετακίνησης του κέντρου βάρους της διδασκαλίας από τον εκπαιδευτικό στους μαθητές. Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση του εκπαιδευτικού 1, όπου εμφάνισε αύξηση του Μ.Ο. στη συγκεκριμένη μεταβλητή σε σύγκριση με την αρχική και στις δύο φάσεις (2&3). Η αύξηση οφείλεται στο ότι η ανάγκη εφαρμογής δραστηριοτήτων διερευνητικού τύπου με τους μαθητές οργανωμένους σε ομάδες, δημιούργησε δυσκολίες στον συντονισμό τους από τον/την εκπαιδευτικό και οδήγησε στην υιοθέτηση της ανακαλυπτικής επίδειξης έναντι της μετωπικής διδασκαλίας που εφαρμόζονταν αρχικά.

Πίνακας 2: Μέσοι όροι εμφάνισης πρακτικών καθοδηγούμενης διερεύνησης για τους τέσσερις εκπαιδευτικούς

Διερεύνηση κλειστού τύπου/καθοδηγούμενη	**ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**	**Μ.Ο. ΕΚΠ 1**	**Μ.Ο. ΕΚΠ 2**	**Μ.Ο. ΕΚΠ 3**	**Μ.Ο. ΕΚΠ 4**
3.3 Πραγματοποιεί ο ίδιος επίδειξη (πχ πειράματα, μεταχειρίζεται υλικά)	ΦΑΣΗ 1	1,00	2,67	3,00	3,00
	ΦΑΣΗ 2	**1,75**	**1,67**	**1,30**	**1,17**
	ΦΑΣΗ 3	**1,25**	**1,25**	**2,00**	**2,00**

3.4 Οι μαθητές εκτελούν προσχεδιασμένες δοκιμές, πειράματα ή έρευνα από το εγχειρίδιο ή τον εκπαιδευτικό	ΦΑΣΗ 1	1,00	3,00	1,00	1,00
	ΦΑΣΗ 2	**3,00**	3,00	**2,20**	**3,00**
	ΦΑΣΗ 3	**3,00**	3,00	**2,83**	**2,67**
3.5 Αναθέτει στους μαθητές την εκτέλεση πειραμάτων/με φύλλο εργασίας	ΦΑΣΗ 1	1,00	1,00	1,00	1,00
	ΦΑΣΗ 2	**2,25**	1,00	**1,80**	**2,50**
	ΦΑΣΗ 3	**2,50**	**2,50**	**1,63**	**2,25**

Υπόμνημα:

Με **γκρι σκίαση και έντονη γραμματοσειρά (bold)** επισημαίνονται τα κελιά στα οποία καταγράφονται ΑΥΞΗΣΕΙΣ, σε σφγκρισθ με τθ φάσθ 1, οι οποίες χαρακτθρίηονται ωσ ***μεγάλες (>40%).***

Με **έντονη γραμματοσειρά (bold)** επισημαίνονται τα κελιά στα οποία καταγράφονται ΜΕΙΩΣΕΙΣ, σε σφγκρισθ με τθ φάσθ 1, οι οποίες χαρακτθρίηονται ωσ ***μεγάλες (>40%).***

Για τις μεταβλητές 3.4. και 3.5, τρεις από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς είχαν προσχεδιάσει συγκεκριμένη πορεία διερεύνησης για τους μαθητές τους σε όλες τις φάσεις (μεταβλητή 3.4). Στην μεταβλητή αυτή, εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση του εκπαιδευτικού 2, για τον οποίο δε παρατηρήθηκε διαφοροποίηση τιμών, μια και ήδη από την αρχική διδασκαλία εμφάνιζε ήδη τη μέγιστη συχνότητα 3. Στην αρχική διδασκαλία που αφορούσε τον όγκο και τη μάζα των σωμάτων, ο/η εκπαιδευτικός είχε σχεδιάσει δραστηριότητες διερευνητικού χαρακτήρα καθοδηγώντας τους μαθητές με τη χρήση φύλλων εργασίας ενώ παράλληλα αξιοποίησε και τις δραστηριότητες που περιέχει το βιβλίο εργασιών του μαθητή της Ε΄ δημοτικού για τη συγκεκριμένη ενότητα. Οι τιμές των συχνοτήτων για την μεταβλητή 3.5, εμφανίζουν πολύ μεγάλες αυξήσεις τιμών, υπερβαίνοντας τη μονάδα (αυξήσεις μεγαλύτερες του 50%) τόσο κατά την μερικώς προσχεδιασμένη φάση 2 αλλά και κατά τη διάρκεια της φάσης 3. Η χρήση φύλλων εργασίας για την καθοδήγηση των μαθητών, αποτέλεσε κοινή πρακτική όλων των εκπαιδευτικών και κατά τη φάση 3. Οι συμμετέχοντες στο σύνολο τους σχεδίασαν εξολοκλήρου την διερευνητική πορεία που ήθελαν να ακολουθήσουν οι μαθητές τους, μέσα από τα αντίστοιχα φύλλα εργασίας.

4. Συμπεράσματα - Συζήτηση

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης στη διδακτική των ΦΕ (STED) είχε θετική επίδραση στις πρακτικές των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών. Τα ευρήματα δείχνουν ότι οι εκπαιδευτικοί κατανόησαν τη σημασία της υιοθέτησης πτυχών της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης κατά τη διδασκαλία των ΦΕ και επιχείρησαν να τις ενσωματώσουν στις πρακτικές τους. Συνεπώς, ενισχύεται η θέση της Swartz (2009) η οποία προτείνει την εισαγωγή διερευνητικών πρακτικών ως βασικό χαρακτηριστικό των προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών που επιδιώκουν να εισαγάγουν καινοτομίες στη διδακτική των ΦΕ.

Η εφαρμογή της μεθόδου τεκμηριώνεται από τις σημαντικές αυξήσεις Μ.Ο. που παρατηρήθηκαν από τη μια φάση στην επόμενη. Όπως επισημαίνει ο Pollock (2006) για τέτοιου είδους παρεμβάσεις, ο σταδιακός σχεδιασμός του προγράμματος παίζει καθοριστικό ρόλο. Στην περίπτωση αυτή διασφάλισε τη δυνατότητα εξοικείωσης των συμμετεχόντων με τις διερευνητικές πρακτικές που προτάθηκαν, τροποποιήθηκαν και εφαρμόστηκαν κατά τη φάση 2 του προγράμματος. Ο σταδιακός σχεδιασμός επίσης έδωσε τη δυνατότητα στους

συμμετέχοντες να εφαρμόσουν δοκιμαστικά την καινοτομία που τους προτάθηκε σε πραγματικές συνθήκες σχολείου, παράγοντα καθοριστικής σημασίας για την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης σύμφωνα με τους Janssen et al. (2014).

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο σύμφωνα με τους Borko, Jacobs και Koellner (2010) που συνέβαλλε στη διαμόρφωση αυτών των αποτελεσμάτων, ήταν ο ενεργός ρόλος των εκπαιδευτικών. Όπως προαναφέρθηκε, οι εκπαιδευτικοί είχαν τη δυνατότητα να συνδιαμορφώσουν το διδακτικό σχεδιασμό τόσο κατά τη φάση 2 όσο και στη φάση 3, όπου αυτόνομα πια σχεδίασαν οι ίδιοι σειρά διδασκαλιών πάνω σε άλλη θεματική. Οι Sullivan et al. (2011) θεωρούν πως η ανάθεση ενεργού ρόλου στους εκπαιδευτικούς ενισχύει σημαντικά την αυτονομία τους. Τα αποτελέσματα της εργασίας επιβεβαιώνουν την άποψη αυτή, μια και οι Μ.Ο. των συχνοτήτων εμφάνισης των πρακτικών που σχετίζονταν με την συγκεκριμένη καινοτομία, εμφανίστηκαν σταθερά αυξημένοι και στις δύο φάσεις του προγράμματος καθώς η υποστήριξη από την ερευνητική ομάδα σταδιακά μειώνονταν. Για το ζήτημα της ενίσχυσης της αυτονομίας των εκπαιδευτικών για την ενσωμάτωση καινοτόμων πρακτικών, φαίνεται να συνέβαλλε και ένας ακόμη παράγοντας ο οποίος σχετίζεται με το υποστηρικτικό πλαίσιο που παρείχε το πρόγραμμα. Όπως ήδη έχει διαπιστωθεί (Hong et al 2013, Janssen et al. 2014, King & Newman 2001), τα προγράμματα που προάγουν την αλληλεπίδραση και τη συνεργασία μεταξύ ομότιμων εκπαιδευτικών και ταυτόχρονα δίνουν πρόσβαση στη γνώση ειδικών επαγγελματιών του χώρου, όπως ήταν στη συγκεκριμένη περίπτωση η ερευνητική ομάδα, αποδεικνύονται περισσότερο αποτελεσματικά. Αυτό συμβαίνει διότι δίνουν τη δυνατότητα να αναπτυχθούν και να εφαρμοστούν οι νέες ιδέες σε πλαίσιο συναισθηματικής ασφάλειας για τους συμμετέχοντες, ενσωματώνοντας πιο ομαλά τις προτεινόμενες αλλαγές σε βάθος χρόνου.

5. Βιβλιογραφία

Andersson, K., Gullberg, A. (2014). What is science in preschool and what do teachers have to know to empower children?. *Cultural Studies of Science Education, 9*(2), 275-296.

Appleton, K. (2008). Developing science pedagogical content knowledge through mentoring elementary teachers. *Journal of Science Teacher Education, 19*(6), 523-545.

Astor-Jack, T., McCallie, E. & Balcerzak, P. (2007). Academic and Informal Science Education Practitioner Views About Professional Development in Science Education. *Science Education, 91*(4), 604-628.

Baldwin, R. (2005). Making the biggest difference: planning professional development in schools, *The Adviser, January, 5–8.*

Borko, H., Jacobs, J. & Koellner, K. (2010). Contemporary approaches to teacher professional development. In: P. Peterson, E. Baker, B. McGaw (Eds), *International Encyclopedia of Education*, vol. 7, pp. 548-556. Oxford: Elsevier.

Chin, C.C. (2004). Museum experience – A resource for science teacher education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*(1), 63-90.

Fitzgerald, A., Dawson, V. & Hackling, M. (2013). Examining the Beliefs and Practices of Four Effective Australian Primary Science Teachers. *Research in Science Education*, 43, 981–1003

Harlow, D. B. (2014). An investigation of how a physics professional development course influenced the teaching practices of five elementary school teachers. *Journal of Science Teacher Education, 25*(1), 119-139.

Hong, S-Y., Torquati, J. & Molfese, V. (2013) Theory Guided Professional Development in Early Childhood Science Education. Faculty Publications from CYFS. Paper 29, http://digitalcommons.unl.edu/cyfsfacpub/29

Janssen, F.J.J.M., Westbroek, H. & Van Driel, J.H. (2014). How to make guided discovery learning practical for student teachers? *Instructional Science, 42*(1), 67-90.

Kang, N.H. (2008). Learning to teach science: Personal epistemologies, teaching goals, and practices of teaching. *Teaching and Teacher Education, 24*(3), 478–498.

Kariotoglou, P., Avgitidou, S., Dimitriadou, C., Malandrakis, G., Papadopoulou, P., Pnevmatikos, D. & A. Spyrtou (2016) A Science Teacher's Professional Development Project Focusing Teaching Design. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Eds.), Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 14 Strand 14 In-service science teacher education, continued professional development, Co-editors: Amanda Berry & Digna Couso (pp. 2360-2369). Helsinki, Finland: University of Helsinki. ISBN 978-951-51-1541-6.

Kariotoglou, P., Pnevmatikos, D. & Karnezou, M. (2014). In-service teachers' professional development on science education: Designing principles of a research project. Paper presented at the 2nd International Conference: Education Across Borders, Korca, Albania, 31 October - 2 November.

King, M. B. & Newmann, F. M. (2001). Building school capacity through professional development: conceptual and empirical considerations. *International Journal of Educational Management, 15*(2), 86–93.

Loucks-Horsley, S., Stiles, K. E., Mundry, S. & Hewson, P. W. (Eds.). (2009). *Designing professional development for teachers of science and mathematics*. Corwin Press.

Méheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-Learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education, 26*(5), 515-535.

Pollock, J. L. (2006). *Thinking about acting. Logical foundations for rational decision making*. Oxford: Oxford University Press.

Schwarz, C. (2009). Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling-centered scientific inquiry. *Science Education, 93*(4), 720-744.

Smith, G. (2014). An innovative model of professional development to enhance teaching and learning primary science in Irish schools. *Professional Development in Education, 40*(3), 467-487.

Spillane, J. P. & Louis, K. S. (2002). School improvement processes and practices: Professional learning for building instructional capacity. *Yearbook of the National Society for the Study of Education, 101*(1), 83-104.

O'Sullivan, H., McConnell, B., and McMillan, D.J. (2012). *Continuous professional development and its impact on practice: a north-south comparative study of Irish teachers' perceptions, experiences and motivations*. Unpublished report to the Standing Committee of Teacher Education North and South (SCoTENS).

Tsaliki C., Malandrakis G., Zoupidis A., Karnezou M. & P. Kariotoglou (2016) Science teachers' profile changes concerning non-formal education design. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Eds.), Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 14 Strand 14 In-service science teacher education, continued professional development, Co-editors: Amanda Berry & Digna Couso (pp. 2370-2377). Helsinki, Finland: University of Helsinki. ISBN 978-951-51-1541-6.

Tseng, C. H., Tuan, H. L. & Chin, C. C. (2013). How to Help Teachers Develop Inquiry Teaching: Perspectives from Experienced Science Teachers. *Research in Science Education, 43*, 809-825.

ΠΡΟΦΟΡΙΚΕΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ

Η ‘‘ΤΥΦΛΟΤΗΤΑ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΑ ΦΥΤΑ’’ ΩΣ ΜΙΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ ΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΤΟΥ ΦΥΣΙΚΟΥ ΚΟΣΜΟΥ: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΕΚΤΑΣΕΙΣ

Αλέξανδρος Αμπράζης, Πηνελόπη Παπαδοπούλου,

ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Ο όρος ‘‘Τυφλότητα απέναντι στα Φυτά’’ αναφέρεται στην ανικανότητα κάποιου να δει ή να προσέξει τα φυτά στο περιβάλλοντα χώρο. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι άνθρωποι δείχνουν μειωμένο ενδιαφέρον για τους φυτικούς οργανισμούς και δεν αναγνωρίζουν την αξία τους. Παρόλα αυτά, είναι αξιοσημείωτο ότι δεν υπάρχουν πολλές έρευνες αποκλειστικά για αυτό το φαινόμενο. Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να καταγράψει την ακαδημαϊκή πρόοδο σε αυτό το ζήτημα μέσα από μια ενδελεχή επισκόπηση της βιβλιογραφίας. Επιπλέον, θέλουμε να προσδιορίσουμε τα όποια κενά υπάρχουν στη βιβλιογραφία και τις κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα προκειμένου το φαινόμενο να διαλευκανθεί ακόμη περισσότερο.

Abstract

The term «plant blindness» refers to the inability to see or notice the plants in one’s own environment. According to the literature, people show little interest in plant life and don’t recognize its general importance in planet and human affairs. Nonetheless, it is noteworthy that there are not many studies strictly about this phenomenon. The aim of this study is to establish what progress has been made on this subject through an in-depth literature review. Furthermore, we want to identify any gaps in literature and determine the starting points for future research in order to clarify it even more.

1. Εισαγωγή

Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι τα φυτά σε σχέση με τα ζώα στερούνται εκτίμησης από τους ανθρώπους. Ανάμεσα σε κάποιο φυτικό οργανισμό και κάποιο ζωικό, το πιο πιθανόν είναι ότι ένα παιδί θα ασχοληθεί με το ζώο (Schussler & Olzak 2008). Γενικότερα οι μαθητές και οι σπουδαστές όλων των βαθμίδων μπορούν πιο εύκολα να θυμηθούν, να ονοματίσουν και να προσδιορίσουν ζώα παρά φυτά (Patrick & Tunniclife 2011). Όσον αφορά το τι θα προτιμήσουν να μελετήσουν και να διαβάσουν όταν τους δίνεται η δυνατότητα ελεύθερης επιλογής, και πάλι τα ζώα υπερτερούν των φυτών (Marbach-Ad 2004).

Οι Wandersee και Schussler (1999, 2001) χαρακτηρίζουν το συγκεκριμένο φαινόμενο ως «τυφλότητα απέναντι στα φυτά» (Plant Blindness). Σύμφωνα με τον ορισμό που δόθηκε από την Strgar (2007) τυφλότητα απέναντι στα φυτά είναι το φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρείται σε ένα άτομο i) ανικανότητα να δει ή να προσέξει φυτά εντός του χώρου στον οποίο βρίσκεται, ii) ανικανότητα να αναγνωρίσει τη σημασία των φυτών σχετικά με τα ζητήματα περιβάλλοντος ή ανθρώπινων συμφερόντων, iii) ανικανότητα να εκτιμήσει την αισθητική και τη μοναδικότητα

των βιολογικών χαρακτηριστικών των φυτών και iv) τάση να ταξινομεί τα φυτά ως κατώτερα από τα ζώα. Ο όρος τυφλότητα απέναντι στα φυτά κατά τους Balas και Momsen (2014) περιλαμβάνει την τάση για παραμέληση τους μέσα στο περιβάλλοντα χώρο και την έλλειψη αναγνώρισης των λειτουργικών τους ρόλων στο οικοσύστημα.
Κατά τον Kinchin (1999), η κύρια αιτία για το φαινόμενο είναι ότι τα φυτά εν αντιθέσει με τα ζώα στερούνται κίνησης. Επεκτείνοντας τη συγκεκριμένη άποψη άλλοι ερευνητές (Hoekstra 2000; Schneekloth 1989) υποστηρίζουν ότι συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των ζώων όπως ο τύπος δραστηριότητας τους, η διατροφή τους, η επικοινωνία και η εν μέρει εξωτερική τους συνάφεια με το ανθρώπινο είδος (πρόσωπο, χέρια, πόδια) οδηγεί τα άτομα στο να έλκονται περισσότερο από τα ζώα σε σχέση με τα φυτά.

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να καταγράψει την ακαδημαϊκή πρόοδο σχετικά με το φαινόμενο που αναλύθηκε παραπάνω μέσα από μια ενδελεχή επισκόπηση της βιβλιογραφίας. Από όλες τις σχετικές δημοσιεύσεις, το ενδιαφέρον μας εστιάστηκε σε αυτές που σχετίζονται με την εκπαίδευση και καθιστούν τη μάθηση ως πλαίσιο ισχυρής αντιμετώπισης του φαινομένου. Ως εκ τούτου, οι ερευνητικές ερωτήσεις της παρούσας έρευνας καθορίζονται ως εξής:

1. Ποια είναι τα βασικά χαρακτηριστικά των άρθρων που εξετάστηκαν (υπόβαθρο συγγραφέων, ειδίκευση περιοδικού δημοσίευσης, χρονολογίες έκδοσης)
2. Τι είδος έρευνας παρουσιάζεται σε αυτά (απλή βιβλιογραφική επισκόπηση, έρευνα διερεύνησης του φαινομένου σε συγκεκριμένο δείγμα, στοιχεία δείγματος, είδος ερευνητικού εργαλείου)
3. Ποιες είναι οι παιδαγωγικές προεκτάσεις των ερευνών αυτών (τύπος παιδαγωγικής παρέμβασης, αποτελέσματα)

Για τον προσδιορισμό άρθρων που αναλύουν το φαινόμενο της τυφλότητας απέναντι στα φυτά, εξετάστηκαν βιβλία και επιστημονικά περιοδικά από τη δεκαετία του 1980 έως σήμερα με βασικά γνωστικά αντικείμενα τις φυσικές επιστήμες, τη βιολογία, τη βοτανική, τα φυτά και την περιβαλλοντική εκπαίδευση. Όπως ήταν αναμενόμενο από τον ιδιαίτερο χαρακτήρα του ζητήματος, βιβλία ή επιστημονικά περιοδικά που να ασχολούνται αποκλειστικά με το θέμα της τυφλότητας απέναντι στα φυτά δεν βρέθηκαν, ενώ είναι επίσης σημαντικό ότι δεν εντοπίστηκε κανένα σχετικό ελληνικό άρθρο. Η διαδικασία αναζήτησης των άρθρων στις διεθνείς επιστημονικές εκδόσεις βασίστηκε στις λέξεις/φράσεις κλειδιά: “plant blindness”, “attitudes towards plants”, “environmental literacy”, “zoocentrism”, “plants”, “science/biology/ environmental education”, “botanical literacy”, “students’ perception” and “life concept”.
Από αυτήν την αναζήτηση εντοπίστηκαν αρχικά 85 άρθρα. Η πλειονότητα όμως αυτών απορρίφθηκε καθώς το βασικό κριτήριο τελικής επιλογής ήταν ο αυξημένος βαθμός εστίασης στο φαινόμενο «Τυφλότητα απέναντι στα Φυτά». Για παράδειγμα, εργασίες σχετικές με τον περιβαλλοντικό εγγραμματισμό που είχαν αναφορές επιδερμικού χαρακτήρα στο φαινόμενο της τυφλότητας ή γενικότερα στις στάσεις των ανθρώπων απέναντι στα φυτά, αποκλείστηκαν. Ο τελικός αριθμός άρθρων που προέκυψε μετά και το δεύτερο στάδιο επιλογής ήταν 29.
Τα 29 αυτά άρθρα αναλύθηκαν και το περιεχόμενο τους κωδικοποιήθηκε σύμφωνα με τις ερευνητικές ερωτήσεις της παρούσας έρευνας. Η κάθε κατηγορία κωδικοποίησης ορίστηκε επαρκώς και χρησιμοποιήθηκε ένα παράδειγμα για την πλήρη αποσαφήνιση του περιεχομένου της.

3. Αποτελέσματα

3.1 Βασικά στοιχεία άρθρων

Το μεγαλύτερο ποσοστό των παραπάνω άρθρων (81%) έχει δημοσιευτεί από το 2000 και μετά (Πίνακας 1). Τα άρθρα αυτά έχουν κατά κύριο λόγο δημοσιευτεί σε επιστημονικά περιοδικά με γνωστικό αντικείμενο τη βιολογία (32%) ή τη διδακτική φυσικών επιστημών (24%) ενώ λιγότερα βρίσκει κανείς σε εκδόσεις που επικεντρώνονται στην περιβαλλοντική εκπαίδευση (8%) (Πίνακας 1). Όπως επίσης φαίνεται στον Πίνακα 1, η ταυτότητα του βασικού συγγραφέα είναι «καθηγητής πανεπιστημίου» σε ποσοστό 47% ενώ ελάχιστες σχετικές έρευνες έχουν διενεργηθεί από εκπαιδευτικούς (6 %).

Πίνακας 1: Βασικά Χαρακτηριστικά Άρθρων

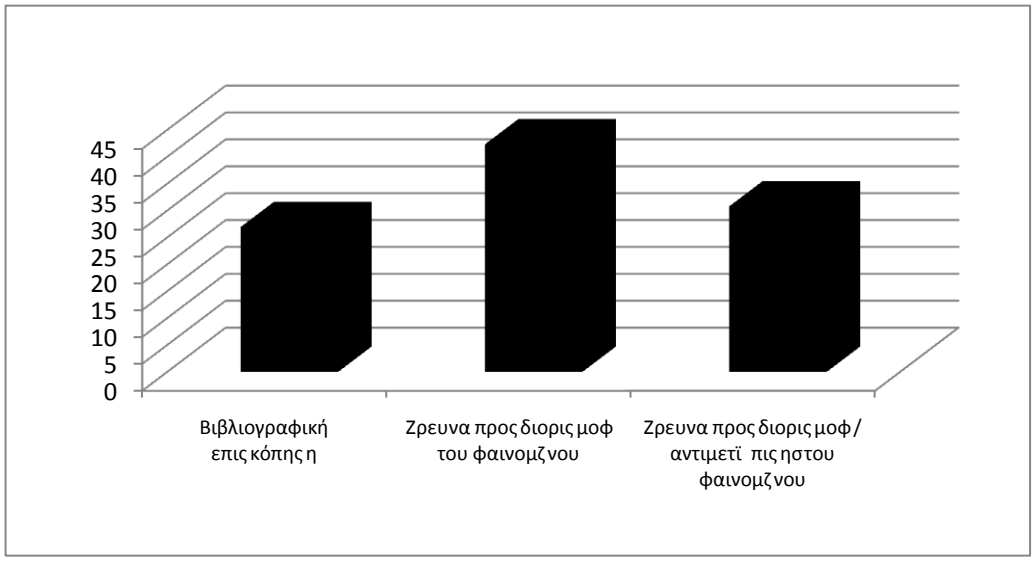
Χρονολογίες δημοσίευσης άρθρων	1980 - 1999		2000 - 2009		2010 - Σήμερα
	18,75 %		43,75 %		37,5 %
Υπόβαθρο πρώτου συγγραφέα	Εκπαιδευτικός	Ερευνητής Επιπέδου Msc / Phd	Καθηγητής ΑΕΙ		Άλλο
	6,25 %	31,25 %	46,87 %		15,6 %
Γνωστικό αντικείμενο επιστημονικών περιοδικών	Βιολογία	Διδακτική φυσικών επιστημών	Φυτά	Περιβαλλ. Εκπαίδευση	Άλλο
	32 %	24 %	16 %	8 %	20 %

3.2 Είδος έρευνας

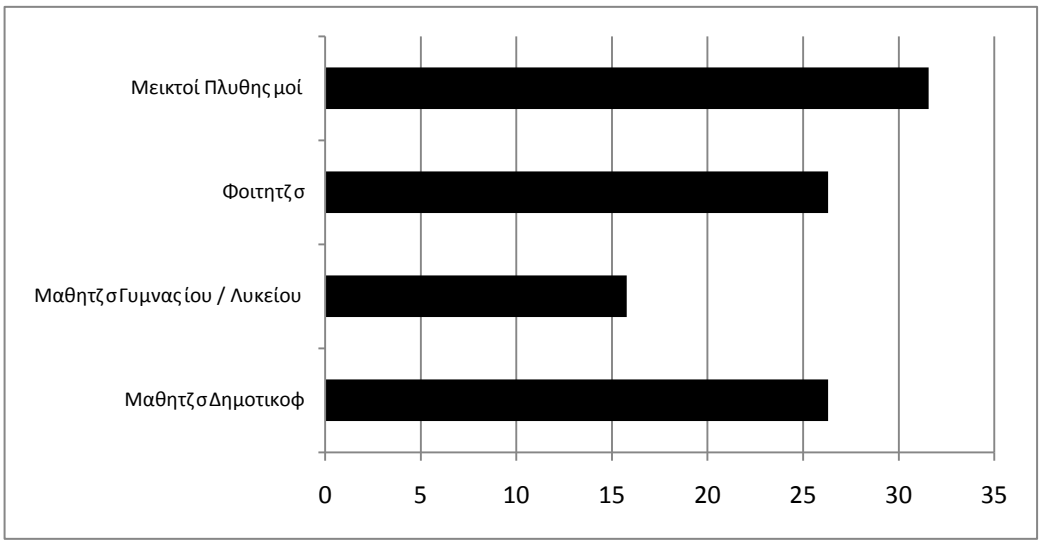
Εξετάζοντας τις συγκεκριμένες δημοσιεύσεις, γίνεται άμεσα φανερό ότι πέρα από αυτές που επιχειρούν μια απλή βιβλιογραφική επισκόπηση, οι υπόλοιπες δημοσιεύσεις χωρίζονται σε δυο μεγάλες βασικές κατηγορίες: i) έρευνες που προσδιορίζουν το φαινόμενο μέσα από διερεύνηση αντιλήψεων σε ποσοστό 27% και ii) έρευνες με αναπτυξιακό χαρακτήρα οι οποίες πέρα από την παραπάνω διερεύνηση προχωρούν σε εφαρμογή και αξιολόγηση σχετικών εκπαιδευτικών παρεμβάσεων (42%) (Γράφημα 1). Υποκείμενα των παραπάνω ερευνών είναι εκπαιδευόμενοι όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης με κύρια ομάδα τους μεικτούς πληθυσμούς (32%) (Γράφημα

2). Εξαιρετικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η παιδαγωγική διάσταση των ερευνών καθώς κάποιοι ερευνητές προσπάθησαν να προσδιορίσουν εκπαιδευτικές παρεμβάσεις οι οποίες θα μειώσουν την ένταση του φαινομένου και να τις αξιολογήσουν ως προς την αποτελεσματικότητα τους.

Γράφημα 1: Είδος έρευνας



Γράφημα 2: Είδος δείγματος



3.3 Παιδαγωγικές προεκτάσεις

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, οι παρεμβάσεις αυτές βασίστηκαν κατά κύριο λόγο (83%) σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες επαφής με τα φυτά εκτός και εντός της τάξης. Η δεύτερη επιλογή

των ερευνητών σε ποσοστό 32% ήταν η παρουσίαση εικόνων φυτών και η διαδικασία αναγνώρισης τους από τα άτομα του δείγματος (Πίνακας 2).
Όσον αφορά τα εργαλεία που οι ερευνητές χρησιμοποίησαν για να προσδιορίσουν το φαινόμενο και να αξιολογήσουν τις εκπαιδευτικές τους παρεμβάσεις, το ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε σε ποσοστό άνω του 50% των περιπτώσεων (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Στοιχεία Μεθοδολογίας Έρευνας

Ερευνητικό εργαλείο	Ερωτηματολόγιο	Συνέντευξη	Παρουσίαση εικόνων	Φύλλα Εργασίας
	52,63 %	5,26 %	31,57 %	10,52 %
Είδος παιδαγωγικής παρέμβασης	Δραστηριότητες εκτός τάξης	Δραστηριότητες εντός και εκτός τάξης		Παρουσίαση Φυτών
	50 %	16,6 %		33,3 %

Σχετικά με τα αποτελέσματα αυτών των εκπαιδευτικών παρεμβάσεων, όλες οι ερευνητές αναφέρουν αύξηση της αναγνώρισης των φυτών και της εκτίμησης προς αυτά από τα άτομα του δείγματός τους.

4. Συμπεράσματα

Αν και περιορισμένες σε αριθμό, οι μέχρι τώρα έρευνες επιβεβαιώνουν το φαινόμενο της τυφλότητας απέναντι στα φυτά και αναδεικνύουν τη σημασία του συγκεκριμένου ζητήματος. Επίσης κάνουν κάποιες πρώτες επιτυχημένες απόπειρες προσδιορισμού του εκπαιδευτικού πλαισίου αντιμετώπισης του. Η μείωση της έντασής του μέσα από εκπαιδευτικές παρεμβάσεις είναι ένα εξαιρετικά σημαντικό εύρημα για την μελλοντική αντιμετώπιση της τυφλότητας απέναντι στα φυτά και καταγράφει τη σημασία και την αποδοτικότητα των στοχευόμενων εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων. Ο προσδιορισμός της εκπαιδευτικής αντιμετώπισης αυτού του φαινομένου μπορεί να ληφθεί υπόψη κατά τον καθορισμό αναλυτικών προγραμμάτων, σχολικών εγχειριδίων αλλά και του πλαισίου καλλιέργειας της περιβαλλοντικής ιδιότητας των μαθητών. Επιπρόσθετα, η έλλειψη διερεύνησης του ζητήματος στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα καθιστά αναγκαία την υλοποίηση αντίστοιχης έρευνας προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματα της με τα αντίστοιχα της διεθνούς ερευνητικής δραστηριότητας. Με αυτό τον τρόπο, θα εμπλουτιστεί περαιτέρω η περιορισμένη βιβλιογραφία σε ένα πεδίο που απαιτεί την προσοχή και την παραγωγή προτάσεων.

5. Βιβλιογραφία

Balas, B. & Momsen, J. (2014). Attention “Blinks” Differently for Plants and Animals. Life Sciences Education, 13, 437-443.

Hoekstra, B. (2000). Plant Blindness - The ultimate challenge to botanists. *The American biology teacher, 62*, 82-83.

Kinchin, I. 1999. Investigating secondary-school girls' preferences for animals or plants: A simple 'head-to-head' comparison using two unfamiliar organisms. *Journal of Biological Education, 33*(2), 95-9.

Marbach-Ad, G. (2004). Expectations and difficulties of first year college students in biology. *Journal of College Science teaching, 33*, 18–23.

Patrick, P. & Tunnicliffe, S., D. (2011). What plants and animals do early childhood and primary students' name? Where do they see them? *Journal of Science Education and Technology 20*, 630–642.

Schneekloth, L. H. (1989). 'Where did you go?' 'Forest.' 'What did you see?' 'Nothing.'*Children's Environments Quarterly, 6*, 14-17.

Schussler, E. & Olzak, L. (2008). It's not easy being green: Student recall of plant and animal images. *Journal of Biological Education 42*(3), 112-118.

Strgar, J. (2007). Increasing the interest of students in plants. *Journal of Biological Education, 42*(1), 19-23.

Tunnicliffe, S. & Reiss, M. (2000). Building a model of the environment: How do children see plants? *Journal of Biological Education, 34*(4), 172-177.

Wandersee, J. & Schussler, E. (1999). Preventing plant blindness. *The American Biology Teacher, 61*, 82-86.

Wandersee, J. & Schussler, E. (2001). Toward a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin, 47*(1), 2-9.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΝΤΑΣ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΝΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΥΝ ΣΤΟΝ ΑΣΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ: ΜΙΑ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΗΣ ΠΛΑΤΕΙΑΣ

Γεωργία Αγγέλου, Λία Γαλάνη, Ευαγγελία Μαυρικάκη

ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Η συμμετοχή των πολιτών στον σχεδιασμό των ανοιχτών χώρων σε μια σύγχρονη, δημοκρατική κοινωνία, αποτελεί ζητούμενο και αυξανόμενη τάση τα τελευταία χρόνια. Από τους πολίτες δεν εξαιρούνται τα παιδιά, τα οποία σύμφωνα με τη Σύμβαση για τα Δικαιώματα του Παιδιού έχουν το δικαίωμα συμμετοχής σε διαδικασίες σχεδιασμού των χώρων που τα αφορούν. Κάτι τέτοιο προϋποθέτει ανάπτυξη των χωρικών τους ικανοτήτων και συμμετοχή σε αντίστοιχες δραστηριότητες από μικρή ηλικία. Στην παρούσα έρευνα καταγράφονται, διερευνώνται και σχολιάζονται οι διάλογοι μαθητών της Α' Δημοτικού κατά τον επανασχεδιασμό του χώρου της πλατείας της γειτονιάς τους, με απώτερο στόχο να διερευνηθεί και να καλλιεργηθεί η ικανότητα συμμετοχής των παιδιών στον αστικό σχεδιασμό.

Abstract

Citizen participation in the design of open spaces is a requirement and an upward trend of a contemporary, democratic society. According to the United Nation Convention on the Rights of the Child, children are also citizens, who have the right to participate in planning processes of community spaces that affect them. Such participation requires development of their spatial skills and their involvement in relevant practices from an early age. The present study records, examines and discusses first-grade students' ability to participate in urban planning through their dialogues, while they redesign the square of their neighborhood.

1. Εισαγωγή

Σήμερα, η συμμετοχή των πολιτών στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων που τους αφορούν, αποτελεί σύγχρονη τάση σε παγκόσμιο επίπεδο και ορίζεται ως «η οργανωμένη διαδικασία μέσω της οποίας το ευρύ κοινό/οι πολίτες επικοινωνούν τις ανάγκες και τις αξίες τους με στόχο να επηρεάσουν τη δύναμη των θεσμών» (Meyer 2011). Η επανεξέταση του ρόλου των πολιτών στη διαχείριση του περιβάλλοντός τους, καθώς επίσης και η αναγνώριση των δικαιωμάτων και της ευθύνης τους να συμμετέχουν στη διαμόρφωση του μέλλοντος, είναι ζητήματα που κατέχουν κεντρική θέση στην ατζέντα της βιώσιμης ανάπτυξης (UNICEF 2012). Σε αυτό το πλαίσιο, η συμμετοχή του κοινού θα πρέπει να εφαρμόζεται και σε διαδικασίες σχεδιασμού του ανοιχτού χώρου.

Πώς νοηματοδοτείται, όμως, η έννοια του ανοιχτού χώρου στο σύγχρονο αστικό περιβάλλον; Σύμφωνα με τον Meyer, ως ανοιχτοί χώροι ορίζονται «οι περιοχές με βλάστηση και τα δίκτυα οποιασδήποτε κλίμακας που προσφέρουν κοινωνικά, οικολογικά, και οφέλη υγείας στα μέλη

μιας κοινότητας» (Meyer 2011). Παραδείγματα ανοιχτών χώρων στην πόλη αποτελούν οι πλατείες, τα πάρκα, οι δημοτικοί κήποι. Στις μέρες μας, το μεγαλύτερο μέρος των παιδιών ζει στις πόλεις, ως κύριο αποτέλεσμα της αστικοποίησης κατά τις προηγούμενες δεκαετίες (UNICEF 2012). Αυτό σημαίνει ότι τα περισσότερα παιδιά έχουν ελάχιστες ευκαιρίες για επαφή με τη φύση και για ελεύθερο παιχνίδι. Το γεγονός αυτό καθιστά την ύπαρξη ανοιχτών χώρων αναγκαιότητα, καθώς ο χρόνος που περνούν τα παιδιά παίζοντας σε αυτούς είναι καθοριστικής σημασίας για τη σωματική, την κοινωνική, τη συναισθηματική και τη γνωστική ανάπτυξή τους. Μέσω των ανοιχτών χώρων τα παιδιά έχουν τη δυνατότητα να κοινωνικοποιηθούν, να έρθουν σε επαφή με το περιβάλλον και να παίξουν με τους συνομηλίκους τους (Acar 2013).

Η διαμόρφωση ενός ανοιχτού χώρου, συνδέεται με την έννοια του αστικού σχεδιασμού, μια έννοια σύνθετη, που γίνεται δύσκολα κατανοητή από μη επαγγελματίες στον τομέα του σχεδιασμού (Hart 2011). Ο ορισμός που επιλέχθηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας ορίζει τον αστικό σχεδιασμό ως «το σύνολο των διαδικασιών που απαιτούνται από κάποιον, που μπορεί να είναι ή να μην είναι εκπαιδευμένος, στην προσπάθειά του να σχεδιάσει, να δημιουργήσει, να επανασχεδιάσει ή να επαναδημιουργήσει το περιβάλλον του» (Hart 2011). Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε, είναι σημαντικό οι πόλεις να σχεδιάζονται με τρόπο «φιλικό» προς τα παιδιά, κάτι που μπορεί να γίνει μόνο μέσα από την άμεση συμμετοχή των τελευταίων στον αστικό σχεδιασμό (Oestreich 2012).

Είναι, όμως, τα παιδιά σε θέση να συμμετέχουν στον αστικό σχεδιασμό; Σύμφωνα με τον Hart (2011) και άλλους ερευνητές (Francis & Lorenzo 2002), τα παιδιά όλων των ηλικιών, ήδη από την ηλικία των τριών ή τεσσάρων ετών, μπορούν να εμπλακούν σε διαδικασίες διαμόρφωσης του χώρου και να συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων που αφορούν τον αστικό σχεδιασμό, κάτι που αποτελεί αναφαίρετο δημοκρατικό δικαίωμά τους. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ένα πλήθος πιλοτικών προγραμμάτων και ερευνών με αντικείμενο τη συμμετοχή των παιδιών στον σχεδιασμό του ανοιχτού χώρου, που παρουσιάζουν θετικά αποτελέσματα (Francis & Lorenzo 2002, Hart 1992). Επιπλέον, σήμερα υπάρχει και θεσμική κατοχύρωση των δικαιωμάτων των παιδιών να εκφράζουν τις απόψεις τους, να συμμετέχουν στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων που τα αφορούν, να έχουν πρόσβαση στις αναγκαίες πληροφορίες και να επικοινωνούν τις απόψεις τους με τα κέντρα λήψης των αποφάσεων (UNICEF 2012, United Nations 1992).

Προκειμένου, όμως, η συμμετοχή των παιδιών στον σχεδιασμό των ανοιχτών δημόσιων χώρων να γίνει πραγματικότητα, είναι ανάγκη τα παιδιά να ενημερωθούν για τα δικαιώματά τους και να αποκτήσουν αντίστοιχες γνώσεις και δεξιότητες μέσα από κατάλληλη εκπαίδευση (Council of Europe 2011). Κάτι τέτοιο, μέχρι τώρα, δεν αποτελεί προτεραιότητα ούτε βασική επιδίωξη της επίσημης εκπαίδευσης στο ελληνικό σχολείο.

Για τη γεωγραφική εκπαίδευση, η συμμετοχή στον αστικό σχεδιασμό βοηθά στην ανάπτυξη της γεωγραφικής σκέψης και των χωρικών ικανοτήτων των παιδιών, με στόχο τη θωράκισή τους στην αντιμετώπιση ζητημάτων που σχετίζονται με τον χώρο και τις δράσεις τους σε αυτόν στην καθημερινή τους ζωή (Newcombe 2013).

Στην παρούσα έρευνα, ζητήθηκε από μαθητές της Α' Δημοτικού να αναδιαμορφώσουν σε μακέτα τον χώρο της κοντινής τους πλατείας, τοποθετώντας οντότητες που είχαν επιλέξει τα ίδια, εκφράζοντας τις απόψεις τους και αιτιολογώντας τις επιλογές τους για το πού θα πρέπει να τοποθετηθεί κάθε οντότητα. Με αφορμή όσα παρουσιάστηκαν παραπάνω, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν προς διερεύνηση είναι τα εξής:

1) Μπορούν οι μαθητές ηλικίας 6-7 ετών να σχεδιάσουν σε μακέτα έναν χώρο που τους αφορά;
2) Ποιες είναι οι επιλογές των μαθητών για τις επιμέρους οντότητες που θα χωροθετηθούν στην πλατεία, όπως διαφαίνονται μέσα από τον διάλογο που αναπτύσσουν μεταξύ τους;

3) Ποια είναι τα κοινά στοιχεία στις προτιμήσεις των μαθητών και στις αιτιολογήσεις που δίνουν για τις επιλογές τους κατά τη διαμόρφωση του χώρου;

2. Μεθοδολογία

Για τη διερεύνηση των παραπάνω ερευνητικών ερωτημάτων πραγματοποιήθηκε έρευνα δράσης (Cohen et al. 2011) σε 18 μαθητές ηλικίας 6-7 ετών, που φοιτούσαν στο 15ο Δημοτικό Σχολείο Αθηνών. Η έρευνα αυτή αποτέλεσε τμήμα μιας μεγαλύτερης έρευνας. Πριν συλλεγούν τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, οι μαθητές είχαν ήδη πραγματοποιήσει ένα σύνολο δραστηριοτήτων που σχετίζονταν με τη μελέτη της πλατείας της γειτονιάς τους, δηλαδή την πλατεία Δεξαμενής. Συνεπώς, σε προηγούμενα στάδια, που αναλύθηκαν σε άλλες εργασίες (Γαλάνη 2015, Papageorgiou et al. 2016), οι μαθητές μοιράστηκαν τις ιδέες τους σχετικά με την πλατεία, μελέτησαν την ιστορία της πλατείας Δεξαμενής και την απεικόνισαν σε ιστορική γραμμή του χρόνου, επισκέφτηκαν την πλατεία, πραγματοποιήσαν παιχνίδια εξερεύνησής της, προσδιόρισαν τα θετικά και τα αρνητικά σημεία της και πρότειναν να τροποποιήσουν τον χώρο, ώστε να ανταποκρίνεται περισσότερο στις ανάγκες τους. Πριν προχωρήσουν στην ανάπλαση, κατασκεύασαν ομαδικά έναν εννοιολογικό χάρτη στον οποίο σημείωσαν και συνέδεσαν όλα τα στοιχεία που θεωρούσαν απαραίτητο να υπάρχουν σε μια πλατεία. Τα επόμενα στάδια της δραστηριότητας είναι εκείνα από τα οποία αντλήθηκαν τα δεδομένα της παρούσας έρευνας. Συγκεκριμένα, μετά την κατασκευή του εννοιολογικού χάρτη οι μαθητές:

1) Συμφώνησαν στις οντότητες που θεωρούσαν απαραίτητο να υπάρχουν στον χώρο, με βάση τον εννοιολογικό χάρτη που είχαν κατασκευάσει στο προηγούμενο στάδιο. Σε αυτό το πλαίσιο, συμφωνήθηκε ότι η νέα πλατεία θα έπρεπε να διαθέτει: παιδική χαρά, δύο γήπεδα (ποδοσφαίρου και μπάσκετ), μια καφετέρια, τουαλέτες, ένα σιντριβάνι, χώρο με ζώα, χώρο με υπολογιστές, δέντρα και ένα παγκάκι.
2) Στη συνέχεια δημιούργησαν μακέτα του ανάγλυφου της πλατείας αυτής με πλαστελίνη.
3) Τέλος, μέσα από διάλογο που ανέπτυξαν μεταξύ τους, εξέφρασαν τις απόψεις τους και αιτιολόγησαν τις επιλογές τους καθώς τοποθετούσαν τους επιμέρους χώρους που είχαν προτείνει πάνω στη μακέτα της πλατείας, με συντονισμό από τους ερευνητές.

Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων επιλέχθηκε η μέθοδος της βιντεοσκόπησης και η λήψη φωτογραφιών. Συγκεκριμένα, ολόκληρος ο διάλογος που ανέπτυξαν οι μαθητές προκειμένου να τοποθετήσουν πάνω στη μακέτα της πλατείας τις επιμέρους οντότητες βιντεοσκοπήθηκε με φωτογραφική μηχανή, ενώ παράλληλα λήφθηκαν φωτογραφίες που θα μπορούσαν να φανούν χρήσιμες στην ανάλυση που ακολούθησε. Για τη συμμετοχή των μαθητών εξασφαλίστηκαν οι απαραίτητες άδειες από τους κηδεμόνες τους. Μετά τη συλλογή των δεδομένων, πραγματοποιήθηκε ακριβής απομαγνητοφώνηση των βίντεο. Η διάρκεια των βίντεο που τελικά αναλύθηκαν είναι 94,12 λεπτά. Τέλος, η ποιοτική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο της Κριτικής Ανάλυσης Λόγου (Critical Discourse Analysis) (Fairclough 1995, Janks 1997). Μονάδα ανάλυσης αποτέλεσε ο λόγος των παιδιών και οι σημασίες που προέκυψαν από αυτόν, ενώ τα κριτήρια της ανάλυσης ήταν οι προτιμήσεις και οι αιτιολογήσεις των μαθητών.

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψαν μέσα από την ανάλυση των διαλόγων και των απόψεων των μαθητών, κατά την κατασκευή της μακέτας της πλατείας της γειτονιάς τους. Στην

ανάλυση που ακολουθεί παρουσιάζονται, επίσης, ορισμένα παραδείγματα από τις απόψεις που εξέφραζαν οι μαθητές καθώς έθεταν τα κριτήρια χωροθέτησης των επιμέρους οντοτήτων. Τα ονόματα των παιδιών, για λόγους ανωνυμίας, έχουν αντικατασταθεί με ψευδώνυμα.

Οι μαθητές χωροθέτησαν την παιδική χαρά στη μακέτα της πλατείας, θέτοντας ως βασικά κριτήρια την ύπαρξη χώματος, νερού και γρασιδιού στο σημείο τοποθέτησής της. Στις αιτιολογήσεις τους ανέφεραν δραστηριότητες που τους αρέσει να κάνουν με το χώμα και το νερό, όπως το παιχνίδι με τα κουβαδάκια, τα παιχνίδια με το νερό και το κολύμπι. Θεώρησαν σημαντικό να υπάρχει γρασίδι, ώστε να τους εξασφαλίζεται ένα μαλακό υπόστρωμα για τις πτώσεις τους. Έδωσαν γενικότερα έμφαση σε ζητήματα ασφάλειας κατά το παιχνίδι τους στην παιδική χαρά, καθώς όλα τα παιδιά έχουν την εμπειρία μικροατυχημάτων στους χώρους του παιχνιδιού τους.

> Νικόλας: Λέω να μπει εδώ (η παιδική χαρά), για να έχει και χώμα να παίζουνε.
>
> Αλέξανδρος (έχοντας υποδείξει ένα σημείο με πολύ πράσινο): Για να πέφτουνε μαλακά και να μπορούν να παίζουν με το νερό.

Όσον αφορά την τοποθέτηση των γηπέδων, αρχικά οι μαθητές δήλωσαν την προτίμησή τους να τοποθετηθούν τα γήπεδα το ένα δίπλα στο άλλο. Στη σκέψη τους κυριάρχησε έντονα ο προβληματισμός για τις μπάλες που θα ήταν πιθανό να πέφτουν σε ακατάλληλα σημεία. Έτσι, προβληματίστηκαν σχετικά με τις μπάλες που θα μπορούσαν να πέσουν από το ένα γήπεδο στο άλλο, κάτι που θα προκαλούσε πιθανότατα τσακωμούς μεταξύ των παιδιών. Ακόμη, δεν επιθυμούσαν η μπάλα τους να ενοχλεί με οποιονδήποτε τρόπο τους ενήλικες της πλατείας, για παράδειγμα να πέφτει μέσα στο καφενείο όπου θα κάθονται οι τελευταίοι. Γενικά, υπήρξε έντονος προβληματισμός για το ζήτημα της ηρεμίας και της ησυχίας στην πλατεία, καθώς τα παιδιά δεν ήθελαν να υπάρχει πιθανότητα να ενοχληθούν οι υπόλοιποι επισκέπτες από το παιχνίδι τους. Οι λύσεις που έδωσαν στα ζητήματα αυτά ήταν αφενός τα γήπεδα να τοποθετηθούν μακριά από το καφενείο και αφετέρου να τοποθετηθεί κάποιου είδους περίφραξη ή σκεπή στα γήπεδα, που θα συγκρατεί τις μπάλες. Στους προβληματισμούς, τις αιτιολογήσεις και τις προτιμήσεις των μαθητών είναι εμφανής η επίδραση από την καθημερινή τους ζωή και από δυσάρεστες εμπειρίες που είχαν ζήσει πιθανότατα οι ίδιοι και ήθελαν να αποφύγουν.

> Αλέξανδρος: Εγώ δε λέω να μπουν δίπλα δίπλα γιατί μπορεί να πεταχτεί καμιά μπάλα στο άλλο το γήπεδο και μετά να λένε «πού είναι η μπάλα μας, πού είναι η μπάλα μας τη χάσαμε;»
>
> Άγγελος: Αν ακούνε όμως φασαρίες (οι ενήλικες) θα κάνουν παρατήρηση.
>
> Αλέξανδρος: Και μπορεί με τη φασαρία που να κάνουνε να τους διώξουνε από τη Δεξαμενή.
>
> Δημήτρης: Μπορεί να κλωτσήσουνε οι ποδοσφαιριστές την μπάλα με δύναμη και να σπάσει ένα τζάμι στο καφενείο και να χτυπήσει έναν ενήλικο.
>
> Γιώργος: Κυρία, όμως μπορεί να μπει η μπάλα μέσα στο φαγητό του άλλου, ή μέσα στο ποτό του άλλου και να σπάσει το ποτήρι.

Στον διάλογο για την τοποθέτηση του καφενείου και της τουαλέτας πάνω στη μακέτα της πλατείας, οι μαθητές αρχικά εξέφρασαν την επιθυμία οι δύο αυτοί χώροι να τοποθετηθούν μαζί. Συνέδεσαν το καφενείο με τους ενήλικες, γεγονός που τους οδήγησε στην απόφαση να τοποθετήσουν το καφενείο και την τουαλέτα μακριά από τα γήπεδα. Παρόλα αυτά, προβληματίστηκαν για την έγκαιρη ικανοποίηση των δικών τους βιολογικών αναγκών, αφού η τουαλέτα είχε τοποθετηθεί δίπλα στο καφενείο και μακριά από τα γήπεδα και την παιδική χαρά, δηλαδή τους χώρους του παιχνιδιού τους.

Αλέξανδρος: (Να βάλουμε το καφενείο και την τουαλέτα μακριά από τα γήπεδα) για να είναι πολλή απόσταση από τις φασαρίες του γηπέδου και να μην φτάνει η μπάλα τόσο μακριά.

Δέσποινα: Ναι κυρία, όμως αν ένα παιδάκι θέλει τουαλέτα και είναι επείγον άμα είναι εδώ το καφενείο και εκεί οι τουαλέτες (στις δύο άκρες της πλατείας, σε μεγάλη απόσταση μεταξύ τους) θα τρέξει έτσι γρήγορα, θα κατουρηθεί πάνω του!

Υπήρχαν δύο διαφορετικές απόψεις όσον αφορά την τοποθέτηση ηλεκτρονικών υπολογιστών και μιας γιγάντιας οθόνης στην πλατεία: Να τοποθετηθούν μέσα στο καφενείο ή έξω από αυτό. Και στις δύο περιπτώσεις δημιουργήθηκε έντονος προβληματισμός σχετικά με την ενόχληση των υπόλοιπων επισκεπτών της πλατείας από τη φασαρία που θα προκαλούσαν τα παιδιά με τη χρήση των ηλεκτρονικών αυτών μέσων. Ακόμη, οι μαθητές προβληματίστηκαν για τους κινδύνους που θα μπορούσαν να προκύψουν από την ύπαρξη των καλωδίων και από το ηλεκτρικό ρεύμα, γεγονός που φανερώνει και πάλι την έμφαση που δίνουν στην ασφάλειά τους και συνδέεται με τις οδηγίες που έχουν από τους γονείς τους. Για να επιλύσουν τα παραπάνω προβλήματα, οι μαθητές πρότειναν να τοποθετηθεί ένα είδος προστατευτικού περιβλήματος γύρω από τα καλώδια, ενώ τόσο οι υπολογιστές όσο και η γιγάντια οθόνη να φιλοξενηθούν σε μια ξεχωριστή θόλο με ηχομόνωση, δίπλα στο καφενείο.

Άγγελος: Να τα βάλουμε (υπολογιστές και γιγάντια οθόνη) σε έναν θόλο. Να ακούγεται όποιος θέλει μέσα, όμως να μην ακούγεται από έξω.

Άρης: Να βάλουμε τα καλώδια από κάτω για να είναι τα παιδιά ασφαλή.

Ο χώρος για τα ζώα οδήγησε στον προβληματισμό περί δικαιωμάτων των ζώων, ελευθερίας αλλά και ασφάλειας των επισκεπτών. Έτσι, δόθηκε μεγάλο μέρος της πλατείας για τη δημιουργία περιφραγμένης έκτασης φιλοξενίας τους.

Άρης: Μπορεί να υπήρχαν κάτι σκυλιά αδέσποτα που να δαγκώνουν και να μην είχαν αυτή την μάσκα (προφανώς εννοεί το φίμωτρο) εδώ και να δαγκώσουν έναν άνθρωπο.

Νικόλας: Μπορεί να τ' αφήσουνε αδέσποτα και να περπατάνε... για να μην τα 'χουν έτσι να τα πνίγουνε... να πονάνε κι όλα αυτά.

Δημήτρης: Μπορεί να κάνουμε έναν χώρο για τα ζώα και να τα αφήνουμε ελεύθερα σε εκείνον τον χώρο...

Κατά τη συζήτηση για το πού θα τοποθετηθούν τα συμπληρωματικά στοιχεία του χώρου, οι χώροι με νερό δεν αιτιολογήθηκαν επαρκώς με επιχειρήματα. Στον διάλογο για την τοποθέτηση του σιντριβανιού πάνω στη μακέτα, είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακό το γεγονός ότι σχεδόν όλα τα παιδιά επέλεξαν κατευθείαν το κέντρο της πλατείας, χρησιμοποιώντας ως βασική αιτιολόγηση το στοιχείο της ομορφιάς.

Άγγελος: Νομίζω ότι καλύτερα στη μέση...Επειδή είναι καλύτερα στη μέση.

Χαρούλα: Είναι πιο ωραία.

Τέλος, στον διάλογο των μαθητών για το πού θα τοποθετηθούν τα δέντρα και το παγκάκι στην πλατεία, τα στοιχεία που κυριάρχησαν στη σκέψη τους ήταν η ομορφιά του τοπίου, η έντονη παρουσία της φύσης στην πλατεία και οι δυνατότητες χαλάρωσης των επισκεπτών μέσα στη φύση. Έτσι, οι μαθητές τοποθέτησαν τα δέντρα και το παγκάκι με τέτοιον τρόπο, ώστε να συνδυάσουν τα βασικά στοιχεία της φύσης, το πράσινο και το νερό, για να δημιουργήσουν στην πλατεία την αίσθηση ενός όμορφου φυσικού τοπίου, μέσα στο οποίο ο επισκέπτης θα μπορούσε να βρει σκιά, δροσιά και όμορφη θέα.

Δημήτρης: Αν βάλουμε τα δέντρα εδώ κι εδώ πρασινωπά (δείχνει γύρω από το σιντριβάνι) θα έχουν και σκιά και θα βλέπουν και το σιντριβάνι.

4. Συμπεράσματα

Όσον αφορά το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, αν μπορούν οι μαθητές ηλικίας 6-7 ετών να σχεδιάσουν σε μακέτα έναν χώρο που τους αφορά, η παρούσα έρευνα κατέδειξε πως αυτό είναι δυνατόν, με συντονισμό της προσπάθειας των μικρών παιδιών από τους ενήλικες, που στην προκειμένη περίπτωση ήταν οι ερευνητές. Μέσα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας κατέστη σαφές ότι οι μαθητές έχουν προτιμήσεις σχετικά με τη διαμόρφωση του χώρου της πλατείας, μπορούν να εκφράσουν τις απόψεις τους, να αναπτύξουν διάλογο, να συμπεράνουν, να αποφασίσουν και να σχεδιάσουν μια προσομοίωση του χώρου σε μακέτα. Ωστόσο, η ηλικία των μαθητών σε συνάρτηση με τις περιορισμένες εμπειρίες και το υπό εμπλουτισμό λεξιλόγιό τους, είναι στοιχεία που αναδεικνύουν τις δυσκολίες στη μετατροπή των «θέλω» τους σε δομημένη επιχειρηματολογία. Ο ρόλος του εμψυχωτή στην όλη διαδικασία κρίνεται καταλυτικός και αναγκαίος για την εκπαίδευση των μαθητών στην επιχειρηματολογία σχετικά με τον χώρο.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που αναφέρονται στις επιλογές των μαθητών και στα κοινά στοιχεία των αιτιολογήσεων και των προτιμήσεων που εξέφρασαν μπορούν να απαντηθούν μαζί. Επιβεβαιώνοντας τη σχετική βιβλιογραφία (Γαλάνη 2014, Campbell 2013, Francis 1988, Papageorgiou et al. 2016, Spencer & Wright 2014, White & Stoecklin 1998), οι μαθητές έδωσαν ιδιαίτερη σημασία στην ύπαρξη φυσικών στοιχείων όπως είναι το χώμα, το νερό και το γρασίδι, καθώς επίσης και σε ζητήματα ασφάλειας στους χώρους του παιχνιδιού τους. Ακόμη, ενδιαφέρθηκαν για την αισθητική του χώρου, αποδεικνύοντας πως έχουν άποψη για αυτήν. Ακόμη, σε αρκετά σημεία του διαλόγου που ανέπτυξαν οι μαθητές γύρω από τη μακέτα της πλατείας, φάνηκε ότι ακόμη και τα παιδιά τόσο μικρής ηλικίας εμφανίζουν υψηλό βαθμό ενσυναίσθησης, καθώς είναι σε θέση να αντιληφθούν τις ανάγκες όλων των ομάδων που θα επισκέπτονται την πλατεία (ηλικιωμένοι, ενήλικες, παιδιά), τις σέβονται και θέλουν να τις ικανοποιήσουν. Το στοιχείο αυτό επιβεβαιώνεται από τη σχετική βιβλιογραφία (Gamez & Watson n.d.). Τέλος, φαίνεται πως τα μικρά παιδιά, επιβεβαιώνοντας και πάλι τη βιβλιογραφία (Γαλάνη 2014, Campbell 2013, Parsons, 2011), νιώθουν στενή σχέση με τα ζώα και τα αγαπούν ιδιαίτερα, αφού οι μαθητές της παρούσας έρευνας ήθελαν οπωσδήποτε να υπάρχουν ζώα στην πλατεία και να εξασφαλίσουν πως εκείνα δε θα βασανίζονται με οποιονδήποτε τρόπο.

Σε αυτό το σημείο, κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστούν ορισμένες προτάσεις, που προκύπτουν μέσα από την παρούσα έρευνα. Η έρευνά μας συμπληρώνει έρευνες του χώρου που έχουν πραγματοποιηθεί σε μεγαλύτερα παιδιά και αποδεικνύει ότι ακόμη και παιδιά μικρής ηλικίας διαθέτουν ικανότητες σχεδιασμού του χώρου, οι οποίες είναι σημαντικό να καλλιεργηθούν μέσα από ανάλογες δραστηριότητες στο σχολείο. Σαφώς η μικρή ηλικία των μαθητών, ο χρόνος που απαιτείται συνολικά για την ολοκλήρωση ανάλογων project και ο μικρός αριθμός του δείγματος, ως συνεπακόλουθο των πόρων της έρευνας, αποτελούν σημεία που δεν βοηθούν στη γενίκευση των συμπερασμάτων. Χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση, προκειμένου να εξεταστούν τα είδη των επιχειρημάτων που χρησιμοποιούν οι μαθητές, να προσδιοριστεί το νόημα που αποδίδεται στην πλατεία από τα παιδιά της πόλης και από τα παιδιά του χωριού, αλλά και να αναπτυχθεί ανάλογη μεθοδολογία που θα ενισχύει και θα υποστηρίζει την ανάπτυξη επιχειρημάτων για θέματα που σχετίζονται με τον σχεδιασμό του χώρου από μικρή ηλικία. Τα αθροιστικά μακροπρόθεσμα οφέλη για τους μαθητές θα είναι πολλά, καθώς θα διαμορφωθούν πιο ώριμοι και συμμετοχικοί πολίτες οι οποίοι θα έχουν αποκτήσει από μικρή ηλικία δεξιότητες επιχειρηματολογίας, ανάπτυξης διαλόγου και σεβασμού στη γνώμη των άλλων. Ακόμη, θα διαμορφωθούν άτομα που θα είναι σε θέση να κατανοούν τον ρόλο των διαφορετικών χώρων στο αστικό περιβάλλον, να γνωρίζουν πώς σχεδιάζεται ένας χώρος, να αναλαμβάνουν την

ευθύνη που έχουν ως πολίτες και να αναπτύσσουν τις αναγκαίες στάσεις για συμμετοχή σε διαδικασίες σχεδιασμού.

Παρόμοιες δραστηριότητες μπορούν να ενταχθούν ακόμη και στα μαθήματα που υπάρχουν ήδη στο αναλυτικό πρόγραμμα του Δημοτικού Σχολείου, π.χ. στη Μελέτη Περιβάλλοντος, όπου σε αρκετές ενότητες γίνεται αναφορά στον κοντινό χώρο του παιδιού. Γενικά, ο τρόπος και η μορφή με την οποία μπορούν να ενταχθούν τέτοιου είδους δραστηριότητες στο σχολικό πρόγραμμα, είναι ένας τομέας που χρήζει περεταίρω διερεύνησης.

Κάτω από το πλαίσιο που περιγράψαμε, φάνηκε πως το ίδιο το σχολείο πρέπει να προωθήσει την ιδέα της συμμετοχής, μέσα από την εφαρμογή σε αυτό δημοκρατικών διαδικασιών. Η συμμετοχή των παιδιών στον σχεδιασμό μπορεί να ξεκινήσει από τους χώρους του σχολείου, καθώς οι μαθητές μπορούν και θα πρέπει να έχουν λόγο σε ζητήματα όπως η αισθητική της σχολικής αίθουσας, η διάταξη των θρανίων τους ή η διαμόρφωση του προαυλίου.

Διαφαίνεται επίσης η ανάγκη οι επαγγελματίες στον τομέα του σχεδιασμού να επιμορφωθούν κατάλληλα και να ενημερωθούν σχετικά με τη συμμετοχή των παιδιών στο σχεδιασμό των χώρων στους οποίους ζουν και μεγαλώνουν (δωμάτιο, σπίτι, τάξη, σχολείο, ανοιχτοί χώροι κτλ.).

Τέλος, η πολιτεία είναι ανάγκη να αλλάξει στάση, να θεσμοθετήσει και να εντάσσει στην πράξη προγράμματα που θα ενισχύουν τη συμμετοχή των παιδιών στο σχεδιασμό χώρων που τα αφορούν.

5. Βιβλιογραφία

Γαλάνη, Λ. (2015). Τα παιδιά γεω-γράφουν: Μια μελέτη για την πλατεία Δεξαμενής στο χώρο στο χρόνο. Στο Γ. Νικολάου & Κ. Κώτσης (Επιμ.), Συλλογικός τιμητικός τόμος για τον καθηγητή Α. Κατσίκη. Ιωάννινα: Πεδίο.

Hart, R.A. (2011). Τα παιδιά συμμετέχουν – Θεωρία και πρακτική της εμπλοκής παιδιών στην ανάπτυξη της κοινότητας και τη φροντίδα του περιβάλλοντος. Κ. Ταμουτσέλη (Επιμ.). Αθήνα: Επίκεντρο.

Acar, H. (2013). Landscape Design for Children and Their Environments in Urban Context, in M. Özyavuz (Ed.), *Advances in Landscape Architecture*. InTech. Ανακτήθηκε στις 6 Μαΐου 2017 από την ιστοσελίδα:https://www.intechopen.com/books/advances-in-landscape-architecture/landscape-design-for-children-and-their-environments-in-urban-context

Campbell, H. (2013). *Landscape and Child Development: A Design Guide for Early Years – Kindergarten Play – Learning Environments.* Toronto: Evergreen. Ανακτήθηκε στις 6 Μαΐου 2017 από την ιστοσελίδα: https://www.evergreen.ca/downloads/pdfs/Landscape-Child-Development.pdf

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. R. B. (2011). *Research methods in education.* UK, Oxon: Routledge.

Council of Europe (2011). *Child and youth participation in Finland: A Council of Europe policy review.* Strasbourg: Council of Europe.

Fairclough, N. (1995). *Critical Discourse Analysis.* London: Longman.

Francis, M. (1988). Negotiating between children and adult design values in open space projects. *Design Studies, 2* (9), 67-75.

Francis, M. & Lorenzo, R. (2002). Seven Realms of Children's Participation. *Journal of Environmental Psychology, 22,* 157-169.

Gamez, C.G. & Watson, G.B. (χ.χ.). *Urban Design Approaches to Fostering the Participation of Children and Teenagers in their Everyday Environments.* Ανακτήθηκε στις 6 Μαΐου 2017 από την ιστοσελίδα:http://eso.cnrs.fr/_attachments/nouvelle-page-article-3-2-3-2/GOMEZGAMEZ.pdf?download=true

Hart, R. (1992). *Children's participation: From tokenism to citizenship*, Florence: UNICEF International Child Development Centre.

Janks, H. (1997). Critical Discourse Analysis as a Research Tool. *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education, 18* (3), 329-342.

Meyer, J. (2011). *Participation in Planning and Design of Public Open Space.* Ανακτήθηκε στις 6 Μαΐου 2017 από την ιστοσελίδα: http://scholarworks.umass.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1032&context=larp_ms_projects

Newcombe, N. S. (2013). Seeing relationships: Using spatial thinking to teach science, mathematics, and social studies. *American Educator, 37*(1), 26–31.

Oestreich, S. (2012). *Participation of Children in Spatial Development Case Study: Stockholm Metropolitan Area.* Stockholm: Department of Urban Planning and Environment Division of Urban and Regional Studies (KTH).

Papageorgiou, N. Galani, A. & Mavrikaki, E. (2016). Junior Primary Greek School Pupils' Perceptions of the City's Public Open Spaces and Especially of the Urban Square: a case study. *RIGEO*, 6 (1), 49-66.

Parsons, A. (2011). *Young Children and Nature: Outdoor Play and Development, Experiences Fostering Environmental Consciousness, and the Implications on Playground Design.* Ανακτήθηκε στις 6 Μαΐου 2017 από την ιστοσελίδα: https://theses.lib.vt.edu/theses/available/etd-05062011-114155/unrestricted/Parsons_AE_T_2011.pdf

Spencer, K.H. & Wright, P.M. (2014). *Quality Outdoor Play Spaces for Young Children.* Ανακτήθηκε στις 6 Μαΐου 2017 από την ιστοσελίδα: http://www.naeyc.org/yc/files/yc/file/201411/YC1114_Quality_Outdoor_Play_Spaces_Wright.pdf

UNICEF (2012). *THE STATE OF THE WORLD'S CHILDREN 2012: Children in an Urban World.* Ανακτήθηκε στις 6 Μαΐου 2017 από την ιστοσελίδα: http://www.unicef.org/sowc/files/SOWC_2012-Main_Report_EN_21Dec2011.pdf

United Nations (1992). *Agenda 21*. Paper presented at United Nations Conference on Environment & Development, June 3-24, Rio de Janerio, Brazil.

White, R. & Stoecklin, V. (1998). *Children's Outdoor Play & Learning Environments: Returning to Nature*. Ανακτήθηκε στις 6 Μαΐου 2017 από την ιστοσελίδα: www.whitehutchinson.com/children/articles/outdoor.shtml

ΑΠΟΨΕΙΣ ΠΟΛΙΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΣΤΙΚΗ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑ

Ευάγγελος Καπίας, Γεώργιος Μαλανδράκης, Ελένη Τσακιρίδου

ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει σκοπό την καταγραφή και ανάλυση των απόψεων πολιτών της Φλώρινας σχετικά με την περιβαλλοντική αστική βιωσιμότητα της πόλης τους, καθώς και την προθυμία τους να αναλάβουν δράση για την βελτίωσή της. Στην έρευνα συμμετείχαν 145 πολίτες, ηλικίας 18-75 ετών και για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο με 24 κλειστού και 2 ανοικτού τύπου ερωτήσεις, οι οποίες αφορούσαν έξι δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (δηλ. απορρίμματα, ενέργεια, μόλυνση, νερό, έδαφος, βιοποικιλότητα). Τα αποτελέσματα δείχνουν πως για τους πολίτες, όλοι οι περιβαλλοντικοί δείκτες είναι υψηλής σημασίας, ενώ ταυτόχρονα εμφανίζονται και αρκετά πρόθυμοι να εμπλακούν για τη βελτίωση των δεικτών αυτών, όχι όμως με τόση ένταση συγκριτικά με την σημαντικότητα που προσέδωσαν στους αντίστοιχους δείκτες.

Abstract

This study aims to record and analyze the views of Florina's citizens on the environmental urban sustainability of their city, and their willingness to be engaged in actions for its amelioration. Participants were 145citizens, aged 18-75 years old, who filled in a questionnaire of 24 open and 2 closed-type questions, related to six distinct environmental sustainability indicators (i.e., waste, energy, pollution, water, soil, biodiversity). Findings show that Florina citizens consider the environmental indicators as extremely important. They also seem to be quite willing to get involved into relevant amelioration actions. However, the importance given to the indicators is higher than their respective willingness to act.

1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με την (Λέκκα 2012), η σημασία των αστικών κέντρων ήταν από πάντα μεγάλη, καθώς εκεί συγκεντρώνεται και δραστηριοποιείται το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού. Επομένως, είναι λογικό να υπάρχει ενδιαφέρον για την αξιολόγηση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στις πόλεις και την διαχείρισή τους προκειμένου να περιοριστούν τα προβλήματα που αυτές δημιουργούν. Η μελέτη και ο προσδιορισμός του προβλήματος μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη χρήση των περιβαλλοντικών δεικτών βιωσιμότητας. Οι ίδιοι ερευνητές απομόνωσαν τους περιβαλλοντικούς δείκτες και δημιούργησαν επτά υποκατηγορίες, σύμφωνα με την διάσταση του περιβάλλοντος που επιδιώκουν να μελετήσουν κάθε φορά (υλικά, ενέργεια, ρύποι, νερό, θόρυβο, ακτινοβολία, τοξικά υλικά. χρήση γης). Για να γίνει κατανοητή η έννοια της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας κατά τον Goodland (1995) θα πρέπει να γίνει αναφορά στο τι πρέπει να καταστεί βιώσιμο. Για τον ίδιο ερευνητή τα επίπεδα της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας συνίστανται σε τρία (Goodland 1995): Την αδύναμη περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Αποτελεί το παραδοσιακό ή μάλλον το μέχρι σήμερα μοντέλο ανάπτυξη όπου οι πόροι που χρησιμοποιούνται από την

ανθρωπότητα δεν αντικαθίστανται δημιουργώντας έτσι ανισορροπία στη φύση. Την ισχυρή περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Το συγκεκριμένο είδος περιβαλλοντικής βιωσιμότητας θεωρεί ότι το ποσοστό των πόρων που χρησιμοποιούνται από την ανθρώπινη δραστηριότητα θα πρέπει αυτομάτως να αντικαθίσταται προκειμένου να διατηρηθεί μία σχετική ισορροπία. Την παράλογα ισχυρή περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Στην ουσία το επίπεδο αυτό παραμένει ανέφικτο, αφού οι πόροι που έχει στη διάθεσή του το ανθρώπινο είδος θα παραμένουν ανεκμετάλλευτοι. Η λογική αυτή έχει εισαχθεί από ουτοπιστές οικολόγους που θεωρούν ότι το ανθρώπινο είδος μπορεί να συντηρηθεί μόνο από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Οι δείκτες αποτελούν την αφετηρία για να δημιουργηθεί το πλαίσιο με επιδιωκόμενους στόχους και με μέτρα διαχείρισης μιας περιοχής, λαμβάνοντας πάντα υπόψη τα ιδιαίτερα γνωρίσματα της τοποθεσίας. Συγκεκριμένα οι δείκτες θα πρέπει να είναι: Απλοί. Ο αριθμός των δεικτών θα πρέπει να είναι περιορισμένος και η μέθοδος υπολογισμού διάφανη και κατανοητή. Ξεκάθαροι. Αυτό σηματοδοτεί ότι θα πρέπει να προσδιορίζουν σχετικούς όρους με την έννοια της βιωσιμότητας (Λέκκα 2012).

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να μελετηθεί η σημαντικότητα βασικών περιβαλλοντικών παραγόντων για την ποιότητα ζωή των κατοίκων της Φλώρινας, αλλά και η προθυμία των ίδιων πολιτών να προβούν σε συγκεκριμένες δράσεις για να βελτιώσουν την ποιότητα ζωής τους. Πιο συγκεκριμένα, οι ερευνητικές ερωτήσεις της παρούσας έρευνας ήταν οι εξής:

1) Πόσο σημαντικούς θεωρούν οι πολίτες, για την ποιότητα ζωής στον τόπο όπου ζουν τους δείκτες που αφορούν τις βασικότερες περιβαλλοντικές πτυχές της καθημερινότητας τους (απορρίμματα, αέρας, νερό, ενέργεια, έδαφος, βιοποικιλότητα);
2) Πόσο πρόθυμοι είναι οι πολίτες ώστε να δράσουν με σκοπό της διατήρηση της βέλτιστης ποιότητας και τη μη διατάραξη της ομαλής λειτουργίας των δεικτών αυτών;
3) Ποιοι είναι οι φορείς που οι πολίτες θεωρούν πως μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής της πόλης της Φλώρινας;
4) Ποιοι είναι οι τρόποι με τους οποίους μπορεί η εκπαίδευση να βοηθήσει προς της βελτίωση της ποιότητας ζωής σε σχέση με τους περιβαλλοντικούς αυτούς δείκτες;

2. Μεθοδολογία

1.1. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα

Στην έρευνα συμμετείχαν 145 πολίτες, ηλικίας 18-76 ετών, από την πόλη της Φλώρινας και από τις γύρω περιοχές, οι οποίοι προέρχονταν από ποικιλία επαγγελμάτων και μορφωτικού επιπέδου. Όσον αφορά την ηλικία των πολιτών του δείγματος, η μικρότερη τιμή ήταν 18 (ετών) ενώ η μεγαλύτερη 76 (ετών). Η ηλικιακή ομάδα με τη μεγαλύτερη συχνότητα ήταν αυτή μεταξύ 18-25 ετών ενώ ακολουθεί η ηλικιακή ομάδα μεταξύ 30-50. Από τα 145 άτομα που συμμετείχαν στην έρευνα τα 85 άτομα ήταν γυναίκες ενώ τα υπόλοιπα 60 ήταν άντρες. Όσον αφορά το επάγγελμα των συμμετεχόντων οι περισσότεροι ήταν εκπαιδευτικοί, στην συνέχεια ακολουθούσαν οι φοιτητές, έπειτα οι Δημόσιοι Υπάλληλοι και αμέσως μετά οι Ιδιωτικοί Υπάλληλοι. Ακόμη υπήρχαν και άλλα επαγγέλματα όπως Φιλόλογοι, Έμποροι, Αρχαιολόγοι, Γεωλόγοι, Ελεύθεροι επαγγελματίες, Πτηνοτρόφοι, Αντιδήμαρχοι, Καθηγητές, Βιοτέχνες, Σερβιτόροι, Γιατροί, Φαρμακοποιοί, Ηλεκτρολόγοι και Πυροσβέστες. Τέλος, δεν παρέλειπαν και οι συνταξιούχοι, οι

άνεργοι αλλά και οι γυναίκες που ασχολούνταν με τα οικιακά. Αναφερόμενοι τώρα στην εκπαίδευση των ατόμων που συμμετείχαν στην έρευνα οι περισσότεροι ήταν απόφοιτοι Λυκείου, αμέσως μετά ακολουθούσαν οι απόφοιτοι του Πανεπιστημίου, έπειτα υπήρχαν και απόφοιτοι με Μεταπτυχιακό και Διδακτορικό τίτλο σπουδών. Βέβαια δεν παρέλειψαν να υπάρχουν άτομα στο δείγμα που ήταν απόφοιτοι μόνο του Γυμνασίου. Όσον αφορά τώρα τον τόπο διαμονής των ατόμων το μεγαλύτερο δείγμα των ατόμων διέμενε στην πόλη (Φλώρινα), στην συνέχεια ιεραρχικά ακολουθεί η κωμόπολη Αμύνταιο) και μερικά άτομα κατοικούσαν σε χωριά του Δήμου Φλώρινας.

2.1. Το εργαλείο συλλογής των δεδομένων

Για τους σκοπούς της εργασίας αναπτύχθηκε ερωτηματολόγιο το οποίο βασίστηκε σε συνδυασμό υπαρχόντων δεικτών περιβαλλοντικής και αστικής αειφορίας (European Commission 2015,Hernandez-Moreno&DeHoyos-Martinez 2010,Turcu 2013). Οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου κινήθηκαν σε 2 άξονες:

(α) στη σημαντικότητα (importance)που αποδίδεται από τον κάθε πολίτη στους υπό μελέτη περιβαλλοντικούς δείκτες, και

(β) στην πρόθεσή του για δράση (willingness to act), δηλαδή την προθυμία κάθε πολίτη να δράσει προς την επίτευξη του συγκεκριμένου περιβαλλοντικού δείκτη βιωσιμότητας.

Μελετήθηκαν συνολικά έξι περιβαλλοντικοί δείκτες οι οποίοι αναδείχθηκαν από τη βιβλιογραφία ως οι κυριότεροι για τη μελέτη της περιβαλλοντικής αστικής βιωσιμότητας σε συνδυασμό με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της υπό μελέτη περιοχής (Φλώρινας). Οι δείκτες αυτοί είναι: (i) απορρίμματα (ii) ενέργεια (iii) μόλυνση (iv) νερό (v) έδαφος, και (vi) βιοποικιλότητα (Caetanoetal. 2012).

Το ερωτηματολόγιο δομείται σε τρία επιμέρους τμήματα. Στο πρώτο μέρος γίνεται η συλλογή δεδομένων δημογραφικού χαρακτήρα, όπως π.χ., φύλο, επάγγελμα, μορφωτικό επίπεδο, κτλ. Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει 12 ερωτήσεις κλειστού τύπου σχετικά με τη σημαντικότητα που αποδίδουν οι πολίτες στους υπό μελέτη έξι περιβαλλοντικούς δείκτες (δύο ερωτήσεις για κάθε δείκτη), καθώς και 12 ερωτήσεις (2 για κάθε δείκτη) σχετικά με την προθυμία των πολιτών για δράση στους αντίστοιχους δείκτες. Η κλίμακα των απαντήσεων διαμορφώθηκε ως **1= Καθόλου, 2 = Λίγο, 3=Αρκετά, 4=Πολύ, 5=Πάρα Πολύ.**

Στο τρίτο και τελευταίο μέρος συγκεντρώνονται οι ερωτήσεις ανοιχτού τύπου σχετικά με τους φορείς που μπορούν να συμβάλουν στην βελτίωση της ποιότητας ζωής στην πόλη, καθώς και στο ρόλο της εκπαίδευσης για την καλλιέργεια περιβαλλοντικής συνείδησης και ενημέρωσης των πολιτών στο υπό μελέτη θέμα της περιβαλλοντικής αστικής αειφορίας.

2.2. Η ανάλυση των δεδομένων

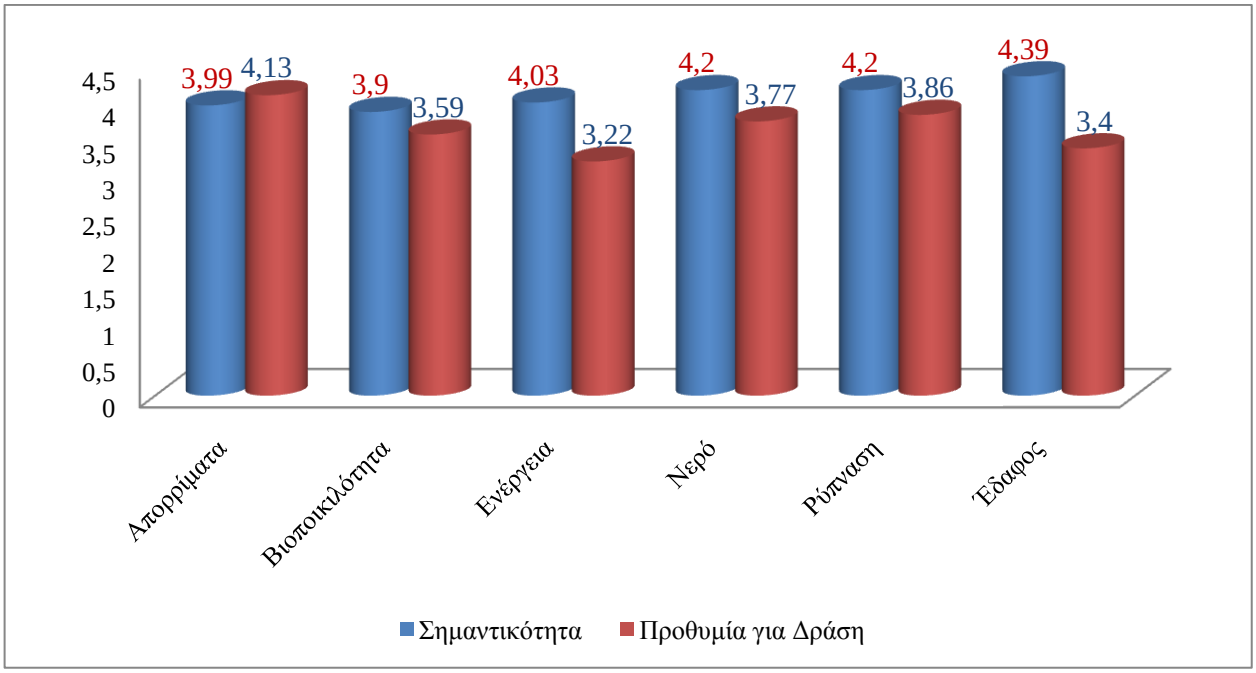
Τα δεδομένα της έρευνας κωδικοποιήθηκαν, ελέχθησαν και η στατιστική ανάλυση τους έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού Microsoft Excel, όπου έγινε υπολογισμός των μέσων όρων και των συχνοτήτων εμφάνισης για κάθε δείκτη και άξονα του ερωτηματολογίου.

3. Αποτελέσματα

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι οι πολίτες προσδίδουν μεγάλη σημασία σε όλες τις περιβαλλοντικές πτυχές για τις οποίες ερωτήθηκαν, με όλους τους μέσους όρους να βρίσκονται πάνω από το 3=Αρκετά.

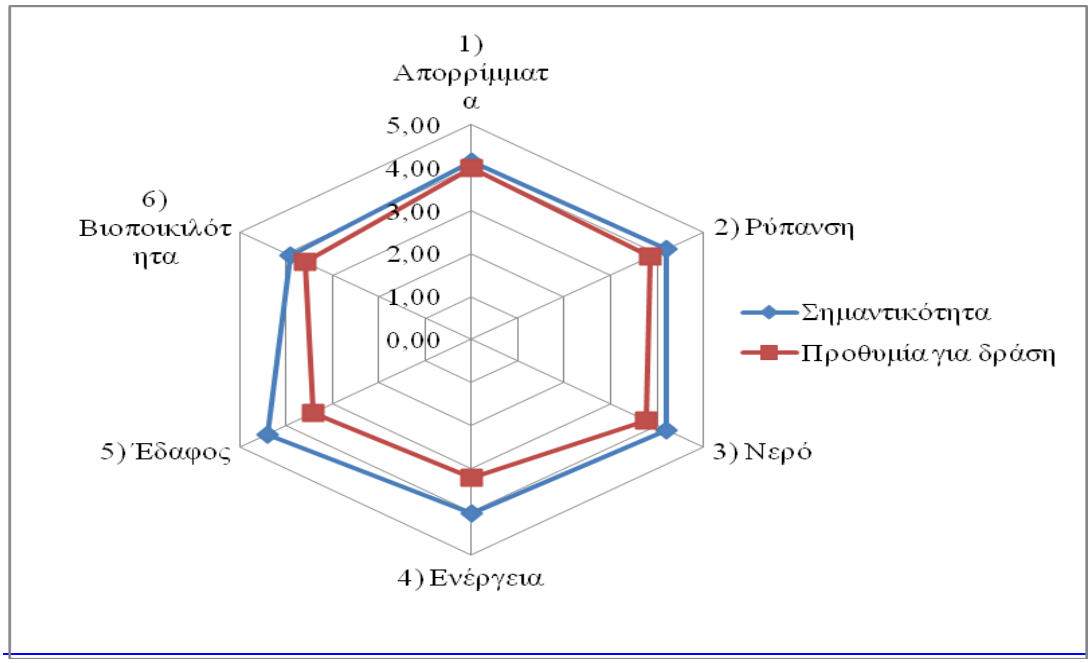
Οι πολίτες αποδίνουν μεγαλύτερη σημασία στο δείκτη του εδάφους, στη συνέχεια στη ρύπανση και το νερό, ακολουθούν τα απορρίμματα, η ενέργεια και τελευταία η βιοποικιλότητα. Σε κάθε περίπτωση όμως, δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ των δεικτών και επομένως όλοι οι δείκτες θεωρούνται σημαντικοί.

Γράφημα 1: Μέσοι όροι σημαντικότητας και προθυμίας για δράση



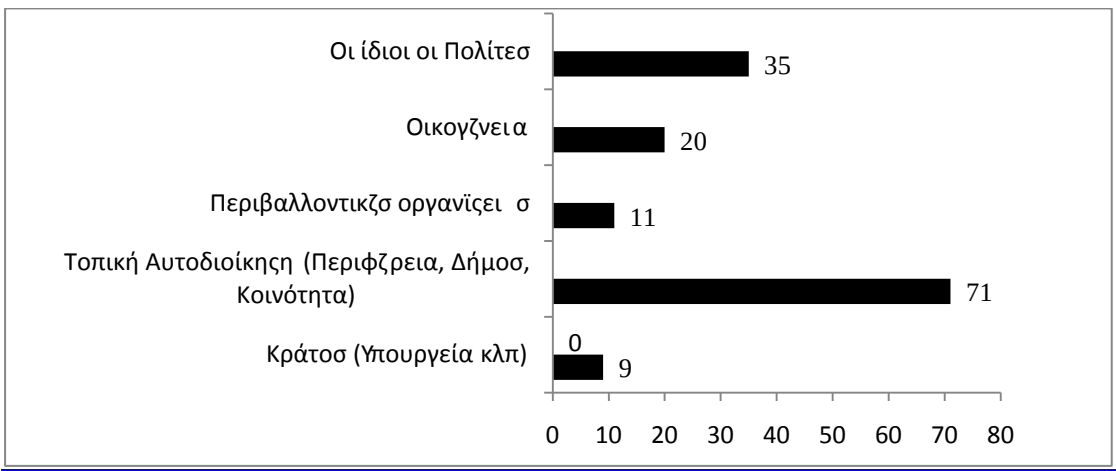
Επίσης, εμφανίζονται πρόθυμοι να αναλάβουν δράση σχετικά με όλους τους υπό μελέτη δείκτες και ιδιαίτερα σε αυτούς που αφορούν τα απορρίμματα (3,99), τη ρύπανση (3,86) και το νερό (3,77). Σε κάθε περίπτωση όμως, δεν υπάρχει μεγάλη απόκλιση μεταξύ των δεικτών και όλοι οι δείκτες θεωρούνται σημαντικοί, αφού η τιμή τους είναι πάνω από το 3 (εύρος: 1=καθόλου πρόθυμος – 5=πολύ πρόθυμος, 3=σημείο ισορροπίας, βλ. Γράφημα 1).
Από τη σύγκριση των μέσων όρων των τιμών μεταξύ της σημαντικότητας που αποδίδουν οι συμμετέχοντες στους υπό μελέτη περιβαλλοντικούς δείκτες και της προθυμίας τους να αναλάβουν δράση για τους ίδιους δείκτες (βλ. Γράφημα 2), φαίνεται ότι σε όλες τις περιπτώσεις οι δεύτεροι (προθυμία) υπολείπονται από τους πρώτους (σημαντικότητα). Με απλά λόγια αυτό σημαίνει ότι η εκπεφρασμένη προθυμία τους να εμπλακούν σε δράσεις είναι μικρότερη από την αντίστοιχη σπουδαιότητα που αποδίδουν στα θέματα αυτά.

Γράφημα 2: Σύγκριση μέσων όρων τιμών μεταξύ σημαντικότητας και αντίστοιχης προθυμίας για δράση στους έξι υπό μελέτη δείκτες περιβαλλοντικής αστικής βιωσιμότητας

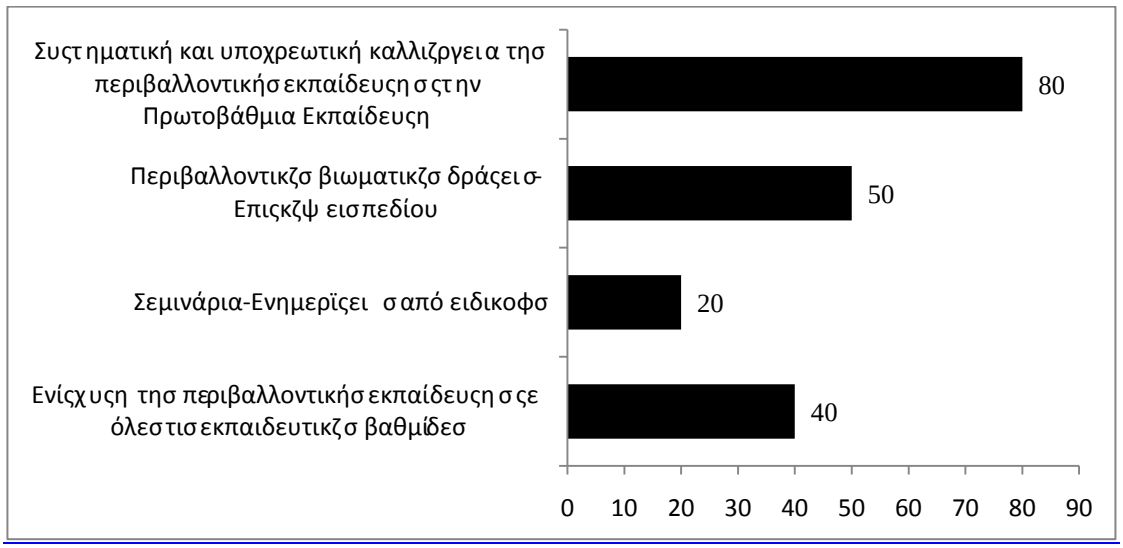


Επιπρόσθετα, από τις απαντήσεις των πολιτών, προέκυψε πως ο σημαντικότερος φορέας όπου μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής του τόπου κατοικίας τους είναι η τοπική αυτοδιοίκηση (71%). Άλλοι σημαντικοί φορείς είναι οι ίδιοι οι πολίτες και η αυτενέργειά τους (24%), καθώς και η οικογένεια (14%). Λιγότερο σημαντικοί φορείς θεωρούνται οι περιβαλλοντικές οργανώσεις (7%) και το κράτος (6%).

Γράφημα 3: Φορείς οι οποίοι μπορούν να βοηθήσουν στη βελτίωση της ποιότητας ζωής στον τόπο κατοικίας των συμμετεχόντων



Γράφημα 4: Τρόποι με τους οποίους η εκπαίδευση μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής



Ως προς τον τρόπο συμβολής της εκπαίδευσης στη βελτίωση της ποιότητας ζωής (Γράφημα 4), οι συμμετέχοντες προτείνουν τη συστηματική και υποχρεωτική καλλιέργεια της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (42%). Άλλοι σημαντικοί τρόποι συμβολής είναι οι περιβαλλοντικές/ βιωματικές δράσεις (26%) και οι επισκέψεις πεδίου (26%) καθώς και η γενικότερη ενίσχυση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης σε όλες τις βαθμίδες (21%). Σχετικά σημαντικά, επίσης, θεωρούνται και τα σεμινάρια/ ενημερώσεις από ειδικούς (11%).

4. Συμπεράσματα

Τα βασικά συμπεράσματα της παρούσας έρευνας είναι παρόμοια με εκείνα άλλων αντίστοιχων ερευνών, όπως αυτά καταγράφονται στη βιβλιογραφία. Ο ρόλος των πολιτών στη διαμόρφωση των δεικτών αστικής βιωσιμότητας και η σημασία που οι ίδιοι προσδίδουν βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα (Shen 2011, Λέκκα 2012).Επίσης, διαπιστώνεται πως οι πολίτες αποδίδουν μεγάλη σημασία στους περιβαλλοντικούς δείκτες, χωρίς όμως αυτό να ταυτίζεται πάντα με την προθυμία τους να δράσουν υπέρ της βελτίωσής τους, και αυτό καταγράφεται σε όλους τους υπό μελέτη περιβαλλοντικούς δείκτες όπως αυτοί επισημάνθηκαν ως βασικοί (Turcu 2013). Την αντίθεση αυτή επηρεάζει και η άμεση συσχέτιση, κυρίως στις σύγχρονες χώρες, του περιβαλλοντικού παράγοντα βιωσιμότητας με τον οικονομικό, με τον τελευταίο να θεωρείται πρωτεύων και μεγαλύτερης σημασίας (European Commission 2015). Η αναντιστοιχία αυτή είναι ιδιαίτερα εμφανής στον τομέα της ενέργειας και της προστασίας του εδάφους, ζητήματα στα οποία οι πολίτες μπορούν να παρέμβουν ενεργά. Η έλλειψη πρόωρης ευαισθητοποίησης και κατάλληλης ενημέρωσης των πολιτών κάθε ηλικίας για ζητήματα βιωσιμότητας, ενδεχομένως να συμβάλει στην παρατηρούμενη αναντιστοιχία της σημαντικότητας με την προθυμία για δράση. Είναι, επομένως, ιδιαίτερα επιτακτική η ανάγκη για την ενημέρωση, ευαισθητοποίηση και κινητοποίηση των πολιτών με σκοπό την άρση της αναντιστοιχίας αυτής (Λέκκα2012). Η εκπαίδευση σε όλες τις μορφές της (π.χ., τυπική, άτυπη, δια βίου, κτλ) μπορεί να παίξει καταλυτικό ρόλο στις εν λόγω προσπάθειες.

Είναι φανερή η απόκλιση ανάμεσα στη σημαντικότητα που οι πολίτες προσδίδουν στους δείκτες βιωσιμότητας και την προθυμία τους για δράση. Η περιοχή της έρευνας (Φλώρινα) αλλά και γενικότερα η Ελλάδα στο σύνολο της εμφανίζει αδυναμία ολοκληρωμένης προσέγγισης του θέματος της αστικής περιβαλλοντικής βιωσιμότητας (δίνεται έμφαση σε πρόχειρες και «εύκολες» περιβαλλοντικές λύσεις από Δήμους και Ο.Τ.Α. -δημιουργία πάρκων πλατειών κλπ-). Η Ελλάδα ως μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης οφείλει να ακολουθήσει την ευρύτερη περιβαλλοντική πολιτική και τις κατευθύνσεις που παρέχονται από το Ευρωπαϊκό Γραφείο Περιβάλλοντος. Εφαρμόζοντας τις ευρωπαϊκές οδηγίες και ενσωματώνοντάς τες στην ελληνική νομοθεσία τίθεται το υπόβαθρο για έναν ολοκληρωμένο περιβαλλοντικό σχεδιασμό. Αυτό όμως μόνο του δεν αρκεί, καθώς κάθε χώρα οφείλει να λάβει υπόψη τις ιδιαιτερότητες (φυσικού και κοινωνικοοικονομικού περιβάλλοντος) που έχει έναντι των άλλων ευρωπαϊκών χωρών προκειμένου να επιτύχει στον περιβαλλοντικό σχεδιασμό.

Ο ρόλος της εκπαίδευσης στην καλλιέργεια της περιβαλλοντικής συνείδησης και κατ' επέκταση τη διάπλαση ενσυνείδητων και φιλικών προς το περιβάλλον πολιτών, ώστε να υπάρξει η βέλτιστη ποιότητα ζωής στον τόπο όπου ζουν, οι πολίτες κινήθηκαν περίπου στην ίδια κλίμακα απαντήσεων οι οποίες κυμαίνονται ως εξής:

5. Βιβλιογραφία

Λέκκα, Α. (2012). Διδακτορική διατριβή. Περιβαλλοντική Αστική Βιωσιμότητα σε μεσαίας κλίμακας παράκτιες πόλεις. Προσέγγιση με περιβαλλοντικούς δείκτες. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Braulio-Gonzalo, M., Bovea, M. &Rua, M. (2015). Sustainability on the urban scale: Proposal of as structure of indicators for the Spanish context. *Environmental Impact Assessment Review*, 53, 16-30.

Caetano, M., Bezerra de Araújo, J. &CapaldoAmaral, D. (2012). A Framework for the Application of Eco-efficiency to the Technology Development Process. *Journal of technology management & innovation, 7*(2)

European Commission (2015). *Indicators for Sustainable Cities*. Brussels: European Commission.

Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability. *Annual review of ecology and systematics, 26*(1), 1-24.

Hernandez-Moreno, S. & De Hoyos-Martinez, J. (2010). Indicators of Urban Sustainability in Mexico. *Theoretical and Empirical Researchers in Urban Management*, 7(16), 46-60.

Shen, L., Jorge Ochoa, J. & Zhang, X. (2011). The applications of urban sustainability indicators - A comparison between various practices. *Habitat International*, *35*(1),17-29.

Turcu, C. (2013). Re-Thinking sustainability indicators: local perspectives of urban sustainability. *Journal of Environmental Planning and Management, 56*(5), 695-719.

ΣΧΟΛΙΚΟΙ ΛΑΧΑΝΟΚΗΠΟΙ, ΠΑΙΔΙΚΗ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΣ ΕΓΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ: ΜΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Στέλλα Πέτρου, Κωνσταντίνος Κορφιάτης

Πανεπιστήμιο Κύπρου

Περίληψη

Στην παρούσα έρευνα μελετούμε την εμπειρία μαθητών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης από τη συμμετοχή τους σε προγράμματα καλλιέργειας σχολικών λαχανόκηπων και τις επιδράσεις που αυτή είχε στις πτυχές του περιβαλλοντικού τους εγγραμματισμού. 95 μαθητές (8-10 ετών) από έξι αστικά και ημιαστικά Δημοτικά σχολεία συμμετείχαν στην έρευνα. Οι μαθητές συμμετείχαν σε ατομικές, ημιδομημένες συνεντεύξεις αμέσως μετά την ολοκλήρωση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Για την ανάλυση των δεδομένων αξιοποιήθηκαν ποιοτικές και ποσοτικές μέθοδοι. Από τις δηλώσεις των συμμετεχόντων μαθητών προκύπτει ότι το επίπεδο και η ποιότητα της ενεργούς συμμετοχής διέφερε σημαντικά στα σχολεία που συμμετείχαν στην έρευνα. Προκύπτει επίσης ότι η διαφορά στη ποιότητα της συμμετοχής είχε επιπτώσεις, όχι μόνο στα βιώματα των μαθητών από τη συμμετοχή τους σε ένα περιβαλλοντικό πρόγραμμα, αλλά και στις πτυχές του περιβαλλοντικού εγγραμματισμού που καλλιεργήθηκαν μέσα από αυτό.

Abstract

We present the experiences of children that participated in the cultivation of school gardens, and we evaluate the impact of children's engagement with gardening on their environmental literacy. 95 primary students (8-10 years old) from six urban and sub-urban elementary schools participated in the research. Participants were interviewed individually after the end of the growing season. Data analysis was completed using qualitative and quantitative methods. The different qualities of students' participation led to differences in the development of aspects of their environmental literacy.

1. Εισαγωγή

Η καλλιέργεια σχολικών λαχανόκηπων, ως περιβαλλοντική εκπαιδευτική πρακτική (Garden-Based Learning), γνωρίζει ιδιαίτερη διάδοση την τελευταία δεκαετία (Fisher-Maltese & Zimmerman 2015). Η αξιοποίηση του σχολικού κήπου ως «περιβάλλοντος» και ως «περιεχόμενου» της μάθησης παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας δυναμικών κοινοτήτων μάθησης μέσα από τη πράξη, οι οποίες αποτελούνται από μαθητές, εκπαιδευτικούς και μέλη της κοινότητας (Walter 2013).
Τα αποτελέσματα προγενέστερων ερευνών έδειξαν ότι ο σχολικός κήπος συμβάλλει στη σωματική, συναισθηματική και γνωστική ανάπτυξη των μαθητών (Ratcliffe et al. 2011). Οι περισσότερες από αυτές τις έρευνες εστιάζουν στη θετική επίδραση των σχολικών λαχανόκηπων στη σχολική επίδοση, στη βελτίωση των διατροφικών συνηθειών των συμμετεχόντων-μαθητών και στην ανάπτυξη θετικών περιβαλλοντικών στάσεων (Blair 2009, Fisher-Maltesse &

Zimmerman 2015). Αντίθετα, απουσιάζει η διερεύνηση σημαντικών συνιστωσών των πτυχών του περιβαλλοντικού εγγραμματισμού και της πολιτότητας, όπως η πρόθεση για δράση, η αίσθηση της «κυριότητας», η αίσθηση της αυτοεπάρκειας, και η ενδυνάμωση για την υλοποίηση περιβαλλοντική δράσεων.

Επίσης, ένα καίριο ζήτημα για όλα τα προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης τα οποία εστιάζουν στην εκτός της σχολικής τάξης δράση και στην ενασχόληση με θέματα της πραγματικής ζωής (όπως είναι η καλλιέργεια της ίδιας μας της τροφής), είναι το είδος και η ποιότητα της συμμετοχής των παιδιών (Hart 2008). Πολλοί συγγραφείς επισημαίνουν τη σημασία της ουσιαστικής συμμετοχής, ομαδικής συνεργασίας και ελέγχου όλων των διαδικασιών δράσης από την πλευρά των μαθητών (Eccles & Gootman 2002). Ταυτόχρονα όμως σχολιάζουν ότι συχνά η συμμετοχή των παιδιών έχει συμβολικό χαρακτήρα με αποτέλεσμα τη μετατροπή τους σε «θεατές» της ίδιας τους της δράσης και την αρνητική επίδραση του περιβαλλοντικού προγράμματος στην ικανότητα ανάληψης πρωτοβουλιών και στην ικανότητά τους να ενεργήσουν αυτόνομα (Hart 2008, Lysggard & Simovska 2016). Το επίπεδο συμμετοχής είναι αυτό που καθορίζει και το βαθμό άσκησής των συμμετεχόντων στις δημοκρατικές διαδικασίες και την εξέλιξή τους σε υπεύθυνους, δημοκρατικούς και συμμετοχικούς πολίτες (Mackey 2012). Συμβαίνει επίσης, η αντίληψη των ενηλίκων εμψυχωτών ενός εκπαιδευτικού προγράμματος σχετικά με τις ευκαιρίες που δίνονται στους ανήλικους συμμετέχοντες, για συμμετοχή στη δράση και στη λήψη αποφάσεων, να διαφέρει από την πραγματική εμπειρία των ίδιων των συμμετεχόντων. Επομένως, είναι σημαντικό να μελετάται η συμμετοχή από την οπτική των ίδιων των παιδιών, δηλαδή πώς τα ίδια αξιολογούν την εμπειρία τους, σε ποιες πτυχές ενός εκπαιδευτικού προγράμματος θεωρούν ότι είχαν πραγματική συμμετοχή, όπως και αν θεωρούν ότι είχαν την δυνατότητα να επηρεάσουν την πορεία του προγράμματος προς την κατεύθυνση την οποία εκείνα θα ήθελαν (Caiman & Lundegard 2014).

2. Μεθοδολογία

2.1 Ερευνητικά Ερωτήματα

Α) Ποιο ήταν το είδος και η ποιότητα της συμμετοχής μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σε εκπαιδευτικά προγράμματα σχολικών λαχανόκηπων, σύμφωνα με τις δηλώσεις των ίδιων των συμμετεχόντων;

Β) Ποιες οι επιδράσεις των εκπαιδευτικών προγραμμάτων σχολικών λαχανόκηπων σε πτυχές του περιβαλλοντικού εγγραμματισμού των συμμετεχόντων-μαθητών;

2.2 Συμμετέχοντες

95 μαθητές (8-10 ετών) από έξι αστικά και ημιαστικά Δημοτικά σχολεία της Κύπρου, οι οποίοι συμμετείχαν στη δημιουργία και την καλλιέργεια λαχανόκηπου στην αυλή του σχολείου τους.

2.3 Χαρακτηριστικά των προγραμμάτων καλλιέργειας σχολικών λαχανόκηπων

Σε όλα τα Δημοτικά σχολεία που συμμετείχαν στην έρευνα (σχολεία Α, Β, Γ, Δ, Ε και ΣΤ) οι μαθητές με τους εκπαιδευτικούς τους ασχολήθηκαν με τη δημιουργία και τη φροντίδα

σχολικού λαχανόκηπου, ενώ η σοδειά τους αξιοποιήθηκε με διάφορους τρόπους, όπως μοίρασμα των λαχανικών μεταξύ των παιδιών, πραγματοποίηση κοινών γευμάτων στο σχολείο μαζί με τους γονείς, ή ακόμα και πώληση των προϊόντων στη τοπική κοινότητα.
Η διαφορά των Δημοτικών Σχολείων Α και Β σε σχέση με τα υπόλοιπα ήταν ότι εφάρμοσαν ένα οργανωμένο πρόγραμμα καλλιέργειας του σχολικού λαχανόκηπου, το οποίο περιλάμβανε οργάνωση των συμμετεχόντων μαθητών σε ομάδες φροντίδας του λαχανόκηπου με ρόλους οι οποίοι άλλαζαν ανά εβδομάδα μεταξύ των ομάδων, συναντήσεις στην τάξη με θέματα που αφορούσαν τον λαχανόκηπο, όπως το είδος των φαρμάκων που θα χρησιμοποιηθούν για την καταπολέμηση ασθενειών των φυτών, αλλά και την πραγματοποίηση μαθημάτων στα οποία ο λαχανόκηπος αξιοποιήθηκε ως ο χώρος και το μέσο διδασκαλίας (πχ μελέτη της αξίας ενός λαχανόκηπου, υπολογισμός του περιβαλλοντικού κόστους της παραγωγής και της μεταφοράς της τροφής).

2.4 Συλλογή Δεδομένων

Στην παρούσα έρευνα λήφθηκαν ατομικές, ημιδομημένες συνεντεύξεις από τους 95 μαθητές μετά την ολοκλήρωση της καλλιέργειας και της συλλογής της σοδειάς των ανοιξιάτικων λαχανόκηπων κάθε σχολείου. Το πρωτόκολλο της συνέντευξης περιλάμβανε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, οι οποίες οργανώθηκαν σε τρεις θεματικούς άξονες: 1) ερωτήσεις που αφορούσαν στη συμμετοχή των μαθητών στον σχεδιασμό, την οργάνωση, την λήψη αποφάσεων για τον λαχανόκηπο καθώς και στις πρακτικές δραστηριότητες (π.χ. φύτευση, φροντίδα, διακόσμηση), 2) ερωτήσεις που σχετίζονταν με τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την αξία/σημαντικότητα του λαχανόκηπου, 3) ερωτήσεις που συνδέονταν με την αίσθηση της «κυριότητας», την αίσθηση της αυτοεπάρκειας και το ενδιαφέρον των μαθητών για τον λαχανόκηπο.

2.5 Ανάλυση Δεδομένων

Το περιεχόμενο των συνεντεύξεων των μαθητών απομαγνητοφωνήθηκε και κωδικοποιήθηκε σε κατηγορίες, οι οποίες αντιστοιχούσαν με τα ερευνητικά ερωτήματα, ακολουθώντας τη μέθοδο της Ανάλυσης Περιεχομένου. Στη συνέχεια, τα κωδικοποιημένα ποιοτικά δεδομένα αξιοποιήθηκαν για τη διεξαγωγή ποσοτικών αναλύσεων. Η Ανάλυση Μέσων Όρων χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση της ετερογένειας των συμμετεχόντων ως προς τις απαντήσεις τους στις συνεντεύξεις ενώ ο μη-παραμετρικός στατιστικός έλεγχος Mann Whitney εφαρμόστηκε για την ανίχνευση των στατιστικά σημαντικών διαφορών μεταξύ των κατηγοριών που προέκυψαν από την ανάλυση περιεχομένου των συνεντεύξεων. Σκοπός τόσο των ποιοτικών όσων και των ποσοτικών αναλύσεων ήταν να διερευνηθούν οι ομοιότητες ή/και διαφορές των προγραμμάτων καλλιέργειας λαχανόκηπων στα διαφορετικά σχολεία, καθώς και τα στοιχεία περιβαλλοντικού εγγραμματισμού των συμμετεχόντων, τα οποία συνδέονται με την ενασχόλησή τους με τον σχολικό λαχανόκηπο.

3. Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της Ανάλυσης Μέσων Όρων (X^2=8.340, df=1, p=0.004), οι συμμετέχοντες της παρούσας έρευνας διαχωρίστηκαν σε δύο ομάδες (Ομάδα $1^η$: μαθητές Δημοτικών σχολείων Α & Β, Ομάδα $2^η$: μαθητές Δημοτικών σχολείων Γ, Δ, Ε & ΣΤ). Ο διαχωρισμός των μαθητών στις δύο ομάδες επιβεβαιώθηκε και από τα αποτελέσματα του

στατιστικού ελέγχου Mann Whitney, που έδειξε ότι οι μαθητές των Δημοτικών σχολείων της πρώτης ομάδας είχαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη συμμετοχή τόσο στις πρακτικές εργασίες όσο και στη λήψη αποφάσεων που αφορούσαν στον λαχανόκηπο (Πίνακας 1). Χαρακτηριστικές δηλώσεις των μαθητών αυτής της ομάδας είναι οι ακόλουθες: Μαθητής 38 (Δημ. σχολείο Β): «*Ο λαχανόκηπος εν κάτι σαν εργασία, ποτίζεις τον, σκαλίζεις τον, κάμνεις πολλά διάφορα πράματα και είναι πολλά ωραίο πράμα.*», Μαθητής 37 (Δημ. σχολείο Β): «*Αποφασίσαμε τι θα φυτέψουμε.*», Μαθητής 8 (Δημ. σχολείο Α): «*Αποφασίσαμε βιολογική καλλιέργεια που δεν περιέχει φυτοφάρμακα και δεν πάνε στο χώμα ώστε να επηρεαστούν όλα τα φυτά και όλη η Γη.*». Οι μαθητές της δεύτερης ομάδας σχολείων, εξέφρασαν συχνά τη δυσαρέσκεια και την απογοήτευσή τους για την περιορισμένη συμμετοχή τους στον σχεδιασμό και την καλλιέργεια του λαχανόκηπού τους. Πχ ο Μαθητής 81 (Δημ. σχολείο) δήλωσε: «*Εθέλαμε να συμμετέχουμε παραπάνω με πράματα του λαχανόκηπου.*») και ο Μαθητής 71 (Δημ. σχολείο Δ): «*Θα ήθελα να συμμετέχω περισσότερο στη διαδικασία του να πάρω αποφάσεις για το πού θα τοποθετηθεί ο λαχανόκηπος.*».

Πίνακας 1: Στατιστικός Έλεγχος Mann Whitney για τη Συμμετοχή των Μαθητών στις Πρακτικές Εργασίες και στη Λήψη Αποφάσεων

Κατηγορίες	**Σχολεία**	**z**	***P*-level**
Συμμετοχή στη φύτευση	Α & Β	-2.121	*
Συμμετοχή στη φροντίδα	Α & Β	-2.141	*
Συμμετοχή στην αντιμετώπιση προβλημάτων	Α & Β	-2.141	*
Συμμετοχή στην αξιοποίηση καρπών	Γ, Δ, Ε & ΣΤ	-2.141	*
Συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων	Α & Β	-3.341	*

Σημείωση: *p <0.05

Επιπρόσθετα, με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης περιεχομένου οι μαθητές των σχολείων Α και Β σε σύγκριση με τους μαθητές των υπόλοιπων Δημοτικών σχολείων αντιλήφθηκαν τις διαφορετικές πτυχές (π.χ. χρηστική, αισθητική) της αξίας ενός λαχανόκηπου (π.χ. Μαθητής 30 [Δημ. σχολείο Β]: «*Τρώμε λαχανικά που είναι καλά για την υγεία μας και έχουν πολλές βιταμίνες*», Μαθητής 40 [Δημ. σχολείο Β]: «*Ο λαχανόκηπος πρόσφερε ομορφιά στο σχολείο*»), ανέπτυξαν σε μεγαλύτερο βαθμό την αίσθηση της «κυριότητας» (π.χ. Μαθητής 23 [Δημ. σχολείο Β]: «*Ως τωρά καταφέραμε πάρα πολλά και θέλω να τα συνεχίσουμε. Είμαστε και ευτυχισμένοι που έχουμε δικό μας λαχανόκηπο και που καταφέραμε να τον δημιουργήσουμε*») και την αίσθηση της αυτοεπάρκειας (π.χ. Μαθητής 2 [Δημ. σχολείο Α]: «*Δεν επηρεάζομαι από τους άλλους επειδή αγαπώ τον λαχανόκηπο σαν φίλο μου και μου αρέσει να ασχολούμαι με αυτού του είδους τις δραστηριότητες*» Vs Μαθητής 92 [Δημ. σχολείο ΣΤ]: «*Ε μπορεί να βαρεθώ τζαι 'γω άμα δω τους άλλους ή να πάω να παίξω*») και έδειξαν περισσότερο ενδιαφέρον για ενασχόληση με τον λαχανόκηπο και την υλοποίηση σχετικών δράσεων (π.χ. Μαθητής 23 [Δημ. σχολείο Β]: «*Κάθε μέρα έκαμνα κάτι για τον λαχανόκηπο*» Vs Μαθητής 44 [Δημ. σχολείο Γ]: «*Ενδιαφερόμουν*

λιγότερο. Εγώ μερικές φορές δεν πήγαινα να τα ποτίσω, έπαιζα με τις φίλες και η ομάδα μου πήγαινε και έκανε τις δουλειές στον λαχανόκηπο»).

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φανέρωσαν ότι το είδος και η ποιότητα συμμετοχής των μαθητών στα εκπαιδευτικά περιβαλλοντικά προγράμματα είναι καθοριστικά στοιχεία για την ανάπτυξη των πτυχών του περιβαλλοντικού τους εγγραμματισμού (Lysggard & Simovska 2016). Επομένως είναι σημαντικό τα εκπαιδευτικά περιβαλλοντικά προγράμματα να προάγουν την παιδική συμμετοχή μέσω της υλοποίησης δραστηριοτήτων που βασίζονται στις αρχές των αλληλεπιδραστικών θεωριών μάθησης, της εμπειρικής μάθησης, της μάθησης με διερεύνηση και της συνεργατικής μάθησης (Hägglund & Samuelsson 2009).
Επιπρόσθετα, τα εμπειρικά δεδομένα φανέρωσαν την επιθυμία όλων των παιδιών να συμμετέχουν ουσιαστικά σε όλα τα στάδια της καλλιέργειας του σχολικού λαχανόκηπου, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που οι ενήλικες δεν τους παρείχαν τέτοιες ευκαιρίες. Οι περιγραφές που συναντάμε στη παρουσίαση μαθησιακών δραστηριοτήτων σχετικά με την παιδική συμμετοχή, τη βιωματική μάθηση, ή τις βιωματικές δραστηριότητες είναι συχνά υπεραπλουστευμένες. Ωστόσο, όπως προκύπτει από την παρούσα έρευνα, τα παιδιά αντιλαμβάνονται το επίπεδο της συμμετοχής τους και τη σημαντικότητα του ρόλου (διακοσμητικός Vs καίριος) που τους ανατίθεται κατά τη διάρκεια της υλοποίησης των διαφόρων δράσεων (Hart, 2008). Η αίσθηση που η ίδιοι οι συμμετέχοντες αποκτούν σχετικά με το ρόλο τους είναι αυτή που επηρεάζει και την επίτευξη των στόχων που έχει θέσει ένα πρόγραμμα. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι στα δύο σχολεία που παρουσίασαν τα καλύτερα αποτελέσματα, το πρόγραμμα ήταν οργανωμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζεται η συμμετοχή των παιδιών στις δράσεις και στις αποφάσεις που αφορούσαν τον λαχανόκηπό τους (πχ. καθορισμένες συναντήσεις για συζήτηση και λήψη αποφάσεων για θέματα του λαχανόκηπου, καθορισμένες διαδικασίες για την εκτέλεση των διαφόρων εργασιών ρουτίνας του λαχανόκηπου, οργάνωση σε ομάδες και εναλλαγή ρόλων, αλλά επίσης και συναντήσεις για σχολιασμό και αναστοχασμό πάνω στο πρόγραμμα). Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι πτυχές του περιβαλλοντικού εγγραμματισμού καλλιεργήθηκαν σε δραστηριότητες μέσα στη τάξη, με τις οποίες πλαισιώθηκε η καλλιέργεια του λαχανόκηπου. Αν και τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στη παρούσα εργασία δεν επιτρέπουν την πλήρη επιβεβαίωση αυτής της υπόθεσης, ωστόσο θεωρούμε σημαντική τη διερεύνηση σε μελλοντικές έρευνες της σημασίας του σχεδιασμού δραστηριοτήτων, σε συνδυασμό με την καθημερινή φροντίδα του σχολικού κήπου, που να προωθούν την ολόπλευρη ανάπτυξη των πτυχών του περιβαλλοντικού εγγραμματισμού των συμμετεχόντων μαθητών.

5. Βιβλιογραφία

Blair, D. (2009). The Child in the Garden: An Evaluative Review of the Benefits of School Gardening. *The Journal of Environmental Education, 40*(2), 15-38.

Caiman, C. & Lundegård, I. (2014). Pre-school children's agency in learning for sustainable development. *Environmental Education Research, 20*(4), 437-459.

Eccles, J. S. & Gootman, J. A. (2002). Features of positive developmental settings. *Community programs to promote youth development*, 86-118.

Fisher-Maltese, C. & Zimmerman, T. D. (2015). A Garden-Based Approach to Teaching Life Science Produces Shifts in Students' Attitudes toward the Environment. *International Journal of Environmental & Science Education*, *10*(1), 51-66.

Hägglund, S. & Samuelsson, I. P. (2009). Early childhood education and learning for sustainable development and citizenship. *International Journal of Early Childhood*, *41*(2), 49-63.

Hart, R. A. (2008). Stepping Back from 'The Ladder': Reflections on a Model of Participatory Work with children. In A. Reid et al. (Eds.), *Participation and Learning* (pp. 19-31). Springer.

Lysgaard, J. A. & Simovska, V. (2016) The significance of 'participation' as an educational ideal in education for sustainable development and health education in schools, *Environmental Education Research*, *22*(5), 613-630.

Mackey, G. (2012). To know, to decide, to act: The young child's right to participate in action for the environment. *Environmental Education Research*, *18*(4), 473-484.

Ratcliffe, M.M., Merrigan, A.K., Rogers, L.B. & Goldberg, P.J. (2011). The Effects of School Garden Experiences on Middle School-Aged Students' Knowledge, Attitudes, and Behaviors Associated With Vegetable Consumption. *Health Promotion Practice*, *12*(1), 36-43.

Walter, P. (2013) Theorising community gardens as pedagogical sites in the food movement. *Environmental Education Research*, *19*(4), 521-539.

Ο ΤΟΠΟΣ ΜΟΥ ΚΑΙ Η ΘΑΛΑΣΣΑ. ΕΝΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ "ΒΑΣΙΣΜΕΝΗΣ ΣΤΟΝ ΤΟΠΟ"

Μαριάννα Καλαϊτζιδάκη, Αμαλία Φιλιππάκη

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Παρουσιάζουμε ένα πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης για τη θάλασσα που υλοποιήθηκε σε αστικό Δημοτικό Σχολείο στο Ηράκλειο Κρήτης ως παράδειγμα εκπαίδευσης βασισμένης στον τόπο (Place-Based Education), μιας σύγχρονης τάσης στην ΠΕ. Θα παρουσιάσουμε εμπειρικά δεδομένα για την αντίληψη που είχαν για τον τόπο τους οι 26 μαθητές που συμμετείχαν στο πρόγραμμα, τα προβλήματα που εντόπισαν στον γειτονικό κόλπο και δράσεις για την αντιμετώπιση τους βασισμένες στα κείμενα τους για τον τόπο και τα ημερολόγια τους. Επιπλέον σχολιάζουμε παρανοήσεις για το θαλάσσιο/παράκτιο περιβάλλον και την ελλιπή γνώση για τη θάλασσα στα σχολικά εγχειρίδια σε μια χώρα με ακτογραμμή 16.000km.

Abstract

In the framework of place-based education, a contemporary approach to Environmental Education we present an Environmental Education project that took place in an urban Primary School in Crete with Greek-speaking and English speaking students, located near the coast. We will present empirical findings on students' conceptions of their "place", problems they identified in a nearby bay, propositions for action, based on their journals and written texts . We recommend this approach for EE and comment on misconceptions on the sea and the shore that surfaced during the project and the under-representation of the marine ecosystem in the Greek school textbooks despite its prominence and importance for our country and culture.

1. Εισαγωγή

Μία από τις σύγχρονες τάσεις στην Περιβαλλοντική .Εκπαίδευση είναι η «βασισμένη στον τόπο εκπαίδευση»)place based education) σχετικά άγνωστη στην ελληνική βιβλιογραφία της ΠΕ εκτός από ένα άρθρο-βιβλιογραφικής παρουσίασης από την Παπαδημητριού (2012). Η βασισμένη στον τόπο εκπαίδευση αποτελεί ένα θεωρητικό πλαίσιο το οποίο έχει ως αντικείμενο μελέτης τον τόπο (place). Ο Sobel (2004) την ορίζει ως «αξιοποίηση της τοπικής κοινότητας και του τοπικού περιβάλλοντος ως πλαισίου για την διδασκαλία των μαθημάτων του σχολείου (γλώσσα, μαθηματικά, φυσικές επιστήμες, ιστορία κά). Η γειτονιά, η πόλη, ακόμη και η αυλή του σχολείου, προσφέρουν αυθεντικές ευκαιρίες για μελέτη, μάθηση και προβληματισμό που βοηθάει τους εμπλεκόμενους να αναπτύξουν ισχυρότερους δεσμούς με τον τόπο τους και να ενεργοποιηθούν για τη διατήρηση του». Η σύνδεση με τον τόπο και η ενεργοποίηση για την διατήρηση του είναι το σημείο συνάντησης της εκπαίδευσης αυτής με την ΠΕ. Η ενεργοποίηση

των μαθητών για την βελτίωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι ο απώτερος στόχος της ΠΕ. Εάν η σύνδεση με τον τόπο συμβάλει σ' αυτό τον στόχο, τότε τα προγράμματα ΠΕ στα σχολεία θα πρέπει να συμπεριλάβουν αυτόν τον στόχο Εξάλλου, στην ΠΕ, η μελέτη του τοπικού περιβάλλοντος προταθεί από την διακήρυξη της Τιφλίδας (1977) απλά αργότερα επικράτησε η μελέτη θεμάτων «παγκόσμιας» σπουδαιότητας.
Βασικά χαρακτηριστικά της βασισμένης στον τόπο εκπαίδευσης κατά τους Woodhouse & Knapp (2000) είναι: α) η διδασκαλία και μάθηση να προκύπτει από τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του τόπου. (πχ γεωγραφία της περιοχής το τοπικό περιβάλλον, η τοπική ιστορία, τα ηθη και έθιμα, η τοπική οικονομία κ.ά.) β) είναι διεπιστημονική γ) είναι βιωματική. δ)Συχνά περιλαμβάνει μια συμμετοχική δράση Μάλιστα, η δράση θεωρείται απαραίτητη όταν μελετώνται περιβαλλοντικά θέματα δ) είναι αναστοχαστική και ε) συνδέει τον τόπο με το άτομο και την κοινότητα.
Αποφασίσαμε να εφαρμόσουμε διερευνητικά αυτή την προσέγγιση με τη μορφή προγράμματος ΠΕ σε αστικό δημοτικό σχολείο που εργάζεται η δεύτερη συγγραφέας τη σχολική χρονιά 2014-2015 (2 μήνες). Στο πρόγραμμα συμμετείχαν οι 18 μαθητές ης Δ΄ τάξης του ελληνόφωνου τμήματος, οι 8 μαθητές των αγγλόφωνων τμημάτων Δ΄ και Ε΄ τάξης και τρεις εκπαιδευτικοί. Στόχοι του προγράμματος ήταν να μελετηθεί ένα περιβαλλοντικό θέμα από την γειτονιά του σχολείου από τους μαθητές συνεργασία με φορείς της κοινότητας. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσουμε αυτή την προσέγγιση στην ΠΕ στην επιστημονική κοινότητα διδακτικής των ΦΕ και να παρουσιάσουμε διαπιστώσεις, συμπεράσματα, από τα εμπειρικά δεδομένα που συλλέξαμε κατά την εξέλιξη του προγράμματος.

2. Μεθοδολογία : Ερευνητικά Ερωτήματα-Επιλογή θέματος - Εξέλιξη προγράμματος

Διατυπώθηκαν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:
α) Ποιά ήταν η αντίληψη των μαθητών για τον «τόπο» τους;
β) Ποια προβλήματα κατέγραψαν;
γ) Πώς ενεργοποιήθηκαν για την επίλυση αυτών των προβλημάτων;
Τα ερευνητικά εργαλεία που αξιοποιήθηκαν για την συλλογή δεδομένων ήταν εργαλεία ποιοτικής μεθοδολογίας όπως ελεύθερο κείμενο με θέμα «Ο Τόπος μου-My Place») που έγραψαν οι μαθητές πριν την έναρξη του προγράμματος και ημερολόγιο στο οποίο έγραφαν οι μαθητές σκέψεις και παρατηρήσεις του μετ;α από κάθε έξοδο από την τάξη
Στην υλοποίηση του προγράμματος αξιοποιήθηκαν οι 2 ώρες κοινού μαθήματος ελληνόφωνων / αγγλόφωνων τμημάτων κάθε εβδομάδα. Τί θα μπορούσαν να μελετήσουν οι μαθητές στην περιοχή του σχολείου; Προηγήθηκε μελέτη της βιβλιογραφίας και αρκετές συζητήσεις ανάμεσα στις συγγραφείς για την αποσαφήνιση της εκπαίδευσης βασισμένης στον τόπο και των βασικών της αρχών. Η γειτνίαση του σχολείου με το Δυτικό παραλιακό μέτωπο της πόλης, έδινε ένα ενδιαφέροντα «τόπο» για μελέτη: την θάλασσα. Συμπεριελάμβαναν άραγε οι μαθητές την θάλασσα στην αντίληψη που είχαν για τον «τόπο» τους;
Αρχικά διερευνήθηκε η αντίληψη των μαθητών για τον «τόπο» τους με γραπτό κείμενο, στην τάξη. Στη συνέχεια οι μαθητές μέσω κυνηγιού θησαυρού, περπάτησαν από το σχολείο στη γειτονιά και την κοντινή ακτή, όπου έπαιξαν θεατρικό παιχνίδι με θέμα τη θάλασσα και την ακτή. Στην τάξη αποφασίστηκε η περαιτέρω μελέτη της ακτής. Στην πρώτη αυτή διερευνητική επίσκεψη, έγινε κατασκευή χάρτη εννοιών για την θάλασσα σε ομάδες. Ακολούθησαν τέσσερις επισκέψεις στην κοντινή ακτή για επιτόπια μελέτη και έρευνα. Έγινε λήψη φωτογραφιών από τους μαθητές ενώ οργανώθηκε Υπαίθριο Δημοτικό Συμβούλιο στις 31 Οκτωβρίου 2014 στην παραλία παρουσία μαθητών και τοπικών αρχών , για να συζητηθούν τα προβλήματα που

εντοπίστηκαν στην ακτή. Στην τέταρτη επίσκεψη, επιστήμονας με ειδίκευση στη Θαλάσσια Βιολογία βοήθησε τους μαθητές να γνωρίσουν θαλάσσιους οργανισμούς (φύκη) στα βράχια και Θαλάσσια φυτά στα αβαθή νερά. Η επιστήμων βοήθησε τους μαθητές να εντοπίσουν θαλάσσιους ζωικούς οργανισμούς ανάμεσα στα φύκη, να συλλέξουν δείγματα που στη συνέχεια παρατήρησαν στην τάξη με στερεοσκόπια.
Εμπειρικά δεδομένα για την αντίληψη των μαθητών για τον τόπο προήλθαν από τα κείμενα των μαθητών με θέμα: "Ο Τόπος μου" (My place).
Δεδομένα για τα προβλήματα που εντόπισαν στην ακτή προήλθαν από τα ημερολόγια παρατήρησης των μαθητών, τις φωτογραφίες που έβγαλαν στην ακτή. Η πρόθεση τους για δράση καταγράφηκε στα ημερολόγια αλλά και στις συζητήσεις στην τάξη. Τόσο στα ελεύθερα κείμενα των μαθητών για τον τόπο όσο και στα προσωπικά τους ημερολόγια έγινε θεματική ανάλυση. (Ισσαρη & Πουρκός 2015.)

3. Αποτελέσματα

3.1. Ο «τόπος» των μαθητών

Ελεύθερα κείμενα για τον τόπο έγραψαν 17 μαθητές/τριες του ελληνόφωνου τμήματος στα ελληνικά (Ο τόπος μου) και 7 μαθητές/τριες του αγγλόφωνου τμήματος στα αγγλικά (My place). Η θεματική ανάλυση των κειμένων των μαθητών ως προς τον ΤΟΠΟ έγινε ως προς δυο άξονες. α) ποιόν τόπο περιέγραψαν οι μαθητές και β) ποια δομικά στοιχεία του τόπου ανέφεραν οι μαθητές.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα θεματικής ανάλυσης ελεύθερων κειμένων για τον ΤΟΠΟ

	ΠΟΙΟΝ ΤΟΠΟ ΠΕΡΙΓΡΑΦΟΥΝ;	
Μαθητές Ελληνόφωνου Τμήματος (17 κείμενα)	**Τόπο Κατοικίας**	**Άλλον τόπο**
	13 μαθητές	***4 μαθητές***
	Γειτονιά = **7** Πόλη-Ηράκλειο = **5** **1** (Γειτονιά σε προάστιο του Ηρακλείου)	Χωριό παππού και γιαγιάς = **3** Χωρίο Διακοπών = **1** (Μάλια)
Μαθητές Αγγλόφωνου Τμήματος (7 κείμενα)	***4 μαθητές***	***3 μαθητές***
	Γειτονιά = **2** Πόλη = **1** Χωριό Διαμονής = **1**	**1** = χώρα καταγωγής (Αγγλία) **1** = πόλη καταγωγής (Χανιά) **1 =** Χωριό Διακοπών (summer house)

Οι περισσότεροι μαθητές/τριες **(17/24)** αναφέρθηκαν **στον τόπο που κατοικούν**: μιλώντας συγκεκριμένα για «την γειτονιά τους» (9), για το Ηράκλειο, ονομαστικά (5) ή αόριστα ως «πόλη» (1) ή το χωριό διαμονής (1). Εφτά (7/24) μαθητές/μαθήτριες αναφέρθηκαν **σε άλλο τόπο** από αυτόν που κατοικούν: αναφέρθηκαν 5/24 στο χωριό της μαμάς, των παππούδων, της γιαγιάς (Μια μαθήτρια αναφέρθηκε στην χώρα από την οποία κατάγεται και στην οποία ζει η μητέρα της

και οι λοιποί συγγενείς).. ενώ δύο μαθητές στο χωριό των καλοκαιρινών τους διακοπών (Πίνακας 1). Οι κατηγορίες αυτές προέκυψαν από τα κείμενα των μαθητών

Ως "δομικά στοιχεία του τόπου" δηλαδή ορίστηκαν οι υποκατηγορίες: Φυσικό Περιβάλλον – Δομημένο Περιβάλλον – Κοινωνικό Περιβάλλον , διαφορετική έκφραση των στοιχείων Φύση-Υποδομές-Άνθρωποι που συνθέτουν το «αστικό περιβάλλον» σύμφωνα με τους Maddox et al (2017) . Τα αποτελέσματα αυτά φαίνονται στον Πίνακας 2. Τα σημαντικότερα συμπεράσματα για τους μαθητές και των δύο γλωσσικών τμημάτων είναι:

Οι μαθητές που αναφέρθηκαν σε αστική γειτονιά ή στην πόλη του Ηρακλείου περιέγραψαν δομημένο περιβάλλον. Η μόνη αναφορά που έκαναν στο φυσικό περιβάλλον (5) μαθητές είναι ότι ο τόπος που περιέγραψαν βρισκόταν κοντά στη θάλασσα. Επιπλέον 2 μαθητές έκαναν αρνητική αναφορά στην ύπαρξη φυσικού περιβάλλοντος στην πόλη του Ηρακλείου, γράφοντας πως «δεν υπάρχουν δέντρα» και «δεν υπάρχει πράσινο» .

Πίνακας 2: Αποτελέσματα ανάλυσης κειμένων για τα Δομικά Στοιχεία του Τόπου

	Υποκατηγορίες Ανάλυσης για τα **Δομικά στοιχεία του Τόπου**				
	Στοιχεία **Δομημένο Περιβάλλον**	κυρίως **Φυσικό Περιβάλλον**	Αναφορά στη **Θάλασσα**	**Κοινωνικό Περιβάλλον**	Καμία περιγραφή
	Σύνολο μαθητών 5	**Σύνολο μαθητών 3**	**Σύνολο μαθητών 6**		**Σύνολο 3**
Αριθμός Μαθητών Ελληνόφωνου Τμήματος (17 κείμενα)	***2*** *γειτονιά (η μία μαθήτρια ανέφερε και ελάχιστα στοιχεία φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος)* ***3*** *Ηράκλειο (Σε ένα κείμενο υπήρχε μια μοναδική αναφορά στο φυσικό που ήταν αρνητική)*	***3*** *(χωριό παππού – γιαγιάς: κυρίως ως φυσικό με ελάχιστα στοιχεία δομημένου)*	***2*** *(γειτονιά: Κυρίως δομημένο περιβάλλον με μοναδική αναφορά στο φυσικό τη θάλασσα)* ***1*** *(χωριό διακοπών: κυρίως φυσικό αλλά και δομημένο και κοινωνικό)* ***2*** *(Ηράκλειο: Μοναδική αναφορά στο φυσικό περιβάλλον, η θάλασσα)* ***1****(προάστιο Ηρακλείου: με μοναδική αναφορά στο φυσικό, η θάλασσα)*		***3*** *(γειτονιά πόλης)*
Αριθμός Μαθητών Αγγλόφωνου Τμήματος (7 κείμενα)	**Σύνολο μαθητών 3**		**Σύνολο μαθητών 2**	**1**	**1**
	1 *(γειτονιά: μοναδικό στοιχείο φυσικού περιβάλλοντος τα πουλάκια* ***1*** *(πόλη)* ***1*** *(προάστιο Ηρακλείου: έκανε και μια αναφορά και στο κοινωνικό περιβάλλον – φίλοι)*		***1*** *(χωριό διαμονής: κυρίως φυσικό περιβάλλον με αναφορά στη θάλασσα)* ***1*** *(χωριό διακοπών: κυρίως φυσικό περιβάλλον με αναφορά στη θάλασσα)*	***1*** *(χώρα καταγωγής)*	***1*** *(πόλη καταγωγή;)*

Οι μαθητές που αναφέρθηκαν σε χωριό (παππού/γιαγιάς, χωριό διαμονής, χωριό διακοπών) έδωσαν έμφαση στο φυσικό περιβάλλον, ενώ 3 από αυτούς αναφέρθηκαν στη θάλασσα.

Συνολικά 8/ 24 μαθητές ανέφεραν τη **θάλασσα**: 6/17 ελληνόφωνοι και 2/7 αγγλόφωνοι.

Επίσης, 5 μαθήτριες του ελληνόφωνου τμήματος και 2 μαθήτριες του αγγλόφωνου τμήματος συμπλήρωσαν το κείμενο με ζωγραφιά.

3.2. Καταγραφή προβλημάτων στην γειτονική ακτή και δυσκολιών στην επιτόπια μελέτη

Από την πρώτη κιόλας διερευνητική επίσκεψη τους οι μαθητές σοκαρίστηκαν από την παραμελημένη όψη της ακτής Σχεδόν όλοι οι μαθητές αναφέρθηκαν στα σκουπίδια στην παραλία: *«Είχε τόσα πολλά σκουπίδια που δεν μπορούσε να περπατήσει κανείς»* μαθήτρια 5η
«Είδα τη θάλασσα γεμάτη σκουπίδια» μαθήτρια 8η
«Είδα διάφορα πράγματα, όπως πεταμένα μπουκάλια, σπασμένα σίδερα, δέντρα που είχαν μαραθεί, ξύλα που είχαν φύγει από τη θέση τους και σκουπίδια που είχαν ρίξει οι άνθρωποι. Αυτή δεν ήταν θάλασσα, ήταν σκουπιδότοπος» μαθήτρια 16η .
Στην 2η επίσκεψη εκτός από τα σκουπίδια αναφέρθηκαν στα σπασμένα παγκάκια (2), σε νεκρά ποντίκια (3), περιττώματα σκύλων (1), και μια χρησιμοποιημένη σύριγγα (1).
Αρνητική εντύπωση όμως τους προκάλεσε η βραχώδης ακτή αυτή καθαυτή και η θολότητα του νερού. Στην 3η επίσκεψη (υπαίθριο δημοτικό συμβούλιο), οι μαθητές εκφράστηκαν θετικά για την συνάντηση και την συζήτηση με εκπροσώπους τους Δήμου. Αρνητική εντύπωση τους έκανε η μεγάλη καθυστέρηση στην άφιξη μιας επισήμου ενώ εξέφρασαν δυσπιστία για το αποτέλεσμα της συνάντησης ως προς την υλοποίηση των προτάσεων που έκαναν για την βελτίωση των προβλημάτων στην ακτή που κατέθεσαν στις αρχές ζητώντας τους βοήθεια για την επίλυση τους. Τρεις μαθητές αναφέρθηκαν αρνητικά στο περπάτημα από το σχολείο στην παραλία καθώς και στο περπάτημα στα βράχια της παραλίας. Στην 4η επίσκεψη (μελέτη ζωντανών οργανισμών περιβάλλοντος με την ειδική επιστήμονα) οι θετικές εντυπώσεις. Επίσης υπήρξαν 9 αναφορές σε δυσκολίες που αντιμετώπισαν μαθητές στην προσπάθεια να συλλέξουν δείγματα για παρατήρηση και μελέτη (βράχηκαν, θεωρούσαν τα «φύκια» αηδιαστικά).

3.3. Ζωντανοί οργανισμοί στην ακτή (φυτικοί και ζωικοί)

Αρχικά κάποιοι μαθητές είχαν αρνητική εντύπωση για την βραχώδη ακτή και τους θαλάσσιους φυτικούς οργανισμούς *(«Πάνω στις πέτρες είχε βρώμικα φύκια»* μαθήτρια 8η, *«Τα βράχια ήταν βρώμικα»* μαθητής 11ος, *«ήταν κάτι παράξενες πέτρες μέσα στην θάλασσα»* μαθήτρια 10η). Στη συνέχεια με την συνδρομή της ειδικής επιστήμονος και την καθοδηγούμενη επιτόπια παρατήρηση και έρευνα:

α) ανακάλυψαν πως στη γειτονική βραχώδη ακτή ζουν φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί. και απέκτησαν γνώσεις για το ρόλο τους στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Τα **"φύκια"** όπως τα γνώριζαν και τα αποκαλούσαν συλλήβδην οι μαθητές ήταν στην πραγματικότητα **μακροφύκη και θαλάσσια φυτά.** Τα μακροφύκη είναι από τους κυριότερους δείκτες εκτίμησης της κατάστασης και της λειτουργίας του παράκτιου οικοσυστήματος. Εντοπίστηκαν το ροδοφύκος Coralina elongata και το χλωροφυκος Dictyota dichotoma**.** Επίσης εντοπίστηκε και το Ulva lactusa, δείκτης ρύπανσης των ακτών από λύματα πλούσια σε άζωτο και φωσφόρο. . Εντοπίστηκε και το θαλάσσιο φυτό Cymodocea nodosa. σε μικρό προφυλαγμένο κολπίσκο.

β) Η ειδική επιστήμων εντόπισε και το ξενικό χλωροφύκος της Ερυθράς Θάλασσας Caulerpa racemosa που έχει στην Μεσόγειο θάλασσα το 1990 ερχόμενο μέσω της διώρυγα του Σουέζ. Η έννοια του ξενικού είδους (invasive species) μια πολλή σημαντική έννοια στην οικολογία με πιθανές δυσμενείς συνέπειες στα τοπικά οικοσυστήματα μπορεί να παρουσιαστεί στους μαθητές με αυθεντικά παραδείγματα χρησιμοποιώντας την πόλη ως σχολική τάξη (Leou & Kalaitsidaki 2017).

γ) Ανακάλυψαν ασπόνδυλα ζώα που ζουν κρυμμένα ανάμεσα στα μακροφύκη (γαστερόποδα, καρκινοειδή).

Οι νέες γνώσεις αποτυπώθηκαν στα ημερολόγια των μαθητών με θετικά σχόλια:

«ενθουσιάστηκα με τα ζώα πάνω στα φύκια. Έμαθα πώς ζουν ζώα μέσα στα φύκια» μαθ. 3ος

«Μου άρεσε πολύ που βρήκα ένα μικρό καβουράκι. Έμαθα πως κάποια φύκια μπορούν να μας δείξουν *αν τα νερά της θάλασσας είναι καθαρά»* μαθήτρια 2η

«Μου άρεσε που μάθαμε διάφορα πράγματα για τα φύκια» μαθητής 11ος

«Εντύπωση μου έκανε το μικροσκοπικό έντομο που βρήκα στα φύκια» μαθητής 12ος

«One thing impressed me is that were worms in the sea» μαθητής 22ος

«I learned that sea life is so closeby» μαθητής 26ος

Στα ημερολόγια υπήρχαν και τρία αρνητικά σχόλια για τους ζωντανούς οργανισμούς.

3.4. Προτάσεις για δράση

Οι μαθητές έκαναν συγκεκριμένες προτάσεις στις αρχές για τη βελτίωσης της ακτής (πχ μάζεμα σκουπιδιών, αισθητική αναβάθμιση). Όμως ήταν επιφυλακτικοί για την υλοποίηση αυτών των προτάσεων. Εντυπωσιάστηκαν που οι επίσημοι ήρθαν στο Υπαίθριο Δημοτικό Συμβούλιο (Αντιδήμαρχοι Καθαριότητας και Πολιτισμού, προϊστάμενοι Πρασίνου, και Τεχνικής Υπηρεσίας) αν και σχολίασαν αρνητικά την καθυστερημένη τους άφιξη. Οι μαθητές διεκδίκησαν την ανάληψη δράσης για την βελτίωση της όψης της ακτής, που είχε ως αποτέλεσμα συλλογική δράση καθαρισμού της παραλίας και της θάλασσας, στην οποία συμμετείχαν μαθητές, εκπαιδευτικοί, γονείς, εκπρόσωποι τοπικών φορέων και εκπρόσωποι του Δήμου σε μεταγενέστερο χρόνο..

4. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Η ενεργοποίηση των μαθητών για την βελτίωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι ο απώτερος στόχος της ΠΕ. Εάν η σύνδεση με τον τόπο συμβάλει σ' αυτό τον στόχο, τότε η μελέτη του τοπικού περιβάλλοντος, υπό το πρίσμα της εκπαίδευσης βασισμένης στον τόπο, δίνει νέα προοπτική στην ΠΕ, γι αυτό θελήσαμε να παρουσιάσουμε αυτή την προσέγγιση στο συνέδριο.

Η επιλογή θέματος για πρόγραμμα ΠΕ με τις αρχές της εκπαίδευσης-βασισμένης-στον τόπο αποτέλεσε πρόκληση (challenge) για τους εκπαιδευτικούς της ομάδας. Η θάλασσα, παρά την μικρή απόσταση από το σχολείο ήταν μακρινή στις σκέψεις των περισσότερων παιδιών (και των εκπαιδευτικών). Πρόκληση αποτέλεσε ομοίως και η ποιοτική μεθοδολογία στην συλλογή και ανάλυση του εμπειρικού υλικού, καθώς η εκπαιδευτικοί δεν είχαν προηγούμενη ερευνητική εμπειρία ή είχαν εμπειρία από ποσοτική έρευνα..

Η αντίληψη των μαθητών για τον τόπο (τόπο κατοικίας -τόπο διακοπών) συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες σύμφωνα με τις οποίες τα παιδιά περιγράφουν τόπους που γνωρίζουν καλά ή τόπους στους οποίους αποδίδουν αξία (Hutchison 2007).

Ο περιορισμός του «τόπο» στα όρια «της γειτονιάς» που παρατηρήθηκε συμφωνεί με προηγούμενες έρευνες από το πεδίο της διδακτικής της γεωγραφίας που έχουν δείξει ότι η αντίληψη των παιδιών για τον τόπο αλλάζει με την ηλικία. στα 5-6 έτη τα παιδιά επικεντρώνονται στο «σπίτι τους» στη συνέχεια ζωγραφίζουν την γειτονιά τους (7-8 ετη), ενώ

αργότερα (11-12 έτη) η αντίληψη για τον τόπο διευρύνεται ενσωματώνοντας στοιχεία τόσο από κατοικίες όσο και επαγγελματικές δραστηριότητες στην περιοχή (Sobel 1998).

Η περιγραφή του αστικού περιβάλλοντος από τους μαθητές σχεδόν αποκλειστικά με στοιχεία κατασκευασμένα από τον άνθρωπο (κτίρια, αυτοκίνητα κλπ), είναι ελλιπής σε σχέση με την σύγχρονη αντίληψη για το αστικό περιβάλλον στα πλαίσια της ΠΕ στις πόλεις (Urban Environmental education), μιας νέας τάσης στην ΠΕ (Russ 2015) που κερδίζει ολοένα και περισσότερο έδαφος στο εξωτερικό. Οι περισσότεροι άνθρωποι (και μαθητές) στον πλανήτη ζούμε σε πόλεις, οι πόλεις έχουν περιβαλλοντικά προβλήματα, που προσφέρονται για επιτόπια μελέτη από τους μαθητές και αφήνουν περιθώριο για συμμετοχή για την επίλυση τους (Καλαϊτζιδάκη 2011). Υπό αυτό το πρίσμα, πάρκα, παρτέρια, κήποι σπιτιών ή δημοσίων κτιρίων, πράσινο στα μπαλκόνια, ρέματα, οι ακτές κλπ θεωρούνται στοιχεία της φύσης στο αστικό περιβάλλον που φιλοξενούν ζωντανούς οργανισμούς (την αστική βιοποικιλότητα), παρέχουν υπηρεσίες (ecosystem services) και αισθητική απόλαυση και αξίζει να εκτιμηθούν από κατοίκους και μαθητές ώστε να διατηρηθούν, Ως εκπαιδευτικοί ΠΕ πρέπει να προσπαθήσουμε α να διευρύνουμε την αντίληψη των μαθητών μας για το αστικό περιβάλλον στο οποίο ζουν ώστε να συμπεριλάβουν και τα στοιχεία της φύσης.

Οι μαθητές εντόπισαν προβλήματα στη γειτονική ακτή (τα σκουπίδια, αισθητική υποβάθμιση, εγκατάλειψη) και ενεργοποιήθηκαν για την επίλυση τους.

Αποκόμισαν γνώσεις για τους θαλάσσιους οργανισμούς με την άμεση εμπειρία και ασκήθηκαν σε δεξιότητες δειγματοληψίας, παρατήρησης στο στερεοσκόπιο, συνεργασίας, φωτογράφησης, δεξιότητες απαραίτητες στις σύγχρονες προσεγγίσεις για τον επιστημονικό αλφαβητισμό. Ήρθαν αντιμέτωποι με προηγούμενες αντιλήψεις για τα φύκη και τα θαλάσσια φυτά τα οποία αποκαλούσαν «φύκια» και τα θεωρούσαν «βρώμικα». Η παρανόηση αυτή έχει επισημανθεί από τον Μάργαρη (1998) όμως δεν αναφέρεται στα γνωστά βιβλία με τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών (π.χ. Driver et al 2000). Φύκη -ο σωστός όρος- είναι είτε μικροσκοπικοί οργανισμοί αόρατα με το γυμνό μάτι (μέρος του φυτοπλαγκτού) ή μεγαλύτεροι οργανισμοί, ευδιάκριτοι με γυμνό μάτι συνήθως προσκολλημένοι σε βράχια, όπως στην βραχώδη ακτή που μελέτησαν εδώ οι μαθητές. Υπάρχουν όμως και τα θαλάσσια φυτά όπως το είδος *Cymodosea nodosa* που παρατήρησαν οι μαθητές που μαζί με τα φύκη αποτελούν τη θαλάσσια χλωρίδα, τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς στο θαλάσσιο οικοσύστημα (Ελληνική Εταιρεία Φυκολογίας 2008).

Η στενή σχέση της χώρας μας με την θάλασσα -στον πολιτισμό, την ιστορία, την οικονομία- είναι φανερή στην ελληνική λογοτεχνία γεγονός που αντανακλάται και στα σχολικά εγχειρίδια της Γλώσσας του Δημοτικού Σχολείου στα οποία βρέθηκαν 73 πεζά και ποιήματα στα οποία η θάλασσα παίζει κυρίαρχο λόγο (Κανταρτζή 2006). Αντίθετα, οι γνώσεις που υπάρχουν στα σχολικά εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών για το θαλάσσιο οικοσύστημα είναι ελλιπείς και αποσπασματικές, με προτίμηση στα χερσαία παρά στα υδατικά οικοσυστήματα σε μια χώρα με ακτογραμμή 16.0000 km (Φαραγγιτάκης κ.ά 2012)..

Το έλλειμμα αυτό μπορεί να συμπληρωθεί με την ενασχόληση με τη θάλασσα και την ακτή στα πλαίσια της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, ιδιαίτερα στα σχολεία που βρίσκονται σε παραθαλάσσιες περιοχές. Οι ειδικές γνώσεις για τους θαλάσσιους οργανισμούς του τοπικού περιβάλλοντος που μπορεί να αποτρέπουν τους εκπαιδευτικούς από την επιλογή αυτού του θέματος, μπορεί να προέλθουν από γόνιμες συμπράξεις με ειδικούς επιστήμονες και φορείς όπως εδώ, από τις οποίες ωφελούνται όλοι οι εμπλεκόμενοι: μαθητές/ριες, εκπαιδευτικοί και ο τόπος!

Ευχαριστίες

Θερμές Ευχαριστίες στην Δρ Καίτη Σιακαβάρα, Θαλάσσια Βιολόγο εκπαιδευτικό Β'θμιας Εκπαίδευσης που διέθεσε το χρόνο και τις γνώσεις της στους μαθητές και μαθήτριες.

5. Βιβλιογραφία

Ελληνική Φυκολογική Εταιρεία (2008). *Μια βουτιά, μια ματιά στους κήπους του νερού*. Γνωρίζοντας τα φύκη. Ανακτήθηκε από http://www.phycology.gr/downloads/Fyko-entypo_X.pdf

Ισαρη, Φ. & Πουρκος Μ (2015) *Ποιοτική Μεθοδολογία Ερευνας*. Εφαρμογές στην Ψυχολογία και στην Εκπαίδευση. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα ww.kallipos.gr Ανακτήθηκε από https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/5826/4/15327_Isari-KOY.pdf

Καλαϊτζιδάκη, Μ. (2011) *Πρακτικές Εκπαίδευσης για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη στο μάθημα Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Παν/μιου Κρήτης*, σσ24-36 Στο: Μακράκης Β (επιμ) *Επαναπροσδιορίζοντας την Εκπαίδευση Εκπαιδευτικών προς την Εκπαίδευση για Βιώσιμη Ανάπτυξη,* Εδρα UNESCO ΤΠΕ στην Εκπαίδευση για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη. Πανεπιστήμιο Κρήτης. ISBN 978-960-93-2944-6

Κανταρτζή, Ε. (2006) *Η Θάλασσα στα σχολικά εγχειρίδια της Γλώσσας του Δημοτικού Σχολείου*. Ανακτήθηκε από http://kantartzi.blogspot.gr/2012/02/blog-post_18.html

Μάργαρης, Ν.. (1998). *Τα σημάδια της καθαρής θάλασσας*, εφημερίδα ΤΟ ΒΗΜΑ φ.9/8/1998 Ανακτήθηκε από http://www.tovima.gr/relatedarticles/article/?aid=101943

Παπαδημητρίου, Β. (2012). *Εκπαίδευση βασισμένη στον «τόπο».* e-Περιοδικό για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, 1(46), 16-21. Ανακτήθηκε από http://www.peekpemagazine.gr/issue/61

Φαραγγιτάκης, Γ., Σμπαρούνης, Θ., Κατσιγιάννη, κ.ά. (2012). *Το νερό - η θάλασσα. Μεθοδολογική και εννοιολογική ανάλυση του εκπαιδευτικού προγράμματος του ΚΠΕ Αργυρούπολης*. Πρακτικά 6ου Συνεδρίου Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε, Θεσσαλονίκη.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (2000). Στο: Κόκκοτας, Π. (επιμ) *Οικοδομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών*, εκδόσεις Τυπωθήτω: Αθήνα

Hutchison, D. (2007). *Drawing on Childrens "Sense of Place". The starting point for teaching social studies and Geography*. What Works? Research into practice. Research Monograph#10. December 2007. Ανακτηθηκεhttp://www.edu.gov.on.ca/eng/literacynumeracy/inspire/research/Hutchinson.pdf

Leou, M. & Kalaitsidaki, M. (2017). Cities as Classrooms. In Russ, A. & Krasny, M. (Eds) *Urban Environmental Education Review* (pp215-222). Cornell University Press.Ithaca & London.

Maddox, D, Nagendra, H, Elmqvist, T., Russ, A. (2017). Advancing Urbanization In Russ, A. & Krasny, M. (Eds) *Urban Environmental Education Review*. (pp14-20) Cornell University Press.Ithaca & London.

Russ, A. (2015) Urban Environmental Education. Cornell University Civic Ecology Lab, North American Association for Environmental Education and EECapacity project. Ithaca, NY and Washington DC.

Sobel, D. (1998) *Mapmaking with children. Sense of place education for the elementary years*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Sobel, D. (2004). *Place - Based Education: Connecting Classrooms & Communities*, Orion Society

Woodhouse, J. L & Knapp, C. E. (2000). *Place-Based Curriculum and Instruction: Outdoor and Environmental Education Approaches* (ERIC Digest). Document Reproduction Services No. ED 448 012).

ΟΙ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΝΑ ΚΡΙΝΟΥΝ ΤΑ ΑΠΟΔΕΙΚΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΕ ΓΡΑΠΤΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΑ

Ευδοκία Ταράλλη[1], *Μιχαήλ Σκουμιός*[2]
[1]Πρωτοβάθμια εκπαίδευση
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Περίληψη
Η εργασία αυτή μελετά τις δεξιότητες των μαθητών του δημοτικού σχολείου να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία που περιλαμβάνονται σε γραπτά επιχειρήματα που μελετούν για θέματα των Φυσικών Επιστημών. Συγκροτήθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από 276 μαθητές της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές δεν έχουν αναπτυγμένες αυτές τις δεξιότητες, αφού οι μαθητές αυτοί δεν εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, δεν αναγνωρίζουν νέα αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε αυτά, δεν κρίνουν νέα αποδεικτικά στοιχεία και δεν συγκρίνουν επαρκώς δύο επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία.

Abstract
The study examines primary school students' abilities to critique the evidence in written arguments that they read about science issues. A questionnaire is used, which was dispensed to 276 students of primary school (sixth grade). Data analysis revealed that most of the students do not have developed the abilities to critique the evidence in written arguments, since these students do not locate evidence in arguments, do not identify new relevant-supporting evidence that is appropriate to include in an argument, do not critique a new piece of evidence and do not compare two arguments based on the relevance and support of the evidence.

1. Εισαγωγή

Ένα επιστημονικό επιχείρημα επιδιώκει να επικυρώσει ή να διαψεύσει ένα ισχυρισμό χρησιμοποιώντας λόγους που είναι αποδεκτοί από την επιστημονική κοινότητα (Phillips & Norris 1999). Η παραγωγή και η αξιολόγηση επιχειρημάτων από τους μαθητές αποτελεί ουσιώδη στόχο της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (NRC 2012). Η παραγωγή και η αξιολόγηση επιχειρημάτων είναι αναγκαία όχι μόνο για αυτούς που σκοπεύουν να ακολουθήσουν ένα επάγγελμα που εστιάζεται σε ένα επιστημονικό πεδίο αλλά και για όλους τους πολίτες. Οι πολίτες είναι αναγκαίο να έχουν αναπτύξει τις δεξιότητες να αξιολογούν επιχειρήματα με βάση τους ισχυρισμούς, τα αποδεικτικά στοιχεία και τους συλλογισμούς που αυτά περιλαμβάνουν και να παράγουν τεκμηριωμένα επιχειρήματα (Krajcik & McNeill 2009). Η εμπλοκή των μαθητών με την παραγωγή και αξιολόγηση επιχειρημάτων μπορεί να συνεισφέρει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, στην οικοδόμηση νέας γνώσης και στην καλύτερη κατανόηση της φύσης της επιστημονικής γνώσης (Sandoval & Reiser 2004).
Τα επιχειρήματα περιλαμβάνουν ισχυρισμούς (claims), δεδομένα (data) που υποστηρίζουν τους ισχυρισμούς, εγγυήσεις (warrants) που αποδεικνύουν γιατί τα δεδομένα υποστηρίζουν τους ισχυρισμούς, υποστηρίξεις (backings) που είναι πληροφορίες που στηρίζουν τις εγγυήσεις, πιστοποιήσεις (qualifiers) που καταδεικνύουν την ισχύ των στοιχείων των

εγγυήσεων και αντικρούσεις (rebuttals) που υποδεικνύουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες τα δεδομένα μαζί με τις εγγυήσεις δεν οδηγούν στους ισχυρισμούς (Toulmin 1958). Το παραπάνω μοντέλο επιχειρημάτων έχει χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση επιχειρημάτων κυρίως σε φοιτητές. Ωστόσο, έχει επισημανθεί ότι εμφανίζονται δυσκολίες στη χρήση του για την ανάλυση του γραπτού ή του προφορικού λόγου των μαθητών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, όπως είναι οι δυσκολίες διάκρισης στο λόγο των μαθητών των εγγυήσεων από τις υποστηρίξεις και τις πιστοποιήσεις (McNeill et al. 2006).
Στο σχολικό πλαίσιο, ένα επιχείρημα συντίθεται από τέσσερα συστατικά στοιχεία: ισχυρισμό (claim), αποδεικτικά στοιχεία (evidence), συλλογισμό (reasoning) και αντίκρουση (rebuttal) (McNeill & Krajcik 2012). Πιο συγκεκριμένα, ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα εκείνα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό, χρησιμοποιώντας επιστημονικές αρχές. Η αντίκρουση αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.
Η έρευνα για την επιχειρηματολογία των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχει επικεντρωθεί κυρίως στη μελέτη της ποιότητας των επιχειρημάτων που αυτοί παράγουν. Προέκυψε ότι οι μαθητές συνηθίζουν να προτείνουν ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία προκειμένου να τεκμηριώσουν τους ισχυρισμούς τους (Songer & Gotwals 2012). Συχνά μάλιστα χρησιμοποιούν προσωπικές απόψεις ως αποδεικτικά στοιχεία (Hogan & Maglienti 2001), αλλά ακόμα και όταν προτείνουν αποδεικτικά στοιχεία αυτά δεν είναι επαρκή (Sandoval & Millwood 2005). Επιπρόσθετα, οι μαθητές έχουν την τάση να μην προτείνουν συλλογισμούς στα επιχειρήματα που παράγουν (McNeill & Krajcik 2007).
Όμως, ενώ είναι εκτεταμένη η έρευνα που μελετά την ποιότητα των επιχειρημάτων που παράγουν οι μαθητές, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά τις δεξιότητες των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να αξιολογούν επιχειρήματα που μελετούν (Knight et al. 2013, Knight et al. 2014). Επιπρόσθετα, δεν έχουν εντοπιστεί έρευνες που να μελετούν τις δεξιότητες των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα που μελετούν για θέματα των Φυσικών Επιστημών.

2. Μεθοδολογία / Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Η εργασία αυτή μελετά τις δεξιότητες των μαθητών της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να αξιολογούν την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν για θέματα των Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα, η παρούσα εργασία επιδιώκει να απαντήσει τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:
(α) Είναι ικανοί οι μαθητές της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα;
(β) Είναι ικανοί οι μαθητές της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να αναγνωρίζουν αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα;
(γ) Είναι ικανοί οι μαθητές της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία (αν είναι ισχυρά ή ασθενή);
(δ) Είναι ικανοί οι μαθητές της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία;

Ερευνητική διαδικασία και δείγμα

Η εργασία αυτή είναι μια ποσοτική έρευνα και πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση (πιλοτική έρευνα), συγκροτήθηκε το εργαλείο συλλογής των δεδομένων (ερωτηματολόγιο). Στη δεύτερη φάση (κύρια έρευνα), το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από μαθητές και στη συνέχεια αναλύθηκαν οι απαντήσεις τους.
Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 276 μαθητές που φοιτούσαν στη Στ΄ τάξη δεκατεσσάρων δημοτικών σχολείων της Ρόδου.

Συλλογή δεδομένων

Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το γραπτό ερωτηματολόγιο. Το ερωτηματολόγιο συγκροτήθηκε με βάση το πλαίσιο αξιολόγησης των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων που έχει προταθεί από τους Knight et al. (2014).
Αρχικά, το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε δέκα μαθητές (πιλοτική έρευνα). Πραγματοποιήθηκε μια συζήτηση με τους μαθητές για να εξαχθούν παρατηρήσεις. Επίσης, δόθηκε σε δύο ερευνητές, ώστε να ελεγχθεί η εσωτερική του εγκυρότητα και να διορθωθούν τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Στη συνέχεια διαμορφώθηκε το τελικό ερωτηματολόγιο, με βάση τις παρατηρήσεις που επισημάνθηκαν στην εφαρμογή του.
Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε δύο μέρη με οκτώ συνολικά ερωτήσεις (βλ. Παράρτημα). Σε κάθε μέρος υπήρχε ένα εισαγωγικό κείμενο, τρεις ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών και μια ανοικτή ερώτηση. Στο αρχικό κείμενο υπήρχε ένα ερευνητικό ερώτημα, ένας πίνακας δεδομένων και ένα επιχείρημα. Ακολουθούσαν οι ερωτήσεις που διερευνούσαν τις δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων. Οι Ερωτήσεις 1 και 5 ζητούσαν από τους μαθητές να εντοπίσουν τα αποδεικτικά στοιχεία που περιέχονται σε επιχειρήματα που τους δίνονται. Οι Ερωτήσεις 2 και 6 ζητούσαν από τους μαθητές να αναγνωρίσουν (ανάμεσα σε διάφορες προτάσεις) τα αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται στα επιχειρήματα. Οι Ερωτήσεις 3 και 7 ζητούσαν από τους μαθητές να κρίνουν αν ένα αποδεικτικό στοιχείο που τους δίνεται είναι ισχυρό ή ασθενές. Οι Ερωτήσεις 4 και 8 ζητούσε από τους μαθητές να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα που έχουν ίδιο ισχυρισμό αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία.

Ανάλυση δεδομένων

Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής ταξινομήθηκαν σε δυο κατηγορίες: (α) «κατάλληλες» απαντήσεις και (β) «μη κατάλληλες» απαντήσεις. Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στις ανοικτού τύπου ερωτήσεις (Ερωτήσεις 4 και 8) χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων που έχει αναπτυχθεί από τους Knight et al. (2014) (βλ. Πίνακας 1). Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές οι οποίοι εργάσθηκαν ανεξάρτητα και οι διαφωνίες τους επιλύθηκαν μέσω συζήτησης.
Στη συνέχεια, προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των κατηγοριών των απαντήσεων και των επιπέδων των μαθητών.

Πίνακας 1: Η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων για τη σύγκριση δύο επιχειρημάτων που έχουν τον ίδιο ισχυρισμό αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία (Knight et al. 2014)

Επίπεδα	**Περιγραφή**
Επίπεδο 3	Ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται και στα δύο επιχειρήματα
Επίπεδο 2	Ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται μόνο στο ένα επιχείρημα
Επίπεδο 1	Ο μαθητής επιλέγει ορθά χωρίς αιτιολόγηση ή επιλέγει ορθά και αναφέρει ότι το ένα επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρότερα αποδεικτικά στοιχεία, όμως η αιτιολόγηση είναι λανθασμένη
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν επιλέγει ή επιλέγει λανθασμένα

3. Αποτελέσματα

Από την μελέτη των απαντήσεων των μαθητών στις Ερωτήσεις 1 και 5 διαπιστώθηκε ότι σχεδόν επτά στους δέκα μαθητές (69,6%) δεν εντόπισαν ορθά τα αποδεικτικά στοιχεία που υπήρχαν στα επιχειρήματα που τους δόθηκαν, ενώ σχεδόν τρεις στους δέκα μαθητές (30,4%) μπόρεσαν να εντοπίσουν ορθά τα αποδεικτικά στοιχεία που υπήρχαν στα επιχειρήματα (βλ. Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	**f**	**%**
Κατάλληλες	84	30,4
Μη κατάλληλες	192	69,6

Επίσης, οι περισσότεροι μαθητές (71,7%), όπως προκύπτει από τις απαντήσεις τους στις Ερωτήσεις 2 και 6, δεν μπόρεσαν να αναγνωρίσουν, ανάμεσα σε διάφορα δεδομένα, τα αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται στα επιχειρήματα που τους δόθηκαν, ενώ μόνο το 28,3% των μαθητών αναγνώρισαν τα αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται στα επιχειρήματα που τους δόθηκαν (βλ. Πίνακα 3).

Πίνακας 3: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση των αποδεικτικών στοιχείων που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται στα επιχειρήματα: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	**f**	**%**
Κατάλληλες	78	28,3
Μη κατάλληλες	198	71,7

Από την μελέτη των απαντήσεων των μαθητών στις Ερωτήσεις 3 και 7 προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές (72,8%) δεν μπόρεσαν να κρίνουν αν το αποδεικτικό στοιχείο που τους δόθηκε ήταν ισχυρό ή ασθενές για να υποστηρίξει ένα συγκεκριμένο ισχυρισμό (βλ. Πίνακα 4).

Πίνακας 4: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην κρίση των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	**f**	**%**
Κατάλληλες	75	27,2
Μη κατάλληλες	201	72,8

Επιπρόσθετα, προέκυψε (από τις απαντήσεις τους στις Ερωτήσεις 4 και 8) ότι οι περισσότεροι μαθητές (52,5%) δεν επέλεξαν ορθά (ανάμεσα σε δύο επιχειρήματα) το ισχυρότερο επιχείρημα (επίπεδο 0). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (38,4%) που επέλεξαν ορθά το ισχυρότερο επιχείρημα χωρίς αιτιολόγηση ή επέλεξαν ορθά το ισχυρότερο επιχείρημα αναφέροντας ότι το ένα επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρότερα αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 1). Είναι κατά πολύ μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (7,6%) που επέλεξαν ορθά το ισχυρότερο επιχείρημα και έκριναν την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων μόνο του ενός επιχειρήματος (επίπεδο 2). Τέλος, είναι ιδιαίτερα περιορισμένο το ποσοστό των μαθητών (1,5%) που έκαναν ορθή επιλογή του ισχυρότερου επιχειρήματος και έκριναν την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων και των δύο επιχειρημάτων (επίπεδο 3) (βλ. Πίνακα 5).

Πίνακας 5: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στη σύγκριση των επιχειρημάτων με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	**f**	**%**
Επίπεδο 3	4	1,5
Επίπεδο 2	21	7,6
Επίπεδο 1	106	38,4
Επίπεδο 0	145	52,5

4. Συμπεράσματα

Από την εργασία αυτή διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν «μη κατάλληλες» απαντήσεις στις ερωτήσεις που αφορούσαν στον εντοπισμό, την αναγνώριση και την κρίση αποδεικτικών στοιχείων. Συνεπώς, οι περισσότεροι μαθητές δεν έχουν αναπτυγμένες τις δεξιότητες να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, να αναγνωρίζουν αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα και να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία. Επίσης, προέκυψε ότι είναι ιδιαίτερα περιορισμένο το ποσοστό των μαθητών που μπορούν να επιλέγουν ορθά το ισχυρότερο επιχείρημα (ανάμεσα

σε δύο) και να αιτιολογούν επαρκώς αυτή την επιλογή. Συνεπώς, η δεξιότητα των μαθητών να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων τους, δεν είναι αναπτυγμένη.

Οι παραπάνω διαπιστώσεις μπορούν να αποδοθούν στο ότι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών σπάνια παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές να αξιολογούν επιχειρήματα και σπάνια υποστηρίζονται στην προσπάθειά τους να συγκροτούν επιχειρήματα (Newton et al. 1999). Έχει επισημανθεί ότι είναι αναγκαία η δημιουργία ενός πλαισίου που να υποστηρίζει εκπαιδευτικούς και μαθητές σε αυτή τη διαδικασία και να βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν τη διαδικασία τόσο της παραγωγής όσο και της αξιολόγησης των επιχειρημάτων (Krajcik & McNeill 2009, Sampson et al. 2011).

Η παρούσα εργασία συνεισφέρει προς αυτή την κατεύθυνση. Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα παραπάνω συμπεράσματα της εργασίας υπόκεινται σε περιορισμούς που αφορούν στο περιορισμένο δείγμα (276 μαθητές από σχολεία της Ρόδου) και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν (αποκλειστική χρήση ερωτηματολογίου).

Μέσω αυτής της εργασίας διερευνήθηκαν οι δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να διερευνηθούν οι δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν γραπτά επιχειρήματα με βάση την ποιότητα των συλλογισμών και των αντικρούσεων που περιλαμβάνουν. Η έρευνα αυτή θα επιτρέψει να αποτυπωθούν πληρέστερα οι δεξιότητες των μαθητών να αξιολογούν την ποιότητα των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν.

5. Βιβλιογραφία

Hogan, K. & Maglienti, M. (2001). Comparing the epistemological underpinnings of students and scientists' reasoning about conclusions. *Journal of Research in Science Teaching, 38,* 663–687.

Knight, A. M., McNeill, K. L., Corrigan, S. & Barber, J. (2013, April). Student assessments for reading and writing scientific arguments. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.

Knight, A. M., Alves, C. B., Cannady, M. A., McNeill, K. L. & Pearson, P. D. (2014, April). Assessing middle school students' abilities to critique scientific evidence. Paper presented at the annual meeting of NARST, Pittsburg, PA.

Krajcik, J. & McNeill, K. (2009). Designing instructional materials to support students' in writing scientific explanations: using evidence and reasoning across the Middle School years. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Hyatt Regency Orange County, Garden Grove, CA.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In Lovett, M & Shah, P (Eds.), *Thinking with data* (pp. 233-265). New York, NY: Taylor & Francis Group, LLC.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2012). Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J, Krajcik, J. & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences, 15(2),* 153-191.

Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education, 21,* 553–576.

National Research Council [NRC]. (2012). A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: The National Academies Press.

Phillips, L. M. & Norris, S. P. (1999). Interpreting popular reports of science: What happens when the reader's world meets the world on paper? *International Journal of Science Education*, *21*(3), 317-327.

Sampson, V., Grooms, J. & Walker, J. (2011). Argument-Driven Inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, *95*(2), 217-257.

Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, *23*, 23–55.

Sandoval, W. A. & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, *88*(3), 345–372.

Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(2), 141-165.

Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Παράρτημα: Ερωτηματολόγιο

Μέρος Α

Σε πέντε δοχεία διαφορετικών μεγεθών υπάρχει νερό ίδιας θερμοκρασίας. Ο κύριος Κώστας ζητά από τους μαθητές του να γράψουν και να υποστηρίξουν την άποψή τους για την ακόλουθη ερώτηση:
Τι επηρεάζει την ταχύτητα εξάτμισης του νερού (το πόσο γρήγορα εξατμίζεται το νερό) που είναι σε ένα δοχείο;
Η Μαρία χρησιμοποίησε τα στοιχεία που υπάρχουν στον ακόλουθο πίνακα για να γράψει την άποψή της.

Χρώμα δοχείου που έχει το νερό	**Επιφάνεια νερού (σε τ. εκ.)**	**Ταχύτητα εξάτμισης νερού**
Α	50	Πολύ μεγάλη
Β	40	Μεγάλη
Γ	30	Μεσαία
Δ	20	Μικρή
Ε	10	Πολύ μικρή

Το κείμενο της Μαρίας
Όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη (πρόταση 1). *Στο δοχείο Α το νερό έχει επιφάνεια 50 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης είναι πολύ μεγάλη, ενώ στο δοχείο Δ το νερό έχει επιφάνεια 20 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης είναι μικρή* (πρόταση 2). *Η επιφάνεια του νερού στο δοχείο Α είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια του νερού στο δοχείο Δ και αυτό κάνει την ταχύτητα εξάτμισης του νερού στο δοχείο Α να είναι πολύ μεγάλη* (πρόταση 3).

Ερώτηση 1
Σε ποια πρόταση θεωρείς ότι η Μαρία έχει στοιχεία (δεδομένα) που υποστηρίζουν την άποψή της;
- ☐ Μόνο στην πρόταση 1
- ☐ Μόνο στην πρόταση 2
- ☐ Στις προτάσεις 1 και 2
- ☐ Σε καμιά πρόταση.

Ερώτηση 2
Η Μαρία σκέφτεται να προσθέσει ακόμα ένα στοιχείο (δεδομένο) για να υποστηρίξει επιπλέον την άποψή της. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις αποτελεί στοιχείο που υποστηρίζει την άποψή της;
- ☐ Όταν εξατμίζεται νερό σε ένα δοχείο Ζ η ταχύτητα εξάτμισής του είναι πολύ μεγάλη

- Η επιφάνεια του νερού που έχει ένα δοχείο Ζ είναι 30 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισής του είναι πολύ μεγάλη.
- Η επιφάνεια του νερού που είναι σε ένα δοχείο Ζ είναι 40 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισής του είναι μεγάλη.
- Η επιφάνεια του νερού που είναι σε ένα δοχείο Ζ είναι η μεγαλύτερη και είναι 50 τ. εκ.

Ερώτηση 3
Η Μαρία λέει ότι όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλος.
Η Μαρία θέλει να προσθέσει το παρακάτω στοιχείο για να ενισχύσει την άποψή της:
Η επιφάνεια του νερού σε ένα δοχείο Η είναι 15 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη.
Αυτό το στοιχείο είναι:
- αδύναμο, επειδή δεν έχει σχέση με την άποψη της Μαρίας
- αδύναμο, επειδή υποστηρίζει την αντίθετη άποψη από αυτήν που λέει η Μαρία
- ισχυρό, επειδή υποστηρίζει μια διαφορετική άποψη από αυτήν που προτείνει η Μαρία
- ισχυρό, επειδή υποστηρίζει την άποψη της Μαρίας.

Ερώτηση 4
Ο Κυριάκος είναι επίσης μαθητής στη τάξη του κυρίου Κώστα. Ο κύριος Κώστας ζήτησε από τη Μαρία και τον Κυριάκο να συγκρίνουν τα κείμενά τους.
Το κείμενο της Μαρίας
Όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη. Στο δοχείο Α το νερό έχει επιφάνεια 50 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης είναι πολύ μεγάλη, ενώ στο δοχείο Δ το νερό έχει επιφάνεια 20 τ. εκ. και η ταχύτητα εξάτμισης είναι μικρή. Η επιφάνεια του νερού στο δοχείο Α είναι μεγαλύτερη από την επιφάνεια του νερού στο δοχείο Δ και αυτό κάνει την ταχύτητα εξάτμισης του νερού στο δοχείο Α να είναι πολύ μεγάλη.
Το κείμενο του Κυριάκου
Όταν η επιφάνεια του νερού είναι μεγάλη τότε η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη. Ένας επιστήμονας είχε μια μεγάλη ποσότητα νερού σε ένα δοχείο και παρατήρησε ότι η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη. Αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα που δείχνει ότι η ταχύτητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη όταν είναι μεγάλη η επιφάνεια του νερού.
Ποιος από τους δύο, η Μαρία ή ο Κυριάκος υποστηρίζει καλύτερα την άποψη που προτείνει; Γιατί;

Μέρος Β
Σε πέντε ίδια δοχεία υπάρχει νερό ίδιας θερμοκρασίας. Ζεσταίνουμε με την ίδια φλόγα και για τον ίδιο χρόνο (2 λεπτά) τα δοχεία που περιέχουν διαφορετική ποσότητα νερού. Ο κύριος Δημήτρης ζητά από τους μαθητές του να γράψουν και να υποστηρίξουν την άποψή τους για την ακόλουθη ερώτηση:
Τι επηρεάζει την αλλαγή της θερμοκρασίας του νερού που είναι στα δοχεία;
Η Ελένη χρησιμοποίησε τα στοιχεία που υπάρχουν στον ακόλουθο πίνακα για να γράψει την άποψή της.

Δοχεία	Ποσότητα νερού (σε γραμμ.)	Αλλαγή θερμοκρασίας
Α	100	Πολύ μεγάλη
Β	200	Μεγάλη
Γ	300	Μεσαία
Δ	400	Μικρή
Ε	500	Πολύ μικρή

Το κείμενο της Ελένης
Στο δοχείο με τη μεγαλύτερη ποσότητα του νερού η θερμοκρασία μεγαλώνει πιο λίγο (πρόταση 1). Όταν ζεστάναμε ένα δοχείο με νερό 100 γραμμαρίων, μετά από 2 λεπτά η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε και η αλλαγή της θερμοκρασίας ήταν πολύ μεγάλη, ενώ όταν ζεστάναμε με τον ίδιο τρόπο ένα δοχείο με νερό 500 γραμμαρίων, μετά από 2 λεπτά η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε και η αλλαγή της θερμοκρασίας ήταν πολύ μικρή (πρόταση 2). Το δεύτερο δοχείο είχε πιο πολύ νερό και για αυτό η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε λιγότερο (πρόταση 3).

Ερώτηση 5
Σε ποια πρόταση θεωρείς ότι η Ελένη έχει στοιχεία (δεδομένα) που υποστηρίζουν την άποψή της;
- Μόνο στην πρόταση 1

- Μόνο στην πρόταση 2
- Στις προτάσεις 1 και 2
- Σε καμιά πρόταση.

Ερώτηση 6
Η Ελένη σκέφτεται να προσθέσει ακόμα ένα στοιχείο (δεδομένο) για να υποστηρίξει επιπλέον την άποψή της. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις αποτελεί στοιχείο που υποστηρίζει την άποψή της;

- Όταν ζεσταίνεται νερό με τον ίδιο τρόπο και για 2 λεπτά σε ένα δοχείο Z η αλλαγή θερμοκρασίας του νερού είναι πολύ μεγάλη
- Η ποσότητα του νερού που θερμαίνεται με τον ίδιο τρόπο και για 2 λεπτά σε ένα δοχείο Z είναι 400 γραμμ. και η αλλαγή της θερμοκρασίας του είναι μικρή.
- Η ποσότητα του νερού που θερμαίνεται με τον ίδιο τρόπο και για 2 λεπτά σε ένα δοχείο Z είναι 80 γραμμ. και η αλλαγή της θερμοκρασίας του είναι μικρή.
- Η ποσότητα του νερού που θερμαίνεται με τον ίδιο τρόπο και για τον 2 λεπτά σε ένα δοχείο Z είναι 200 γραμμ. και η αλλαγή της θερμοκρασίας του είναι μικρή.

Ερώτηση 7
Η Ελένη λέει ότι στο δοχείο με τη μεγαλύτερη ποσότητα του νερού η θερμοκρασία μεγαλώνει πιο λίγο. Η Ελένη θέλει να προσθέσει το παρακάτω στοιχείο για να ενισχύσει την άποψή της:
Η ποσότητα του νερού σε ένα ποτήρι Η είναι 90 γραμμ. και η αλλαγή της θερμοκρασίας του νερού είναι πολύ μεγάλη.
Αυτό το στοιχείο είναι:

- αδύναμο, επειδή δεν έχει σχέση με την άποψη της Ελένης
- αδύναμο, επειδή υποστηρίζει την αντίθετη άποψη από αυτήν που λέει η Ελένη
- ισχυρό, επειδή υποστηρίζει μια διαφορετική άποψη από αυτήν που προτείνει η Ελένη
- ισχυρό, επειδή υποστηρίζει την άποψη της Ελένης.

Ερώτηση 8
Ο Παναγιώτης είναι επίσης μαθητής στη τάξη του κυρίου Δημήτρη. Ο κύριος Δημήτρης ζήτησε από την Ελένη και τον Παναγιώτη να συγκρίνουν τα κείμενά τους.
Το κείμενο της Ελένης
Στο δοχείο με τη μεγαλύτερη ποσότητα του νερού η θερμοκρασία μεγαλώνει πιο λίγο. Όταν ζεστάναμε ένα δοχείο με νερό 100 γραμμαρίων, μετά από 2 λεπτά η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε και η αλλαγή της θερμοκρασίας ήταν πολύ μεγάλη, ενώ όταν ζεστάναμε με τον ίδιο τρόπο ένα δοχείο με νερό 500 γραμμαρίων, μετά από 2 λεπτά η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε και η αλλαγή της θερμοκρασίας ήταν πολύ μικρή. Το δεύτερο δοχείο είχε πιο πολύ νερό και για αυτό η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε λιγότερο.
Το κείμενο του Παναγιώτη
Στο δοχείο με τη μεγαλύτερη ποσότητα του νερού η θερμοκρασία μεγαλώνει πιο λίγο. Σε μια εκδρομή που πήγαμε ένας επιστήμονας είχε αναφέρει ότι επειδή υπάρχει μεγάλη ποσότητα νερού στη θάλασσα η θερμοκρασία του νερού αλλάζει ελάχιστα. Αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα που δείχνει ότι σε ένα δοχείο που έχει πολύ νερό και ζεσταίνεται η θερμοκρασία του νερού μεγαλώνει πολύ λίγο.
Ποιος από τους δύο, η Ελένη ή ο Παναγιώτης υποστηρίζει καλύτερα την άποψη που προτείνει; Γιατί;

Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΛΥΣΗΣ ΤΗΣ ΖΑΧΑΡΗΣ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΟΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ

Ελένη Πράττα[1], Άννα Κουκά[2]
[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]ΔιΧηΝΕΤ, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία μελετάμε την κατανόηση των μαθητών για το φαινόμενο της διάλυσης και πώς εξελίσσονται οι γνώσεις τους κατά τη διάρκεια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Συνολικά 395 μαθητές (127 μαθητές Α' Γυμνασίου, 120 μαθητές Γ' Γυμνασίου και 148 μαθητές Β' Λυκείου) απάντησαν σε ερωτήσεις σχετικά με τις μεταβολές που συμβαίνουν κατά τη διάλυση της ζάχαρης στο νερό. Με συνδυασμό κλειστών ερωτήσεων και ερωτήσεων ελεύθερης απάντησης διαπιστώθηκε ότι ενώ η πλειοψηφία των μαθητών όλων των τάξεων απαντούν ότι η ζάχαρη και το νερό αναμειγνύονται ομογενώς αδυνατούν να δώσουν συνολικά εξηγήσεις με όρους φυσικής μεταβολής και εμφανίζουν παρανοήσεις.

Abstract
In this work we study students´ understanding about dissolution and how their knowledge develops during secondary education. A total of 395 students (127 students attending the 1st grade, 120 students attending the 3rd grade of junior high school and 148 students of the 2nd grade of senior high school) answered questions about changes that occur during dissolution of sugar in water. Students answer a group of close-ended questions and open-ended questions and it was found that although the majority of students of all grades answer that sugar and water mix homogeneously they are unable to give explanations in terms of physical change and develop misconceptions.

1. Εισαγωγή

Οι αρχικές αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο που διαμορφώνουν τα παιδιά από πολύ μικρή ηλικία βασίζονται στην καθημερινή εμπειρία και αποτελούν την αφετηρία για τη μάθηση όσων διδάσκονται αργότερα στο σχολείο. Ωστόσο όσα γνωρίζουν οι μαθητές από την καθημερινή εμπειρία συχνότατα εμποδίζουν την κατανόηση όσων διδάσκονται στο σχολείο με αποτέλεσμα την εμφάνιση παρανοήσεων (Γκικοπούλου & Βοσνιάδου 2012).
Συγκεκριμένα, οι μαθητές χρησιμοποιούν πολλές παρανοήσεις όταν καλούνται να εξηγήσουν τι συμβαίνει στην προς διάλυση ουσία και στο διαλύτη κατά τη διάρκεια του οικείου από την καθημερινή ζωή φαινόμενου της διάλυσης (Κουκά κ.ά. 2013). Παρά τη διδασκαλία της διάλυσης στο μάθημα της Χημείας ως φυσικής μεταβολής που οδηγεί στη δημιουργία ομογενούς μίγματος μακροσκοπικά και είναι το αποτέλεσμα μιας σχέσης αλληλεπίδρασης σε μοριακό επίπεδο π.χ. μιας ουσίας και του νερού, οι μαθητές συχνά εστιάζουν την προσοχή τους στις άμεσα παρατηρούμενες μεταβολές (Blanco & Prieto 1997, Taber & García-Franco 2010) και μάλιστα συχνά στις μεταβολές ενός μόνου συστατικού του διαλύματος (Abraham et. al. 1994, Blanco & Prieto 1997, Ebenezer 2001, Goodwin 2002), και δυσκολεύονται να εξηγήσουν τη διάλυση με όρους φυσικής μεταβολής κατά την οποία οι συμμετέχουσες ουσίες διατηρούν την ταυτότητά τους. Δυσκολεύονται στην κατανόηση πως ένα διάλυμα είναι η

ομογενής ανάμειξη δύο ή περισσότερων συστατικών σε μία φάση (Calık & Ayas 2005), καθώς θεωρούν πως τα ομογενή μείγματα περιέχουν στερεή διαλυμένη ουσία (Adadan & Savasci 2012). Για πολλούς μαθητές ένα διάλυμα δημιουργείται όταν ανακατεύονται ουσίες με ένα υλικό που τα κάνει να λιώνουν (Βεργέτη 2012) με αποτέλεσμα να συγχέουν την τήξη με τη διάλυση (Kabapinar et. al. 2004, Pinarbasi et. al. 2006). Για άλλους η αλληλεπίδραση μεταξύ διαλύτη και διαλυμένης ουσίας ταυτίζεται με την μεταξύ τους χημική αντίδραση (Taber & García-Franco 2010) και τη δημιουργία μίας νέας χημικής ουσίας μέσα στο διάλυμα (Uzuntiryaki & Geban 2005) με αποτέλεσμα την εξαφάνιση της διαλυμένης ουσίας από το διάλυμα (Adadan & Savasci 2012). Πολλές παρανοήσεις εμφανίζουν οι μαθητές επίσης στο σωματιδιακό επίπεδο και δυσκολεύονται να δώσουν εξηγήσεις της διάλυσης με αναφορές στα σωματίδια της ύλης (de Berg 2012, Ebenezer & Erickson 1996, Fensham & Fensham 1987, Raviolo 2001). Για παράδειγμα πιστεύουν ότι τα σωματίδια του διαλύτη και της διαλυμένης ουσίας είναι ταυτόσημα σε ένα διάλυμα (Pinarbasi et. al. 2006). Πολλοί μαθητές ακόμη και των μεγαλύτερων τάξεων του Λυκείου θεωρούν ότι τα σωματίδια της ύλης χαρακτηρίζονται από τις ίδιες ιδιότητες με τα σώματα από τα οποία προέρχονται και η διαφορά μεταξύ των σωματιδίων και των υλικών σωμάτων έγκειται μόνο στο μέγεθος (Kabapinar et. al. 2004, Pinarbasi et. al. 2006).

Αποτελέσματα άλλων ερευνών δείχνουν ότι παρανοήσεις εμφανίζουν όχι μόνον οι μικρότεροι μαθητές ή οι πιο αδύνατοι αλλά επίσης μαθητές Λυκείου (Κουκά κ.ά. 2013) και οι φοιτητές και ότι η κατανόηση της διάλυσης παραμένει ένα δύσκολο θέμα. Στην παρούσα εργασία, μέρος μιας ευρύτερης έρευνας, μελετάμε τις αρχικές αντιλήψεις των μαθητών Γυμνασίου πριν από τη διδασκαλία της Χημείας και την εξέλιξή τους κάτω από την επίδραση της σχετικής διδασκαλίας. Μελετάμε συγκεκριμένα πόσο συχνά οι μαθητές εξηγούν τη διάλυση ως τήξη ή εξαφάνισή της προς διάλυση ουσίας , ή ως χημική αντίδραση και πόσο συχνά ως ομογενή ανάμειξη.

2. Μεθοδολογία

Σκοπός της εργασίας είναι η καταγραφή και ο σχολιασμός των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών για τα διαλύματα και το νερό ως διαλύτη πριν την διδασκαλία τους στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και η διερεύνηση για το πως εξελίσσονται οι αρχικές αυτές αντιλήψεις μέσα από τη διδασκαλία των διαλυμάτων στο Γυμνάσιο και το Λύκειο.

Η συστηματική διδασκαλία των διαλυμάτων αρχίζει στην Β' Γυμνασίου και συνεχίζεται στην Α' Λυκείου. Με βάση τα σχολικά εγχειρίδια Χημείας όλων των τάξεων του Γυμνασίου και του Λυκείου (τα βιβλία για το μαθητή, τον καθηγητή και τους εργαστηριακούς οδηγούς) όπως και το ΔΕΠΣ για το Γυμνάσιο και το ΑΠΣ για το Λύκειο και τις οδηγίες για τη διδακτέα ύλη κατασκευάσαμε ερωτηματολόγιο για να ελέγξουμε πόσο κατανοούν τις έννοιες της διάλυσης, του διαλύματος, της διαλυμένης ουσίας, του διαλύτη και της μάζας-περιεκτικότητας του διαλύματος. Η χρήση αποκλειστικά κλειστού τύπου ερωτήσεων, σε ένα ερωτηματολόγιο, εμφανίζει δυσκολίες στην εκτίμηση της σκέψης των μαθητών καθώς και την πιθανότητα της τυχαίας επιλογής της απάντησης. Στο ερωτηματολόγιο λοιπόν χρησιμοποιήθηκαν τόσο κλειστού όσο και ανοιχτού τύπου ερωτήσεις. Στις ανοιχτές ερωτήσεις οι μαθητές κλήθηκαν να αιτιολογήσουν την απάντηση που είχαν επιλέξει στις αντίστοιχες κλειστού τύπου ερωτήσεις. Ερωτηματολόγια δύο διαβαθμίσεων (two-tier tests), όπου συνδυάζονται οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής με ανοιχτές ερωτήσεις στις οποίες οι μαθητές καλούνται να αιτιολογήσουν την επιλογή που έκαναν, προσφέρουν μία καλύτερη εικόνα για το πώς σκέφτονται οι μαθητές (Adadan & Savasci 2012).

Τελικά το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε συνολικά 37 ερωτήσεις. Από αυτές 27 ήταν κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής και «σωστού-λάθους») στις οποίες οι δοσμένες

επιλογές ήσαν ή λεκτικά διατυπωμένες ή περιείχαν οπτικές απεικονίσεις και 10 ανοιχτές ερωτήσεις οι οποίες ζητούσαν από τους μαθητές να αιτιολογήσουν ή να σχεδιάσουν απεικονίσεις του διαλύματος. Σε όλες τις ερωτήσεις χρησιμοποιήθηκε το παράδειγμα της διάλυσης της ζάχαρης στο νερό.

Ύστερα από πιλοτική εφαρμογή, το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε συνολικά από 395 μαθητές: 127 μαθητές της Α' Γυμνασίου οι οποίοι δεν είχαν ακόμη διδαχθεί το μάθημα της Χημείας, 120 μαθητές της Γ' Γυμνασίου και 148 μαθητές της Β' Λυκείου, μετά τη σχετική διδασκαλία των διαλυμάτων στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο αντίστοιχα. Η εκτίμηση της αξιοπιστίας του ερωτηματολογίου έγινε με τη διερεύνηση της συνάφειας της αξιολόγησης της κάθε ερώτησης με την συνολική αξιολόγηση χρησιμοποιώντας τον συντελεστή συνάφειας του Pearson (r). Όλες οι ερωτήσεις παρουσίασαν υψηλή συνάφεια, άρα όλες οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου συνεισφέρουν στην αξιοπιστία του εργαλείου μέτρησης της συνολικής επίδοσης των μαθητών. Η στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων έγινε με το πρόγραμμα IBM SPSS v.21.

Στην παρούσα εργασία θα εκτεθεί μέρος της συνολικής έρευνας και συγκεκριμένα οι απαντήσεις σε 4 ερωτήσεις «σωστού-λάθους» σχετικές με τις μεταβολές της ζάχαρης κατά τη διάλυσή της. Τρεις συχνά διαπιστωμένες παρανοήσεις στη βιβλιογραφία, κλήθηκαν οι μαθητές να χαρακτηρίσουν, αν η ζάχαρη τήκεται και υγροποιείται όπως το νερό (ερώτηση 1), αν η ζάχαρη εξαφανίζεται (ερώτηση 3), αν αντιδρά με το νερό (ερώτηση 4) καθώς και τη σωστή πρόταση της ομογενούς ανάμειξης (ερώτηση 2) όπως φαίνονται στον Πίνακα 1. Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν σε 4 ερωτήσεις αιτιολόγησης ανοιχτού τύπου ώστε να εξηγήσουν την επιλογή που έκαναν στις 4 προηγούμενες κλειστές ερωτήσεις. Όσον αφορά τις ανοιχτές ερωτήσεις καταγράψαμε τις απαντήσεις των μαθητών και ομαδοποιήσαμε τις αιτιολογήσεις που μας έδωσαν με κριτήριο τη συχνότητα εμφάνισής τους, χωρίς να αξιολογήσουμε την ορθότητα ή όχι των συγκεκριμένων αιτιολογήσεων, καθώς στόχος των ερωτήσεων αυτών ήταν να αποτυπωθούν οι αντιλήψεις των μαθητών και όχι να ελεγχθούν οι γνώσεις τους. Για τις συγκεκριμένες λοιπόν ερωτήσεις ακολούθησε μία ποιοτική ανάλυση των απαντήσεων και όχι στατιστική τους επεξεργασία.

3. Αποτελέσματα

Η συχνή παρανόηση της διάλυσης ως τήξης εμφανίζεται στην πλειοψηφία (54,9%) του συνόλου των απαντήσεων των μαθητών όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Στην κλειστού τύπου αυτή ερώτηση πλειοψηφικά οι μαθητές της Α' Γυμνασίου σε ποσοστό 63,8% επιλέγουν την απάντηση ότι κατά τη διάλυση η ζάχαρη τήκεται και υγροποιείται όπως το νερό. 49,2% των μαθητών της Γ' Γυμνασίου συνεχίζουν μεν να ταυτίζουν την τήξη με τη διάλυση, υπάρχουν όμως στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις απαντήσεις των μαθητών της Α' Γυμνασίου. Η διδασκαλία των διαλυμάτων στη Β' Γυμνασίου φαίνεται πως βελτιώνει σημαντικά τις γνώσεις των μαθητών. Αξιοσημείωτο είναι ότι, η ταύτιση της τήξης με τη διάλυση, επανέρχεται στους μαθητές της Β' Λυκείου σε ποσοστό 52%.

Η μεταβολή της ομογενούς ανάμειξης της ζάχαρης (ερώτηση 2) πλειοψήφησε σε όλες της τάξεις (77,2%) και μάλιστα το ποσοστό των μαθητών που την επιλέγουν αυξάνεται με την ηλικία όπως δείχνει ο Πίνακας 1, χωρίς να παρατηρούνται στατιστικά σημαντικές διαφορές στις απαντήσεις των μαθητών ανά τάξη φοίτησης.

Στην τρίτη ερώτηση κλειστού τύπου, παρατηρούμε από τον Πίνακα 1 ότι σχετικά περιορισμένο ποσοστό, το 35,9% του συνόλου των μαθητών, επιλέγει την παρανόηση της εξαφάνισης της ζάχαρης ως εξήγηση της διάλυσης. Φαίνεται μάλιστα να υπάρχει βελτίωση των απαντήσεων των μαθητών ανάλογα με την τάξη, χωρίς όμως η διδασκαλία των

διαλυμάτων να επιφέρει στατιστικά σημαντικές αλλαγές στις γνώσεις των μεγαλύτερων μαθητών.

Τέλος, η τέταρτη κλειστού τύπου ερώτηση ασχολείται με τη συχνή παρανόηση πως σε ένα διάλυμα ο διαλύτης αντιδρά με τη διαλυμένη ουσία. Η εξήγηση της διάλυσης ως χημική αντίδραση όπως φαίνεται στον πίνακα 1 επιλέγεται από την πλειοψηφία των μαθητών της Α' Γυμνασίου σε ποσοστό 53,5%. Στατιστικά σημαντικές διαφορές με τις απαντήσεις των μικρότερων μαθητών παρουσιάζουν οι απαντήσεις των μεγαλύτερων μαθητών του Γυμνασίου όπως και των μαθητών του Λυκείου όπου είναι εμφανής η επίδραση της διδασκαλίας αφού ποσοστό του 53,3% των μαθητών της Γ΄ Γυμνασίου και 67,6% των μαθητών του Λυκείου απαντά πως δεν θα πραγματοποιηθεί αντίδραση μεταξύ τους για να προκύψει μία νέα ουσία.

Πίνακας 1: Απαντήσεις μαθητών για το φαινόμενο της διάλυσης της ζάχαρης στο νερό

Ερωτήσεις Κατά τη διάλυση στο νερό, η ζάχαρη	**Τάξη φοίτησης**						**Σύνολο 395**	
	Α΄ Γυμνασίου (Σύνολο 127)		**Γ΄ Γυμνασίου** (Σύνολο 120)		**Β΄ Λυκείου** (Σύνολο 148)			
	Ναι	**Όχι**	**Ναι**	**Όχι**	**Ναι**	**Όχι**	**Ναι**	**Όχι**
1. τήκεται (λιώνει) και υγροποιείται όπως το νερό:	63,8%	36,2%	49,2%	50,8%	52,0%	48,0%	54,9%	45,1%
2. ανακατεύεται ομογενώς με το νερό:	71,7%	28,3%	80,8%	19,2%	79,1%	20,9%	77,2%	22,8%
3. εξαφανίζεται:	38,6%	61,4%	36,7%	63,3%	33,1%	66,9%	35,9%	64,1%
4. αντιδρά με το νερό και προκύπτει μία νέα ουσία:	53,5%	46,5%	46,7%	53,3%	32,4%	67,6%	43,5%	56,6%

Ενδιαφέροντα αποτελέσματα έδωσαν οι ανοιχτές ερωτήσεις στις οποίες ζητούσαμε να εξηγήσουν οι μαθητές για ποιους λόγους επέλεξαν (ή αντίστοιχα δεν επέλεξαν) την εκάστοτε εξήγηση της διάλυσης για τις οποίες ενδεικτικά αναφέρουμε ορισμένα συγκεντρωτικά συμπεράσματα.

Μεγάλο ποσοστό μαθητών δεν απαντά ή δίνει απαντήσεις άσχετες με την εκάστοτε ερώτηση ή δίνει μια μεγάλη ποικιλία ερμηνειών που αδυνατούμε να ομαδοποιήσουμε. Το ποσοστό αυτό κυμαίνεται ανάλογα με την ερώτηση από το 17,0% έως το 33,3% που δείχνει τη μεγάλη δυσκολία που εμφανίζουν οι μαθητές όλων των ηλικιών όταν καλούνται να εξηγήσουν λεκτικά τα φαινόμενα που μαθαίνουν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

Συχνά οι μαθητές σε μία ερώτηση προβάλλουν την ίδια ερμηνεία για να υποστηρίξουν τις αντίθετες απαντήσεις στην ίδια ερώτηση ή αντίθετες απόψεις για να υποστηρίξουν την ίδια παρανόηση. Για παράδειγμα στην ερώτηση 1, τόσο οι μαθητές που επέλεξαν ότι η ζάχαρη τήκεται στο νερό, όσο και εκείνοι που θεωρούν ότι δεν τήκεται, ερμήνευσαν την επιλογή τους με την ίδια αιτιολογία. Απάντησαν ότι η ζάχαρη τήκεται ή δεν τήκεται γιατί *«απορροφάται από το νερό»* ή *«διαλύεται στο νερό»* ή ότι *«γίνεται ένα / αντιδρά με το νερό»*. Στην ερώτηση για την αντίδραση μεταξύ ζάχαρης και νερού (ερώτηση 4) οι μαθητές απαντούν ότι *«σχηματίζεται ζαχαρόνερο»*, άλλοι για να υποστηρίξουν ότι πραγματοποιείται αντίδραση και

άλλοι για ερμηνεύσουν ότι δεν γίνεται χημική αντίδραση μεταξύ των ουσιών. Ανάλογα φαινόμενα συναντήσαμε στις ερμηνείες των μαθητών και για τις υπόλοιπες ερωτήσεις.
Επίσης οι μαθητές προβάλλουν λάθος ερμηνείες για να υποστηρίξουν σωστές απαντήσεις. Στην ερώτηση 3 για παράδειγμα, ορισμένοι μαθητές εξηγούν την πλήρη ανάμειξη με το ότι η ζάχαρη λιώνει ή αντιδρά με το νερό.
Μαθητές όλων των τάξεων επικαλούνται την εξήγηση ότι η ζάχαρη "*μένει στον πυθμένα του δοχείου*" σε διάφορες ερωτήσεις για να αιτιολογήσουν τις εκάστοτε επιλογές τους. Παρά την επαναλαμβανόμενη υπόδειξη στο ερωτηματολόγιο ότι η ζάχαρη διαλύεται στο νερό, οι μαθητές εξηγούν ότι η ζάχαρη δεν τήκεται (ερώτηση 1), ή δεν αναμιγνύεται με το νερό (ερώτηση 2) ή δεν εξαφανίζεται (ερώτηση 3) εξ αιτίας του ότι "*μένει στον πυθμένα του δοχείου"*.
Συνολικά οι μαθητές, στην προσπάθεια να εξηγήσουν τι συμβαίνει στη διαλυμένη ουσία χρησιμοποιούν αδιακρίτως μεταξύ τους, τους όρους: διαλύεται, αναμιγνύεται, τήκεται, εξαφανίζεται, αντιδρά, απορροφάται. Μοιάζει να μην κατανοούν το διαφορετικό νόημα των όρων και να θεωρούν ότι έχουν την ίδια σημασία. Μάλιστα για να εξηγήσουν τον έναν όρο συχνά χρησιμοποιούν τον άλλον. Για παράδειγμα *«η ζάχαρη εξαφανίζεται γιατί απορροφάται από το νερό»* (ερώτηση 3).
Οι μαθητές συχνά δεν δίνουν πραγματικά ερμηνείες αλλά εξηγούν τις απαντήσεις τους με ταυτολογίες. Εξηγούν για παράδειγμα πως η ζάχαρη και το νερό αναμειγνύονται ομογενώς γιατί *«ανακατεύονται μεταξύ τους»* ή αντιδρούν γιατί *«γίνεται αντίδραση»*. Δηλαδή προσπαθούν να δώσουν ερμηνείες του φαινόμενου κάνοντας απλά περιγραφές των άμεσα αντιληπτών μεταβολών που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια εξέλιξης της διάλυσης όπως για παράδειγμα «*η ζάχαρη με το νερό αναμειγνύονται ομογενώς γιατί η ζάχαρη δεν είναι πια ορατή μέσα στο διάλυμα»*. Το ίδιο μοιάζει να συμβαίνει στην περίπτωση της παρανόησης της εξαφάνισης της ζάχαρης. Οι μαθητές εξηγούν ότι η ζάχαρη εξαφανίζεται *«γιατί διαλύεται/ανακατεύεται με το νερό»* ή «*γιατί έχει ενωθεί/αντιδράσει με το νερό» ή «γιατί δεν φαίνεται πια».* Φαίνεται πως η προσοχή των μαθητών εστιάζει σε άμεσα παρατηρούμενες μεταβολές και σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της ζάχαρης και του νερού και δεν μπορούν να προβούν σε γενικεύσεις.
Ένα άλλο χαρακτηριστικό των απαντήσεων των μαθητών ήταν η απουσία αναφοράς σωματιδίων και εξηγήσεων στο μικροσκοπικό επίπεδο. Στην ερώτηση 3 που αφορούσε την ομογενή ανάμειξη, μόνο 4 συνολικά μαθητές γυμνασίου και μάλιστα τρεις από την Α΄ Γυμνασίου και ένας της Γ΄ Γυμνασίου έκαναν αναφορά στην ομογενή ανάμειξη των σωματιδίων ζάχαρης και νερού. Αντίθετα κανένας μαθητής Λυκείου δεν έκανε αναφορά σε σωματίδια της ύλης κατά την εξήγηση των απαντήσεων του.
Συνολικά, οι μεγαλύτεροι μαθητές έδωσαν εξηγήσεις βασισμένες περισσότερο σε όσα έχουν διδαχθεί στα διαλύματα και σταδιακά όσο αυξάνεται η ηλικία των μαθητών παρατηρείται μια εξέλιξη προς περισσότερο σωστές απαντήσεις, ωστόσο οι αντιλήψεις των μαθητών μοιάζει να κυριαρχούνται από την εμπειρία της καθημερινής ζωής.

4. Συμπεράσματα

Με τις κλειστές ερωτήσεις προσπαθήσαμε να δούμε πόσο οι συγκεκριμένες συχνές παρανοήσεις εμφανίζονται στους έλληνες μαθητές και πόσο αλλάζουν όσο τα παιδιά μεγαλώνουν. Με τις ανοιχτές ερωτήσεις προσπαθήσαμε να δούμε πώς ακριβώς σκέφτονται και πόσο η σκέψη τους έχει επηρεαστεί από τη διδασκαλία ή όχι, πέρα από τις συγκεκριμένες παρανοήσεις.
Με δεδομένο ότι η διάλυση είναι ένα πολύ οικείο φαινόμενο, είναι εντυπωσιακό το γεγονός ότι οι μαθητές έχουν αρκετές δυσκολίες στην κατανόησή του. Εξίσου εντυπωσιακή είναι η

ανθεκτικότητα που εμφανίζουν οι παρανοήσεις που περιγράψαμε στους μεγαλύτερους μαθητές παρά τη διδασκαλία των διαλυμάτων.

Φαίνεται λοιπόν στις απαντήσεις οι μεγάλες αδυναμίες που έχουν οι μαθητές όχι μόνο στο θέμα της διάλυσης αλλά συνολικά στη Χημεία γιατί δεν μπορούν να οργανώσουν καθόλου τη σκέψη τους, ούτε να χρησιμοποιήσουν όρους και επιχειρήματα με βάση τη διδασκαλία που έχουν δεχθεί. Επιμένουν σε απλές περιγραφές μεμονωμένων μεταβολών με τη βοήθεια ιδιοτήτων σύμφωνα με την καθημερινή εμπειρία. Δεν μπορούν να κάνουν συχνά διάκριση μεταξύ περιγραφής και εξήγησης και επαναλαμβάνουν περιγραφές του φαινόμενου όταν τους ζητείται να δώσουν εξηγήσεις. Χαρακτηριστικό επίσης είναι ότι δεν μπορούν να κάνουν γενικεύσεις και συσχετίσεις των μεταβολών και επιμένουν να εστιάζονται σε επιμέρους μεταβολές του διαλύτη ή της διαλυμένης ουσίας. Οι αδυναμίες τους είναι σε πολλαπλά επίπεδα. Δεν είναι μόνο το ατομικό-μοριακό μοντέλο που τους δυσκολεύει και οι εξηγήσεις των φαινομένων μέσω αυτού, αλλά και η κατανόηση της μακροσκοπικής θεωρίας επίσης.

Οι μαθητές χρησιμοποιούν με εναλλακτικό τρόπο τα όσα έχουν διδαχτεί γεγονός που επιβεβαιώνει τη μεγάλη απόσταση που χωρίζει την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών από τη διδασκαλία της Χημείας. Η σκέψη τους συνεχίζει να κυριαρχείται από μια μακροσκοπική θεώρηση των υλικών σωμάτων, που είναι συμβατή με τη συνεχή και στατική κατανόησή της. Όμως οι χημικές γνώσεις όπως διδάσκονται είναι οργανωμένες στη βάση της δυναμικής θεώρησης της ύλης και της διάλυσης ως σχέσης αλληλεπίδρασης μεταξύ ουσιών. Οι μαθητές όμως συνδυάζουν τα όσα διδάσκονται με όσα ήδη γνωρίζουν, χωρίς να αντιλαμβάνονται τη διαφορετικότητα μεταξύ τους, με αποτέλεσμα την εμφάνιση παρανοήσεων και εναλλακτικών αντιλήψεων.

Απαιτείται λοιπόν, να μετακινηθούν οι μαθητές από τις αρχικές τους απόψεις, που βασίζονται στην καθημερινή εμπειρία, σε μια κατανόηση των όσων διδάσκονται. Για τον λόγο αυτό, πρέπει η διδασκαλία να βασίζεται στον τρόπο που σκέφτονται οι μαθητές και στα όσα παρεμποδίζουν τη διαδικασία μάθησης.

5. Βιβλιογραφία

Βεργέτη, Α. (2012). *Οι νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών Δ΄ και Ε' τάξης του Ελληνικού Δημοτικού Σχολείου για τα διαλύματα.* Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Διδακτική των Θετικών Επιστημών, Σχολή Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και της Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, Ελλάδα.

Βοσνιάδου, Σ., Βαμβακούση Ξ. & Σκοπελίτη Ε. (2008). Το πρόβλημα της εννοιολογικής αλλαγής στην ψυχολογία. *Νόησις, 3*(1), 137-180.

Γκικοπούλου, Ο. & Βοσνιάδου, Σ. (2012). Επανακατηγοριοποίηση υλικών σωμάτων και φυσικές μεταβολές της ύλης. *Ψυχολογία, 19*(1), 1-21.

Κουκά, Ά., Βοσνιάδου, Σ. & Τσαπαρλής Γ. (2013). Η κατανόηση του νερού ως διαλύτη: Εξέλιξη μερικών αντιλήψεων των μαθητών από το δημοτικό μέχρι το λύκειο. *Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Βόλος 26-28 Απριλίου 2013,* 382-390.

Abraham, M.R., Williamson, V.M. & Westbrook, S.L. (1994). A Cross-Age Study of the Understanding of Five Chemistry Concepts. *Journal of research in science Teaching, 31*(2), 147-165.

Adadan, E. & Savasci, F. (2012). An analysis of 16-17-year-old students' understanding of solution chemistry concepts using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education, 34*(4), 513-544.

Blanco, A. & Prieto, T. (1997). Pupils' views on how stirring and temperature affect the dissolution of a solid in a liquid: a cross-age study (12 to 18). *International Journal of Science Education, 19*(3), 303-315.

Calık, M. & Ayas, A. (2005). A cross-age study on the understanding of chemical solutions and their components. *International Education Journal, 6*(1), 30-41.

de Berg, K. (2012). A study of first-year chemistry students' understanding of solution concentration at the tertiary level. *Chemistry Education Research and Practice, 13,* 8-16.

Ebenezer, J.V. (2001). A Hypermedia Environment to Explore and Negotiate Students' Conceptions: Animation of the Solution Process of Table Salt. *Journal of Science Education and Technology, 10*(1), 73-92.

Ebenezer, J.V. & Erickson, G.L. (1996). Chemistry Students' Conceptions of Solubility: A Phenomenography. *Science Education 80*(2), 181-201.

Fensham, P. & Fensham, N. (1987). Descriptions and frameworks of solutions and reactions in solutions. *Research in Science Education, 17*(1), 139-148.

Goodwin, A. (2002). Is Salt Melting When It Dissolves in Water?. *Journal of Chemical Education, 79*(3), 393-396.

Kabapinar, F., Leach, J. & Scott, P. (2004). The design and evaluation of a teaching–learning sequence addressing the solubility concept with Turkish secondary school students. *International Journal of Science Education, 26*(5), 635-652.Raviolo, A. (2001). Assessing Students' Conceptual Understanding of Solubility Equilibrium. *Journal of Chemical Education, 78*(5), 629-631.

Pinarbasi, T., Canpolat, N., Bayrakceken, S. & Geban, O. (2006). An Investigation of Effectiveness of Conceptual Change Text-oriented Instruction on Students' Understanding of Solution Concepts. *Research in Science Education 36*, 313-335.

Taber, K.S. & García-Franco, A. (2010). Learning Processes in Chemistry: Drawing Upon Cognitive Resources to Learn About the Particulate Structure of Matter. *Journal of the Learning Sciences, 19*(1), 99-142.

Uzuntiryaki, E. & Geban, O. (2005). Effect of conceptual change approach accompanied with concept mapping on understanding of solution concepts. *Instructional Science, 33*, 311–339.

ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΘΕΡΜΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΑΠΟ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΦΥΣΙΚΟΥ

Γεώργιος Στύλος[1], *Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης*[2]
[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2] ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη
Η παρούσα εργασία, η οποία αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας, παρουσιάζει τα αποτελέσματα από ποσοτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε φοιτητές του Φυσικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με τις αντιλήψεις τους σε θερμικά φαινόμενα. Για αυτό το σκοπό, χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο ανοικτού τύπου αποτελούμενο από ερωτήσεις οι οποίες έχουν ως θέμα τη μεταφορά θερμότητας και την αγωγιμότητα στην καθημερινή ζωή. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως η συντριπτική πλειοψηφία των φοιτητών έχει εσφαλμένες αντιλήψεις για τις διάφορες έννοιες των θερμικών φαινομένων και αναδεικνύει τη σύγκρουση ανάμεσα στις εμπειρίες της καθημερινότητας και του επιστημονικού προτύπου στην ερμηνεία φαινομένων.

Abstract
This paper, as a part of a wider quantitative research, presents the results that emerged from postgraduate students at Physics' Department in University of Ioannina, about their perceptions of thermal effects. For this purpose, an open-ended questionnaire was used consisted of questions related to heat transfer and conductance in everyday life contexts. The results showed that the majority of students has misconceptions about the various concepts of thermal effects and demonstrates the conflict between everyday experience and scientific model in the explanation of phenomena.

1. Εισαγωγή

Οι Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) αποτελούν ένα πολύπλοκο και ευρύ επιστημονικό πεδίο και η έρευνα στην εκπαίδευση των Φ.Ε. είναι γεμάτη από παρανοήσεις και δυσκολίες μαθητών και φοιτητών στη μάθηση τους (Garbett 2011). Αυτές οι παρανοήσεις είναι επίμονες και δύσκολα αλλάζουν σε συνδυασμό με τις παραδοσιακές πρακτικές που αξιοποιούν οι εκπαιδευτικοί στο πλαίσιο της διδασκαλίας τους. Αυτό έχει ως επακόλουθο πολλοί μαθητές σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης, από την πρωτοβάθμια έως την τριτοβάθμια εκπαίδευση, να προσεγγίζουν και να εξηγούν καθημερινά φαινόμενα και καταστάσεις στηριζόμενοι στις εναλλακτικές αντιλήψεις τους (Chu et al. 2012). Η θερμότητα και γενικότητα η θερμοδυναμική αποτελούν σημαντικά θέματα στη διδασκαλία της Φυσικής, διότι είναι θεμελιώδεις έννοιες για περιοχές όπως η ενέργεια και η μηχανική και εφαρμόζονται σε πολλούς τομείς της Φυσικής, της Χημείας και της Τεχνολογίας. Σύμφωνα με τον Hewitt (2005) η θερμοκρασία είναι ανάλογη με τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων. Επιπλέον, όταν δύο σώματα διαφορετικής θερμοκρασίας έρθουν σε επαφή, ενέργεια (θερμότητα) ρέει από το σώμα με την υψηλότερη θερμοκρασία στο σώμα με την χαμηλότερη θερμοκρασία. Επομένως, η θερμότητα, είναι η ενέργεια η οποία μεταβιβάζεται από ένα σώμα σε ένα άλλο εξαιτίας των διαφορετικών τους θερμοκρασιών, σταματάει να είναι θερμότητα όταν μεταβιβάζεται και όπως ένα σώμα δεν περιέχει έργο δεν περιέχει και θερμότητα. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε ότι

πολλοί φοιτητές έχουν παρανοήσεις για τη θερμότητα και τη θερμοκρασία όπως: θερμότητα και θερμοκρασία είναι το ίδιο, η θερμότητα εξαρτάται από την θερμοκρασία του αντικειμένου, η θερμότητα δεν είναι ενέργεια, τα σώματα περιέχουν θερμότητα κ.α. (Alwan 2010, Georgiou & Smalma 2012).
Το πιο σημαντικό για αυτές τις έννοιες είναι ότι μπορούν να φανούν χρήσιμες στην καθημερινότητα των μαθητών και των φοιτητών (Kruatong et al. 2006).
Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση τόσο των αντιλήψεων των φοιτητών σχετικά με έννοιες των θερμικών φαινομένων όσο και των εννοιολογικών συνδέσεων που πραγματοποιούν σε παρόμοιες καθημερινές καταστάσεις οι οποίες βασίζονται στην ίδια επιστημονική ερμηνεία.

2. Μεθοδολογία

Ερευνητικό εργαλείο

Οι δύο ερωτήσεις-σενάρια του ερευνητικού εργαλείου (ερωτηματολόγιο ανοικτού τύπου) προέρχονται από την προσαρμογή στα ελληνικά του αντίστοιχου ερωτηματολογίου των Georgiou and Sharma (2011). Οι φοιτητές κλήθηκαν για κάθε σενάριο να επιλέξουν την έννοια (ανάμεσα από πέντε έννοιες) που συνδέεται εννοιολογικά με την κάθε περίπτωση και στη συνέχεια να αιτιολογήσουν την επιλογή τους. Τα δύο σενάρια είναι τα εξής:
Σενάριο 1^{ο}: Όταν περπατάμε ξυπόλυτοι πάνω στα πλακάκια νιώθουμε μια σημαντική αίσθηση κρύου σε σχέση με όταν περπατάμε πάνω στα χαλιά.
Σενάριο 2^{ο}: Μια πολύ ζεστή μέρα του καλοκαιριού, ο Κωνσταντίνος αποφασίζει να αγοράσει ένα αναψυκτικό, το οποίο διατίθεται σε δύο συσκευασίες, γυάλινη και πλαστική. Επιλέγει το αναψυκτικό που το νιώθει πιο κρύο. Η επιλογή του είναι το αναψυκτικό με τη γυάλινη συσκευασία.
Οι έννοιες που έπρεπε να επιλέξουν είναι: Μεταφορά θερμότητας, Μεταφορά κρύου, Θερμοκρασία, Αγωγιμότητα, Μόνωση.

Το δείγμα

Ο πληθυσμός της έρευνας είναι 51 δευτεροετείς φοιτητές του Φυσικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων οι οποίοι δεν έχουν διδαχθεί έννοιες της θερμότητας στο πλαίσιο του προπτυχιακού προγράμματος.

Εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας

Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας της μέτρησης χρησιμοποιήθηκαν δύο κωδικογράφοι (Μπονίδης 2004). Ο βαθμός συμφωνίας ανάμεσα στους κωδικογράφους ελέγχθηκε με τον δείκτη Cohen's kappa και υπολογίστηκε στο 0,95 σε ένα δείγμα 10 ερωτηματολογίων με τη χρήση του Atlas.ti. Η εγκυρότητα των ερωτήσεων διασφαλίστηκε μέσω της πιλοτικής εφαρμογής σε πέντε φοιτητές του Φυσικού τμήματος κατά την οποία διαπιστώθηκε ότι η κάθε ερώτηση διερευνά αυτό που έχει οριστεί εξ αρχής.

3. Αποτελέσματα

Συνδέσεις ανάμεσα στην επιλεγόμενη έννοια και το επιστημονικό πρότυπο

Το πλήθος των φοιτητών που επέλεξε τις σωστές έννοιες και διατύπωσε τις αντίστοιχες εξηγήσεις οι οποίες είναι σύμφωνες με το επιστημονικό πρότυπο και στα δύο σενάρια ήταν

μόλις έξι (6). Οι συγκεκριμένοι φοιτητές επέλεξαν τις έννοιες της μεταφοράς θερμότητας ή της αγωγιμότητας και οι εξηγήσεις τους δεν εμφάνισαν αντιφατικές ερμηνείες.
Στο πρώτο σενάριο η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών (43) επιλέγει τις σωστές έννοιες οι οποίες συνδέονται άμεσα με την περίπτωση με τους περισσότερους εξ αυτών να επιλέγουν την μεταφορά θερμότητας (34) και λιγότεροι την αγωγιμότητα (7). Λιγότεροι, όμως, από τους μισούς (16) ερμηνεύουν και συνδέουν τις παραπάνω έννοιες επιτυχώς με το επιστημονικό πρότυπο (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Ο αριθμός των απαντήσεων στην επιλεγόμενη έννοια και η επιστημονική ερμηνεία για το 1^{ο} Σενάριο

Επιλεγόμενη έννοια	**Σενάριο 1** (Συχνότητες)	
	Επιλογή έννοιας	**Επιστημονική ερμηνεία**
Μεταφορά θερμότητας	*34*	15
Μεταφορά κρύου	1	
Θερμοκρασία	6	1
Αγωγιμότητα	*7*	1
Μόνωση	3	

Στο δεύτερο σενάριο, η συχνότητα της σωστής επιλογής της έννοιας πραγματοποιείται μόνο από 32 εκπαιδευτικούς. Πολλοί λιγότεροι σε σχέση με το πρώτο σενάριο επελέξαν την μεταφορά θερμότητας (8), καθώς οι περισσότεροι από αυτούς (24) χρησιμοποίησαν την έννοια της αγωγιμότητας. Μόλις 8 από αυτούς ερμηνεύουν το φαινόμενο σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Ο αριθμός των απαντήσεων στην επιλεγόμενη έννοια και η επιστημονική ερμηνεία για το 2^{ο} Σενάριο

	Σενάριο 2 (Συχνότητες)	
Επιλεγόμενη έννοια	**Επιλογή έννοιας**	**Επιστημονική ερμηνεία**
Μεταφορά θερμότητας	*8*	2
Μεταφορά κρύου	2	
Θερμοκρασία	5	
Αγωγιμότητα	*24*	6
Μόνωση	10	2

Η επιλογή της έννοιας δεν είναι απλά η επιστημονική έννοια που αντιπροσωπεύει. Εμπλέκει μια πολύπλοκη σχέση ανάμεσα στην κατανόηση της έννοιας από τους φοιτητές και των απόψεών τους για την καταλληλότητα της έννοιας σε κάθε σενάριο (Georgiou & Sharma

2011). Σύμφωνα με την κοινωνικοπολιτισμική θεωρία, η επιλογή και η αντίστοιχη εξήγηση ενσωματώνουν την αλληλοσύνδεση ανάμεσα σε δύο πολιτισμικές καταστάσεις τις οποίες ένας μαθητής φέρνει στη τάξη, της κατάστασης των δικών τους εμπειριών και της κατάστασης της επιστημονικής εξήγησης (John-Steiner & Mahn 1996). Επίσης, το αποτέλεσμα δείχνει πως οι επιστημονικές έννοιες υποκρύπτουν διαφορετικές υποβόσκουσες κατανοήσεις από τους φοιτητές σε παρόμοια καθημερινά πλαίσια.

Εναλλακτικές αντιλήψεις

Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των φοιτητών είναι σύμφωνες με αυτές που έχουν καταγραφεί στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία τόσο σε φοιτητές (Chiou & Anderson 2010, Georgiou & Sharma 2011, Ολυμπίου & Ζαχαρία 2009) όσο και σε μαθητές (Σκουμιός & Χατζηνινήτα, 2000, Τσιχουρίδης κ.α. 2009) αλλά και σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Κώτσης & Κοτσίνας 2011). Ειδικότερα, η θερμότητα εμφανίζει χαρακτηριστικά ουσίας, εμφανίζεται με δύο οντότητες (θερμότητα, ψύχος) και εξαρτάται από ορισμένα χαρακτηριστικά του σώματος (σύσταση, μέγεθος). Επίσης, το κρύο μπορεί να μεταφερθεί και η θερμοκρασία μεταφέρεται. Τέλος, αρκετοί φοιτητές εξηγούν τα παραπάνω φαινόμενα με όρους ιδιοτήτων των σωμάτων και δράσης του ενός σώματος πάνω στο άλλο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικές από τις απαντήσεις των φοιτητών οι οποίες και αναδεικνύουν τις παρανοήσεις τους κατηγοριοποιημένες ανάλογα με το περιεχόμενο τους.

Χαρακτηριστικά υλικού:

«Είναι κατάλληλη η σύσταση του υλικού»

«Πιστεύω ότι επειδή το χαλί αποτελείται από διαφορετικό υλικό από το πλακάκι και λόγω της λείας επιφάνειας στο πλακάκι μεταφέρεται πιο εύκολα θερμότητα από το πόδι και αυτό αντιλαμβανόμαστε σαν πιο κρύα ενώ έχουν την ίδια θερμοκρασία»

«Μεταφορά θερμότητας λόγω διαφορετικού υλικού και λείας επιφάνειας»

«Το πάχος του γυαλιού του μπουκαλιού είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό της πλαστικής συσκευασίας. Έτσι η θερμοκρασία του γυαλιού διατηρείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας»

«Το γυαλί σε αντίθεση με το πλαστικό παγώνει αν τοποθετηθεί σε χαμηλές θερμοκρασίες»

«Το γυαλί καλύτερο μονωτικό υλικό από το πλαστικό»

«Μπορεί να οφείλεται στο ότι τα διαφορετικά υλικά και η μορφή της επιφάνειας στο πιο πάνω φταίει για την διαφορετική αίσθηση επειδή μεταφέρεται με διαφορετικό τρόπο η θερμότητα από το σώμα μας στο υλικό, ίσως όμως να είναι και θέμα μόνωσης»

Μεταφορά θερμοκρασίας:

«Καθώς περπατάει ξυπόλυτος μεταφέρει τη δική του θερμοκρασία στα πλακάκια και παίρνει αυτός τη θερμοκρασία από τα πλακάκια τα οποία είναι κρύα»

«Από το γυαλί μεταφέρεται καλύτερα η θερμοκρασία, έτσι εχουμε μεταφορά κρύου»

«Η γυάλινη συσκευασία θα κρατάει το αναψυκτικό πιο κρύο γιατί δεν απορροφά τον ήλιο όσο η πλαστική»

«Το γυαλί είναι καλύτερος αγωγός θερμοκρασίας»

«*Τα σώματα έχουν διαφορετική θερμοκρασία από αυτήν του δωματίου και αυτό συμβαίνει λόγω της μεταφορά θερμοκρασίας*»

Μεταφορά κρύου:

«Μεταφορά κρύου γιατί το γυαλί πάνω στο γυμνό χέρι εκπέμπει περισσότερη θερμοκρασία (κρύο) άρα αυτό νιώθει πιο κρύο»

«Το σώμα μας έχει διαφορετική θερμοκρασία από τα πλακάκια και για αυτό όταν η επιφάνεια του ποδιού έρχεται σε επαφή με τα πλακάκια που η θερμοκρασία τους είναι χαμηλότερη, μεταφέρεται κρύο για να εξισορροπήσει το σύστημα»

«Τα πλακάκια είναι κρύα και άρα μεταφέρουν το κρύο στα πόδια, ενώ το χαλί είναι πιο ζεστό και μεταφέρει τη δική του θερμοκρασία»

«Μεταφορά κρύου γιατί το γυαλί πάνω στο γυμνό χέρι εκπέμπει περισσότερη θερμοκρασία (κρύο) άρα αυτό νιώθει πιο κρύο»

«…επομένως αφού το πλαστικό και το γυαλί είναι δύο διαφορετικά υλικά, άρα από το γυαλί περνάει η θερμότητα (κρύο) γρηγορότερα»

Μεταφορά θερμότητας από το ψυχρό στο θερμό:

«Μεταφέρεται θερμότητα από το ψυχρότερο στο θερμότερο»

«Και τα δύο έχουν την ίδια θερμοκρασία αλλά η γυάλινη εκλαμβάνει πιο αργά θερμότητα από το τενεκεδάκι»

«Θεωρώ πως έχουμε μεταφορά θερμότητας και στο συγκεκριμένο παράδειγμα από το ψυχρό σώμα (πλακάκια) σε σχέση με το θερμό σώμα (σώμα ανθρώπου) η οποία είναι βασική αρχή της θερμοδυναμικής (γνώσεις από το σχολείο)»

Μονωτικές ιδιότητες:

«Λογικά και τα δύο αναψυκτικά έχουν την ίδια θερμοκρασία, αλλά το πλαστικό έχει καλύτερη μόνωση και έτσι ο Κωνσταντίνος δεν μπορεί να νιώσει κρύο όταν το ακουμπάει»

«Το πλαστικό χρησιμοποιείται σαν μονωτής»

«Το γυαλί έχει καλύτερη μόνωση από το πλαστικό»

«Το γυαλί είναι καλύτερο μονωτικό υλικό από το πλαστικό»

«Γιατί το χαλί κρατάει τη θερμότητα

«Η γυάλινη συσκευασία αποτελεί καλύτερο μονωτή της θερμοκρασίας με αποτέλεσμα να διατηρεί το αναψυκτικό περισσότερη ώρα παγωμένο από την πλαστική συσκευασία»

«…διότι το χαλί είναι μονωτής της θερμότητας»

Σώματα στις ίδιες συνθήκες με διαφορετικές θερμοκρασίες:

«Τα πλακάκια έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία από το χαλί»

«Αν αφήσουμε και τα δύο υλικά (γυάλινο, πλαστικό) στην ίδια θερμοκρασία πχ στο ψυγείο τότε το γυάλινο θα πιάσει χαμηλότερη θερμοκρασία επειδή ίσως συμπεριφέρεται και περισσότερο σαν αγωγός του κρύου»

«Η θερμοκρασία είναι πιο χαμηλή στην επιφάνεια στο πλακάκι και πιο ψηλή στο χαλί».

4. Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία αναδεικνύει ότι οι φοιτητές έχουν στην πλειοψηφία τους λανθασμένες αντιλήψεις για τα θερμικά φαινόμενα. Η καθημερινή εμπειρία τους με τον κόσμο προκαλεί σύγκρουση και ανάπτυξη εναλλακτικών εννοιολογικών μοντέλων για την ερμηνεία καθημερινών φαινομένων όταν καλούνται να εξηγήσουν ένα θερμικό φαινόμενο με αποτέλεσμα να οδηγούνται σε λανθασμένες ερμηνείες (Georgiou & Sharma 2011, Vosniadou 1994). Επίσης, αναδεικνύεται το ευρύ φάσμα των διαφορετικών ιδεών που έχουν οι φοιτητές σε μια οικεία για αυτούς κατάσταση και πόσο σημαντική είναι η διερεύνηση των εναλλακτικών αντιλήψεων διεξοδικά. Η προώθηση της κατανόησης των θερμικών φαινομένων μπορεί να επιτευχθεί μέσω της διερεύνησης για το τι κάνουν οι φοιτητές, τι δεν κατανοούν και για ποιο λόγο (Georgiou & Sharma 2011) ούτως ώστε να ληφθούν υπόψη κατά τη διάρκεια των διδακτικών προσεγγίσεων.

5. Βιβλιογραφία

Κώτσης, Κ. & Κοτσίνας, Γ. (2011). Αντιλήψεις Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης για το ορατό φως. *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*, σελ. 533 - 541. http://www.7sefepet.gr, ημερομηνία πρόσβασης 05/09/16

Ολυμπίου, Γ. & Ζαχαρία, Ζ. (2009). Συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας του Πειραματισμού σε Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο ως προς την Επίτευξη Εννοιολογικής Κατανόησης στη Φυσική. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (Επ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών* (σ. 621–629). www.uowm.gr/kodifeet, ημερομηνία πρόσβασης 10/06/2016

Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα, θερμοκρασία και θερμικά φαινόμενα. *Επιθεώρηση της Φυσικής*, *31*, 58-71.

Τσιχουρίδης, Χ., Βαβουγυιός, Δ., και Ιωαννίδης, Γ. (2009). Διδακτική αξιοποίηση κατασκευαστικών δεξιοτήτων των μαθητών για τη μελέτη φαινομένων μεταφοράς θερμότητας με χρήση νέων τεχνολογιών. *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών*. σελ. 886 - 894. http://www.uowm.gr/kodifeet, ημερομηνία πρόσβασης 10/10/16.

Alwan, A. (2011). Misconception of Heat and Temperature Among Physics Students. *International Conference on Education and Educational Psychology. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 12*, 600-614.

Chiou, G.-L. & Anderson, R. (2010). A multi-dimensional cognitive analysis of undergraduate physics students' understanding of heat conduction. *International Journal of Science Education, 32*(16), 29

Chu, H-E., Treagust, D.F., Yeo, S. & Zadnik, M. (2012). Evaluation of Students' Understanding of Thermal Concepts in Everyday Contexts. *International Journal of Science Education, 34*(10), 1509–1534., DOI: 10.1080/09500693.2012.657714

Garbett, D. (2011). Constructivism Deconstructed in Science Teacher Education. *Australian Journal of Teacher Education, 36*(6), 36-49. May 2011. Retrieved from ERIC database. (EJ936990)

Georgiou, H. & Sharma, M.D. (2011). University students' understanding of thermal physics in everyday contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education, 10*, 1119-1142

Kruatong, T., Sung-Ong, S., Singh, P. & Jones, A. (2006). Thai high school students' understanding of heat and thermodynamics. *Journal of Kasetsart*, *27*, 321-330.

Niaz, M. (2000). A Framework to Understand Students' Differentiation Between Heat Energy and Temperature and its Educational Implications. *Interchange*, *31*(1), 1-20. doi:10.1023/A:1007665712824

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change *Learning and Instruction*, *4*, 45-69.

ΣΤΑΣΕΙΣ – ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Μαρία Μπιμπούδη
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη
Η εργασία βασίζεται σε αποτελέσματα έρευνας –δράσης που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές/τριες Γ΄-Δ΄ τάξεις του δημοτικού σχολείου γύρω από τη στάσεις τους σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας πριν και μετά την παιδαγωγική δράση για την αφύπνιση της ενεργειακής συνείδησης με πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας στα πλαίσια εκπόνησης περιβαλλοντικού προγράμματος. Για το σκοπό της έρευνας, ζητήθηκε από τους 17 μαθητές/τριες να συμπληρώσουν ένα κατάλληλα διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο του πανευρωπαϊκού προγράμματος U4energy για την ενεργειακή εκπαίδευση που οργανώνεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Από την ανάλυση των απαντήσεων των συμμετεχόντων στο ερωτηματολόγιο προέκυψαν σημαντικά αποτελέσματα για τις στάσεις των μαθητών/τριών σχετικά με την εφαρμογή διαφόρων πρακτικών εξοικονόμησης ενέργειας.

Abstract
The work is based on –action research conducted on students / behavior shows 3rd grade-4 th grade of primary schools around their attitudes to energy saving issues before and after the educational action for the awakening of energy awareness in energy saving practices within drafting environmental program. For the purpose of the survey asked the 17 students / behavior shows to fill an appropriately designed questionnaire of pan-European U4energy program on energy education organized by the European Commission. An analysis of the responses of respondents to the questionnaire showed significantly effects on the attitudes of students / three on the applicability of various energy-saving practices.

1. Εισαγωγή

Στις μέρες μας παρατηρείται αύξηση στο ρυθμό ανάπτυξης και μια μη ορθολογική χρήση των πηγών ενέργειας. Όλα αυτά έχουν δημιουργήσει και εξακολουθούν να δημιουργούν έντονα προβλήματα κάλυψης της ενεργειακής ζήτησης (Ζωγόπουλος 2010). Μέσα σε μια τέτοια πραγματικότητα γίνεται αντιληπτή η προσπάθεια για εξεύρεση τρόπων μείωσης της κατανάλωσης ενέργειας, δίχως να επηρεάζονται οι συνθήκες άνεσης των χρηστών. Ενώ το ενεργειακό πρόβλημα είναι υπαρκτό, οι άνθρωποι φαίνεται πως στην καθημερινότητά τους δεν εξοικονομούν ενέργεια. Ίσως, γιατί δεν γνωρίζουν ότι πρέπει να εξοικονομούν ενέργεια. Ίσως, γιατί δε γνωρίζουν πού, πώς και γιατί πρέπει να εξοικονομούν ενέργεια.
Στο χώρο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ο μαθητικός πληθυσμός φαίνεται να αγνοεί τους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας, αλλά και δεν ενθαρρύνεται προς αυτή την κατεύθυνση, γιατί δεν υπάρχει διδακτικό εγχειρίδιο ή ενότητα σε κεφάλαιο που να περιγράφει μέτρα-πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας με έξυπνο-αποδοτικό τρόπο. Σε κανένα γνωστικό αντικείμενο δεν γίνεται διερεύνηση και αποσαφήνιση ων όρων εξοικονόμηση ενέργειας και ενεργειακής απόδοσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παραγνωρίζεται η ορθολογική και

αποδοτική χρήση της ενέργειας και κατά συνέπεια να εμφανίζεται μια αρνητική στάση απέναντι σε πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας.
Η ενεργειακή συνείδηση και η ορθή κατανάλωση της ενέργειας μπορεί να καλλιεργηθεί σε μικρές ηλικίες. Με τον τρόπο αυτό διαμορφώνονται συμπεριφορές φιλικές προς το περιβάλλον, δε γίνονται άσκοπα σπατάλες και ενισχύεται η ατομική δράση στην επίλυση του ενεργειακού προβλήματος του τόπου.
Υπάρχουν στο χώρο της Περιβαλλοντικής εκπαίδευσης προγράμματα που εκπονούνται για την ενέργεια. Επίσης, τα Κέντρα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης έχουν δημιουργήσει προγράμματα για την ενέργεια με δραστηριότητες και παιχνίδια για παιδιά. Αναφέρουμε χαρακτηριστικά το ΚΠΕ Καστοριάς, Μουζακίου, Αργυρούπολης, Ελευθερίου Κορδελιού και Αρχανών. Έχουν αναπτυχθεί διαδικτυακά παιχνίδια που πληροφορούν τα παιδιά για ενεργειακά ζητήματα στο πλαίσιο του έργου «10ACTION», όπως: Μειώστε την εκπομπή CO2. Ακόμη, από τη WWF έχει δημιουργηθεί εκπαιδευτικό παιχνίδι για τον υπολογισμό του ενεργειακού αποτυπώματος. Εκτός από αυτά, υπάρχει το πρόγραμμα 50/50, εδώ και περισσότερα από 15 χρόνια, βασισμένο στην καθοδήγηση του Ανεξάρτητου Ινστιτούτου για Περιβαλλοντικά Θέματα (Independent Institute for Environmental Issues – UFU) στο οποίο συμμετέχουν 9 εταίροι από διαφορετικές χώρες (Ισπανία, Γερμανία, Ιταλία, Φινλανδία, Ουγγαρία, Πορτογαλία, Πολωνία, Ελλάδα και Σλοβενία), με γνώση για τα μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας.
Ήδη από το 2010 η πρωτοβουλία U4energy από την Ευρωπαϊκή επιτροπή οργανώνει πανευρωπαϊκό διαγωνισμό για την ενεργειακή αποδοτικότητα και αφορά σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.
Έχουν κατασκευαστεί ιστοσελίδες πληροφοριακού χαρακτήρα και παιχνίδια για την εξοικονόμηση ενέργειας που απευθύνονται σε παιδιά, όπως http://www.energolab.gr/assets/media/games/wordsearch_greek_final.html, http://www.energolab.gr/assets/media/games/kremala_FINAL.html, http://learn-energy.managenergy.net/education/kidscorner/el/u11/u11.htm http://www.wwf.gr/footprint
Πρόκειται για πρωτοβουλίες που μπορούν νε ενταχθούν στη σχολική ζωή στα πλαίσια εθελοντικής δράσης των εκπαιδευτικών για τα θέματα της ενέργειας.
Η ορθή χρήση της ενέργειας ξεκινάει και από τον τρόπο που έχουν κατανοήσει την έννοια της ενέργειας. Όσον αφορά τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών για την ενέργεια, τις μορφές της και τη χρηστικότητά τους (Brook 1985; Driver et al. 1994; Κολιόπουλος 1997; Χρηστίδου 2001), φαίνεται κατ' αρχήν ότι αυτές είναι κοινές για όλα τα παιδιά, και ότι η ενέργεια γίνεται κατανοητή με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Θεωρείται (Gilbert & Pope 1985) ως: α) κάτι που σχετίζεται αποκλειστικά με έμψυχα αντικείμενα-ζωντανούς οργανισμούς, β) ένας αιτιατός παράγοντας που είναι αποθηκευμένος σε κάποια αντικείμενα, γ) κάτι που συσχετίζεται με τη δύναμη και την κίνηση, δ) ως καύσιμο, ε) ως ρευστό ή ένα συστατικό ή ένα προϊόν (Driver et al. 1994).

2. Μεθοδολογία

Πραγματοποιήθηκε εκπαιδευτική έρευνα δράσης στο πλαίσιο της σχολικής τάξης, κατά τη διάρκεια εκπόνησης περιβαλλοντικού προγράμματος με θέμα: «Εξοικονόμηση Ενέργειας». Πρόκειται για έρευνα, όπου με διδακτική παρέμβαση επιχειρήθηκε να βελτιωθούν οι πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας. Να εξεταστούν οι πρακτικές των μαθητών/τριών με στόχο να ελεγχθούν αν είναι οι ορθές και στη συνέχεια μέσω παιδαγωγικών δράσεων να βελτιωθούν. Χρησιμοποιήθηκαν δραστηριότητες διαθεματικότητας με οριζόντια διασύνδεση όλων των γνωστικών αντικειμένων προκειμένου να αναπτυχθούν δεξιότητες και τεχνικές εξοικονόμησης ενέργειας. Σε πρώτη φάση με καταιγισμό ιδεών καταγράφηκαν οι ιδέες-

υποθέσεις για την έννοια της ενέργειας και προτάσεις από την καθημερινή ζωή που εμπεριέχουν τη λέξη ενέργεια. Συγκεντρώθηκαν και παρουσιάστηκαν βιβλία για την εξοικονόμηση ενέργειας, τα παιδιά έφτιαξαν δικό τους βιβλιόδεντρο για την ενέργεια, όπου σε κάθε φύλλο υπήρχε το όνομα του συγγραφέα, ο τίτλος του βιβλίου και μικρή περίληψη για το περιεχόμενο. Τους δόθηκε η δυνατότητα να ενημερωθούν, να προβληματιστούν, να συνειδητοποιήσουν την ανάγκη υιοθέτησης μιας ενεργειακής συμπεριφοράς για την προστασία του περιβάλλοντος. Σε επόμενο βήμα ανακάλυψαν, πειραματίστηκαν, γνώρισαν τις μορφές ενέργειας. Ερεύνησαν την κατανάλωση ενέργειας που κάνουν στο σπίτι τους. Στο τέλος κατασκεύασαν νερόμυλους, ανεμόμυλος, οικο-συσκευές εξοικονόμησης ενέργειας με την ενεργειακή σήμανση από χαρτόκουτα, ενεργειακές οικίες και μη ενεργειακές, όπου έγιναν συγκρίσεις. Έγραψαν και παρουσίασαν ποιήματα και θεατρικό έργο για την εξοικονόμηση ενέργειας.

Εφαρμόστηκε η ομαδοσυνεργατική μέθοδος διδασκαλίας κατά την οποία οι μαθητές/τριες οργανώθηκαν σε ομάδες 4-5 μελών σχολικής εργασίας για να υλοποιήσουν τις δραστηριότητες, χωρίς την άμεση και κατευθυνόμενη επίβλεψη του εκπαιδευτικού. Η αλληλεπίδραση και η επικοινωνία ανάμεσα στις ομάδες είχε ως αποτέλεσμα να λειτουργούν υπεύθυνα και δημιουργικά κάνοντας υποθέσεις, συσχετίσεις, διευκρινήσεις και επαληθεύσεις.

Αφετηρία της έρευνας αποτέλεσε το ενεργειακό ζήτημα, μια προβληματική κατάσταση που χρειάζεται βελτιωτικές παρεμβάσεις. Ως τεχνική συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο του πανευρωπαϊκού προγράμματος U4energy για την ενεργειακή εκπαίδευση που οργανώνεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή. Επιλέξαμε εκείνες τις ερωτήσεις που αφορούν την εξοικονόμησης της ενέργειας. Το ερωτηματολόγιο μοιράστηκε πριν και μετά την παιδαγωγική παρέμβαση με χρονική διάρκεια οκτώ μηνών. Συμμετείχαν συνολικά 17 μαθητές Γ΄-Δ΄ τάξεων του τριθεσίου Πειραματικού Δημοτικού Σχολείου του Πανεπιστημίου Αθηνών. Παιδιά ηλικίας 8-9 ετών.

Η πρακτική έρευνα δράσης επιδίωκε την ανάπτυξη της πρακτικής γνώσης για την ορθολογική χρήση της ενέργειας μέσω της ανακάλυψης των νοημάτων και των γνώσεων που ενσωματώνονται στην πρακτική. Την κατανόηση της σημασίας της εξοικονόμησης ενέργειας και την καλλιέργεια της περιβαλλοντικής συνείδησης στους χρήστες της. Την ορθή και συστηματική πληροφόρηση με σκοπό την ευαισθητοποίηση σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας και την αλλαγή του τρόπου συμπεριφοράς τους, ώστε να μειωθεί η ενεργειακή κατανάλωση.

3. Αποτελέσματα

Βάσει του ερωτηματολογίου προκύπτει ότι οι συνήθειες των μαθητών οδηγούν σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας αρχικά πριν την παρέμβαση λόγω της ελλιπούς ενημέρωσης. Η καθημερινή συνήθεια του σβησίματος του φωτός, όταν δεν χρησιμοποιείται από 16% πριν, αλλάζει σε 65% μετά την παρέμβαση (βλ. πίνακα1). Δεν γίνεται αντιληπτό ότι κάποιες ηλεκτρικές συσκευές, ακόμα και όταν το κουμπί βρίσκεται σε θέση off καταναλώνουν ηλεκτρικό ρεύμα σε ποσοστό 16% ενώ, μετά την παρέμβαση διαπιστώνεται κάποια αλλαγή στην κατανάλωση σε ποσοστό 85% (βλ. Πίνακα1).

Πίνακας 1: Κατανάλωσης ηλεκτρικού ρεύματος

		ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
1. Σβήνεις την οθόνη του υπολογιστή, όταν δεν το χρησιμοποιείς;	Μερικές φορές	30%	18%
	Ποτέ	62%	1%

	Πάντα	8%	81%
2. Σβήνεις το φως, όταν είσαι ο τελευταίος στο δωμάτιο;	Ναι	16%	65%
	Όχι	55%	8%
	Μερικές φορές	29%	27%
3. Όταν δεν χρησιμοποιείς τον υπολογιστή σου…	Τον σβήνεις	13%	85%
	Τον αφήνεις standby	67%	15%
	Τον αφήνεις αναμμένο	20%	0%

Όσον αφορά την κατανάλωση του νερού διαπιστώνεται ότι γίνεται σπατάλη τόσο από τα ίδια τα παιδιά κατά την προσωπική χρήση σε ποσοστό 66% όσο και από τους γονείς τους για καθαρισμό αυτοκινήτου σε ποσοστό 80% πριν την παρέμβαση, ενώ αλλάζει κάπως μετά σε 4% και 38% αντίστοιχα (βλ. Πίνακα 2).

Πίνακας 2: Κατανάλωσης νερού

		ΠΡΙΝ	**ΜΕΤΑ**
1. Όταν πλένεσαι στο σπίτι, συνήθως κάνεις	Μπάνιο	12%	3%
	Ένα μεγάλο διάρκειας ντους	59%	9%
	Ένα μικρής διάρκειας κλείνοντας τη βρύση όσο πλένεσαι	29%	88%
2. Στο βούρτσισμα των δοντιών	Αφήνεις το νερό να τρέχει	66%	4%
	Κλείνεις τη βρύση, όταν δε χρησιμοποιείς νερό.	34%	96%
3. Οι γονείς πλένουν το αυτοκίνητο	Δεν έχουν αυτοκίνητο	2%	2%
	Μια ή δυο φορές το μήνα με νερό από κουβά	8%	60%
	Μια φορά την εβδομάδα με λάστιχο	80%	38%

Σχετικά με την ανακύκλωση και τη διαχείριση των αποβλήτων παρατηρείται πως μερικές φορές εξετάζεται το αντίκτυπο της συσκευασίας, όταν γίνεται αγορά ενός προϊόντος σε ποσοστό 1% από παιδιά και γονείς, ενώ μετά το 40% παρατηρεί τα προϊόντα (βλ. Πίνακα 3). Στο σπίτι δε συνηθίζεται η ανακύκλωση των αποβλήτων σε ποσοστό 39%, ενώ μετά σε ποσοστό 57%. Η εκτύπωση αρχείων γίνεται πολύ συχνά σε ποσοστό 65%., ενώ μειώνεται μετά σε ποσοστό 30%. Κατά την εκτύπωση δεν γίνονται επιλογές εξοικονόμησης χαρτιού σε ποσοστό 90%, ενώ μετά ενώ δεν χρησιμοποιείται περίσσευμα χαρτιού το οποίο έχει

εκτυπωθεί από τη μια πλευρά σε ποσοστό 86%, πριν την παρέμβαση, ενώ η στάση βελτιώθηκε ως προς την ορθολογικότερη χρήση των προϊόντων σε ποσοστό 57% μετά την παρέμβαση (βλ. Πίνακα 3).

Πίνακας 3: Ανακύκλωσης και διαχείρισης αποβλήτων

		ΠΡΙΝ	ΜΕΤΑ
1. Όταν αγοράζετε κάποιο προϊόν, εξετάζετε τον αντίκτυπο της συσκευασίας.	Ναι	1%	40%
	Μερικές φορές	76%	52%
	Όχι, ποτέ	23%	8%
2. Στο σπίτι γίνεται ανακύκλωση αποβλήτων, όπως μπουκάλια, αλουμινένια κουτάκια, μπαταρίες και χαρτί.	Ναι	39%	57%
	Όχι.	61%	43%
3. Εκτυπώνετε αρχεία	Σπάνια	10%	35%
	Πολύ συχνά	65%	30%
	Μερικές φορές	25%	35%
4. Όταν εκτυπώνετε ή φωτοτυπείτε αρχεία κάνετε επιλογές εξοικονόμησης χαρτιού	Ναι	10%	45%
	Όχι	90%	55%
5. Χρησιμοποιείτε τα περισσεύματα χαρτιού που έχει εκτυπωθεί από τη μια πλευρά, σαν πρόχειρο	Ναι	14%	57%
	Όχι	86%	43%

4. Συμπεράσματα

Η ανάγκη για υπεύθυνη περιβαλλοντική εκπαίδευση σε ζητήματα εξοικονόμησης ενέργειας φαίνεται άμεση.

Ο στόχος μιας αγωγής που θα αφορά την ενέργεια είναι η διαμόρφωση πολιτών με κατάλληλες στάσεις και συμπεριφορά απέναντι στο περιβάλλον, ο εφοδιασμός με τις απαραίτητες γνώσεις-πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας μέσα από την καθημερινή ζωή, η απόκτηση δεξιοτήτων για την αναγνώριση των ενεργειακών ζητημάτων και η ευαισθητοποίηση σε θέματα προστασίας και βελτίωσης του περιβάλλοντος (Δημητρίου 2008).

Προκειμένου να τροποποιηθούν οι στάσεις είναι αναγκαία η καταγραφή των προσωπικών στάσεων των μαθητών/τριών για την εξοικονόμηση ενέργειας, ώστε να αξιοποιηθούν στη μαθησιακή διαδικασία τόσο κατά την ανάπτυξη διδακτικών πρακτικών όσο και στην ανάπτυξη κατάλληλου παιδαγωγικού υλικού.

Μια τέτοια προσέγγιση επιφέρει αλλαγές στις στάσεις μια και ερευνητικές εργασίες έχουν αποδείξει την συσχέτιση των περισσότερων γνώσεων σε περιβαλλοντικά ζητήματα με θετικότερες στάσεις (Fortner and Teater 1980, Forther and Mayer 1983, Αναστόπουλος 2005, Αναστασάτος 2005). Ωστόσο, υπάρχει και η άποψη ότι η υψηλότερη γνώση δε συνοδεύεται πάντα με θετικότερες στάσεις (Αϊβάζίδης 2000). Αδιαμφισβήτητο είναι το γεγονός ότι η γνώση των πρακτικών εξοικονόμησης ενέργειας και η ευαισθητοποίηση οδηγούν σε

ορθολογικότερη χρήση της ενέργειας, σε σωστότερες πρακτικές και στην ανάληψη ατομικής δράσης.
Επομένως, κρίνεται αναγκαία η εισαγωγή γνωστικού αντικειμένου για την εξοικονόμηση ενέργειας είτε αυτόνομου είτε ως ξεχωριστή ενότητα στο πλαίσιο της Μελέτης του Περιβάλλοντος ήδη από την Τρίτη τάξη του δημοτικού σχολείου με τρόπο αναλυτικό και με συγκεκριμένες πρακτικές εφαρμογές βάσει του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών. Στην Α΄ τάξη υπάρχει μόνο η τέταρτη ενότητα που αναφέρεται στην ηλεκτρική ενέργεια στη ζωή μας και πώς κάνουμε οικονομία μόνο στην ηλεκτρική ενέργεια. Στη Β΄ τάξη γίνεται μια αναφορά σε μορφές ενέργειας και όχι σε πρακτικές εξοικονόμησης ενέργειας. Η συστηματική ενασχόληση με την ενέργεια ξεκινά στην Ε΄ τάξη στο πλαίσιο του μαθήματος «Φυσικά Δημοτικού. Ερευνώ και ανακαλύπτω», θα μπορούσε και πιο νωρίς να γίνει μια παιδαγωγική διαθεματική προσέγγιση του θέματος. Η παρούσα εργασία αποδεικνύει πως κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί και σε μικρότερες ηλικίες. Ας μην ξεχνάμε ότι αρκετοί εκπαιδευτικοί εκπονούν προγράμματα με θέμα την ενέργεια στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης. Μια τέτοια, όμως πρωτοβουλία είναι προαιρετική εφαρμόζεται από ορισμένους εκπαιδευτικούς σε συγκεκριμένες τάξεις και δεν αφορά όλο το μαθητικό πληθυσμό της χώρας. Η γνώση και η κατανόηση πρακτικών εξοικονόμησης ενέργειας μέσω της μαθησιακής διαδικασίας είναι απαραίτητες για να αναδειχθούν οι σωστότερες χρήσεις, να βγουν συμπεράσματα, να αλλαχτούν συμπεριφορές που οδηγούν σε προσωπική δράση αναλογίζοντας την ατομική ευθύνη στην προστασία του περιβάλλοντος (Φλογαΐτη 2006). Μέσω της διδασκαλίας μπορούν να τροποποιηθούν οι στάσεις, να αναπτυχθούν θετικές προδιαθέσεις για την εφαρμογή πρακτικών εξοικονόμησης ενέργειας.

5. Βιβλιογραφία

Αϊβαζίδης Α (2000). «Τεχνολογία και διαχείριση υγρών αποβλήτων, τόμος Ι και ΙΙ», Πανεπιστημιακά συγγράμματα, Ξάνθη 2000.

Αναστασάτος, Ν.(2005). Σχολείο και περιβάλλον. Από τη θεωρία στην πράξη. Αθήνα: Ατραπός.

Αναστασόπουλος, Χ. (2005). Στάσεις των μαθητών του δημοτικού Σχολείου απέναντι στο θαλάσσιο περιβάλλον, Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστημίου Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού. Ρόδος.

Δημητρίου Α. (2008), ποιότητα Περιβάλλοντος 7 & Κοινωνικές Ανισότητες- Ο ρόλος της περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης. Συνέδριο: Κοινωνικές Ανισότητες και Ανισότητες- Εκπαίδευση. Αλεξανδρούπολη 28-30/3/2008.

Ζωγόπουλος, Ε. (2010). Συγγραφή καινοτόμου ενότητας (βιοκαύσιμα), ένταξη στο αναλυτικό πρόγραμμα και παρουσίαση αυτής με σύγχρονες μεθόδους διδασκαλίας. 2ο Συνέδριο Επιστημών εκπαίδευσης. Αθήνα: Μάιος 2010. Πρακτικά τόμος Α,σελ.449-457. ISBN : 978-960-299-249-3.

Καζέλα, Κ. (2009). *Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και Μάθηση στην Προσχολική Εκπαίδευση. Θεωρία και πρακτικές εφαρμογές.* Αθήνα: Εκδόσεις Οδυσσέας.

Κολιόπουλος, Δ. (1997). Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης αναλυτικού προγράμματος: Η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού και της μάθησης της έννοιας της ενέργειας. Διδακτορική διατριβή, ΤΕΕΑΠΗ Παν/μίου Πατρών.

Φλογαΐτη Ε.(2006). Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία. Αθήνα:Ελληνικά Γράμματα.

Χρηστίδου, Β. (2001). Ενέργεια. Στο Β. Κουλαϊδή κ.ά. (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, τόμος Β,*51-103, Πάτρα : Ε.Α.Π.

Brook, A. (1985). Children's understanding of ideas about energy: a review of the literature. In R. Driver &R. Millar (Eds) *Energy Matters*. University of Leeds, 33-45.

Gilbert, J. K. & Pope, M. L. (1986). Small Group Discussions About Conceptions in Science: a casestudy. *Research in Science & Technological Education*,*4*(1), 61–76.

Driver. R, Squires. A., Rushworth. P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Οικοδομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών. Μια Παγκόσμια Σύνοψη των ιδεών των μαθητών*. (Επιμ.) Κόκκοτας, Π.,(Μτφρ. Χατζή, Μ., Συνεργασία Σκουλά, Τ. – Ασημακοπούλου, Β.) Αθήνα: Τυπωθήτω.

Fortner W.R. and Teates G.T. (1980). Baseline studies for marine education: Experience related to marine Knowledge and attitudes. The Journal of Environmental Education, vol. 11, pp.11-19.

Fortner, W.R. and Mayer, J.V.(1983). Ohio Students; Knowledge and Attitudew adout thw Oceans and Great Lakes. Ohio Journal of Science, 5 (83), 281-224.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΥ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΣΤ΄ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΜΕ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ

Νικολέτα Γεκενίδου[1], *Παπαλεξόπουλος Παναγιώτης*[2]
Διονύσης Βαβουγυιός[3], *Φίλιππος Βλάχος*[3]
[1]Εκπαιδευτικός Ειδικής Αγωγής
[2]Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
[3]ΠΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει τις αρχικές ιδέες μαθητών ΣΤ΄ δημοτικού με μαθησιακές και άλλες δυσκολίες, όσον αφορά τις ιδιότητες των μαγνητών, τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και την αλληλεπίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος με το μαγνητικό πεδίο και την τροποποίησή τους ύστερα από την εξατομικευμένη διδακτική παρέμβαση που υλοποιήθηκε. Για την καταγραφή των ιδεών των μαθητών χορηγήθηκαν ερωτηματολόγια και πραγματοποιήθηκαν ατομικές συνεντεύξεις στην αρχή και τη λήξη της διαδικασίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διδακτική παρέμβαση με τη χρήση πειραμάτων προκαλεί θετικά αποτελέσματα όσον αφορά την τροποποίηση των απόψεων των μαθητών με μαθησιακές και άλλες δυσκολίες ανεξαρτήτως των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους, όπως προβλήματα λόγου, ανάγνωσης, περιορισμένου νοητικού δυναμικού κλπ.

Abstract
The purpose of this study is to investigate the initial students' ideas sixth grade with learning and other difficulties regarding the magnet's properties, the operation of the simple electrical circuit and the interaction of the electric current with the magnetic field and their modification after the individualized teaching approach that was implemented. For the recording of the students' ideas questionnaires were administered and personal interviews were held at the beginning and the end of the process. The results showed that the individualized teaching approach with the use of experiments causes positive effects on students with learning and other difficulties regardless of their specific characteristics, such as problems with speech, reading, limited mental capacity etc.

1. Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της προοπτικής για τη συνεκπαίδευση όλων των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες πραγματοποιήσαμε εξατομικευμένη διδακτική παρέμβαση σε μαθητές με μαθησιακές και άλλες δυσκολίες, οι οποίοι φοιτούσαν στη γενική τάξη και στο τμήμα ένταξης. Κατά τον σχεδιασμό της παρέμβασης λάβαμε υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά αυτών των παιδιών όπως προβλήματα στο λόγο, στην ανάγνωση κ.λπ. και τις αντίστοιχες διδακτικές προτάσεις που περιγράφονται στην βιβλιογραφία (Scruggs et al. 2010, Miller B. 2012). Έτσι κατά την παρέμβαση χρησιμοποιήσαμε την πολυαισθητηριακή προσέγγιση και την εκτέλεση πειραμάτων για τη διδασκαλία των ιδιοτήτων των μαγνητών, τη λειτουργία του

απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και την αλληλεπίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος με το μαγνητικό πεδίο (Hewitt 2004). Ερευνητικά πορίσματα δείχνουν ότι οι μαθητές αντιλαμβάνονται την μπαταρία ως πηγή του ηλεκτρισμού που φθείρεται με το πέρασμα του χρόνου, το ηλεκτρικό ρεύμα ως ρευστό (Tarciso & Gilbert 1999), τις μαγνητικές ιδιότητες ότι οφείλονται σε κάποια ουσία που βρίσκεται μέσα στο μαγνήτη (Βουτσινά & Ραβάνης 2007) και για την αλληλεπίδραση του μαγνητικού πεδίου με το ηλεκτρικό ρεύμα φαίνεται να την αντιλαμβάνονται χωρίς όμως να αιτιολογούν με ακρίβεια την αιτία έλξης των σωμάτων (Ravanis, Pantidos & Vitoratos 2009). Πιο συγκεκριμένα στόχος της εργασίας μας ήταν η καταγραφή των αρχικών ιδεών των μαθητών με μαθησιακές και άλλες δυσκολίες, οι οποίοι φοιτούσαν στη ΣΤ΄ τάξη δημοτικού σχολείου στο Βόλο, καθώς και η τροποποίησή τους μετά τη διδακτική παρέμβαση, όσον αφορά τις ιδιότητες των μαγνητών, τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και την αλληλεπίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος με το μαγνητικό πεδίο. Έτσι, τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνάς μας διαμορφώθηκαν ως εξής: α) ποιες ήταν οι αρχικές απόψεις/εναλλακτικές ιδέες των μαθητών με μαθησιακές και άλλες δυσκολίες όσον αφορά τις ιδιότητες των μαγνητών, τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και την αλληλεπίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος με το μαγνητικό πεδίο και β) ποιες από τις εναλλακτικές ιδέες τους τροποποιήθηκαν μετά τη συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση;

2. Μεθοδολογία/ Ερευνητικά ερωτήματα

Χαρακτηριστικά των μαθητών

Οι τέσσερις μαθητές που απετέλεσαν το δείγμα της έρευνας επιλέχθηκαν με κριτήριο την ηλικία τους και με απαραίτητη προϋπόθεση τη μη πρότερη ενασχόλησή τους με το κεφάλαιο του ηλεκτρομαγνητισμού. Ο μαθητής 1 και ο μαθητής 2, που φοιτούσαν στη γενική τάξη επιλέχθηκαν από τη δασκάλα του τμήματος, έτσι ώστε το γνωστικό τους επίπεδο, στο μάθημα της γλώσσας και των μαθηματικών, να μην αποκλίνει σημαντικά από αυτό της μαθήτριας 3 και του μαθητή 4, που φοιτούσαν στο τμήμα ένταξης.

Συγκεκριμένα, ο μαθητής 1 διακατέχονταν από χαμηλή αυτοεκτίμηση και παρουσίαζε χαμηλές επιδόσεις στις γλωσσικές ασκήσεις με σημαντικές δυσκολίες στην ορθογραφία και την ανάγνωση, ενώ στο μάθημα των μαθηματικών σημείωνε τις μεγαλύτερες ελλείψεις. Ο μαθητής 2 παρουσίαζε, όπως και ο μαθητής 1, αδυναμία στην ορθογραφία και την ανάγνωση, ενώ οι επιδόσεις του στα μαθηματικά ήταν μέτριες.

Η μαθήτρια 3 έχει διαγνωσθεί με γενικευμένες μαθησιακές δυσκολίες, που οφείλονται στο περιορισμένο νοητικό δυναμικό της. Παρουσίαζε προβλήματα λόγου και ομιλίας με δυσκολίες στην ανάγνωση, ενώ στον γραπτό λόγο συχνά μπέρδευε ή παρέλειπε γράμματα. Σημείωνε ορθογραφικά λάθη και ξεχνούσε να βάλει τόνους και σημεία στίξης. Όσον αφορά τα μαθηματικά παρουσίαζε δυσκολίες στους νοερούς υπολογισμούς αλλά και στους υπολογισμούς με τα δάχτυλα, το επίπεδό της στην πρόσθεση και την αφαίρεση ήταν χαμηλό, ενώ δεν είχε κατακτήσει την προπαίδεια και δεν είχε κατανοήσει την έννοια της διαίρεσης.

Ο μαθητής 4 δεν είχε μέχρι τη χρονική στιγμή της έρευνας επίσημη διάγνωση από εξειδικευμένο κέντρο. Παρουσίαζε στερεοτυπικές κινήσεις και εμμονές, χαρακτηρίζονταν ως καλός αναγνώστης και έγραφε προσεκτικά κάνοντας ευδιάκριτα γράμματα. Σχετικά με τα μαθηματικά δεν είχε κατακτήσει ορισμένες έννοιες, όπως των ποσοτήτων, δεν γνώριζε προπαίδεια και αντιμετώπιζε μεγάλες δυσκολίες στην αφαίρεση.

Συγκέντρωση και ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων

Τα ερευνητικά δεδομένα συγκεντρώθηκαν με τη μέθοδο των ερωτηματολογίων (pre-post test) και των ατομικών συνεντεύξεων. Συγκεκριμένα σε κάθε μαθητή χορηγήθηκε ένα αρχικό ερωτηματολόγιο, έτσι ώστε να καταγραφούν οι αρχικές ιδέες των μαθητών για τις ιδιότητες των μαγνητών, τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και την αλληλεπίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος με το μαγνητικό πεδίο. Έπειτα ακολούθησε η διδακτική παρέμβαση και η συνέντευξη με κάθε μαθητή ξεχωριστά ώστε να καταγραφούν οι νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών για τα φαινόμενα και τις έννοιες που προαναφέρθηκαν. Οι συνεντεύξεις μαγνητοφωνήθηκαν και έπειτα απομαγνητοφωνήθηκαν, έτσι ώστε να επεξεργαστούν τα δεδομένα με ακρίβεια και λεπτομέρεια. Στη συνέχεια χορηγήθηκαν τα τελικά ερωτηματολόγια για να φανεί αν μετά τη διδακτική παρέμβαση, τροποποιήθηκαν οι αρχικές ιδέες των μαθητών για τα συγκεκριμένα φαινόμενα και τις έννοιες.

Ερευνητική διαδικασία

Κατά τη διάρκεια της εξατομικευμένης διδακτικής παρέμβασης εφαρμόστηκαν τα στάδια της εποικοδομητικής προσέγγισης με την υποστήριξη των πρακτικών της ειδικής αγωγής. Συγκεκριμένα, κατά τη φάση της ανάδειξης των ιδεών επισημάνθηκαν οι αρχικές ιδέες των μαθητών όσον αφορά το ανοιχτό και κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα (λάμπα, μπαταρία, καλώδια, διακόπτης), τις ιδιότητες των μαγνητών και την αλληλεπίδραση του μαγνήτη με τον ρευματοφόρο αγωγό. Στην ανάδειξη των ιδεών συνέβαλε η συμπλήρωση των αρχικών ερωτηματολογίων από τους μαθητές καθώς και οι προφορικές απαντήσεις κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων με την εφαρμογή της πολυαισθητηριακής προσέγγισης. Πιο συγκεκριμένα τα ερωτηματολόγια περιελάμβαναν ερωτήσεις ανοικτού τύπου και πολλαπλής επιλογής, σε συνδυασμό με τις έγχρωμες εικόνες υλικών και σχημάτων. Όσον αφορά τη συνέντευξη οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν τις απόψεις τους σχετικά με τα φαινόμενα που εξετάζονταν, με τη βοήθεια των υλικών που είχαν τοποθετηθεί μπροστά τους. Κατά τη φάση της αναδόμησης των ιδεών οι μαθητές, μέσω της διαδικασίας του πειράματος, επεξεργάστηκαν τους μαγνήτες σε συνδυασμό με τα υπόλοιπα υλικά των δραστηριοτήτων, κατασκεύασαν το ηλεκτρικό κύκλωμα και πραγματοποίησαν το πείραμα του Oersted. Κατά τη συγκεκριμένη φάση εφαρμόστηκε η μέθοδος της ανάλυσης έργου, όπου οι μαθητές με σταδιακά βήματα ασχολήθηκαν με τις ιδιότητες των μαγνητών, τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και στη συνέχεια με την αλληλεπίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος με το μαγνητικό πεδίο. Κατά τη φάση της ανασκόπησης οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις της ερευνήτριας κατά τη συνέντευξη και έπειτα συμπλήρωσαν το τελικό ερωτηματολόγιο. Στο τέλος αυτής της φάσης οι μαθητές διατύπωσαν τις απόψεις τους για την αιτιολογία των φαινομένων με τα οποία ήρθαν σε επαφή και συμπλήρωσαν τα τελικά ερωτηματολόγια, όπου διερευνήθηκε η ενδεχόμενη μετατόπιση των ιδεών τους προς το επιστημονικό μοντέλο.

3. Αποτελέσματα

Πίνακας 1: Ιδέες των μαθητών για τις ιδιότητες των μαγνητών

	Μαθητής 1		**Μαθητής 2**		**Μαθήτρια 3**		**Μαθητής 4**	
	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες
Φύση αντικειμένων	+	+	+	+			+	+

που εμφανίζεται η μαγνητική ιδιότητα								
Αιτία εμφάνισης μαγνητικής ιδιότητας								+
Αλληλεπίδραση μαγνήτη-πυξίδα (πολικότητα)	+	+	+	+	+	+	+	+
Αλληλεπίδραση ομώνυμων μαγνητικών πόλων				+		+		
Έντονες μαγνητικές ιδιότητες				+		+	+	+

Σημείωση: Το + δείχνει ότι οι ιδέες των μαθητών προσεγγίζουν το επιστημονικό μοντέλο

Όπως φαίνεται από τα δεδομένα του πίνακα 1 για τις ιδιότητες μαγνητών μόνο για το φαινόμενο της αλληλεπίδρασης του μαγνήτη με την πυξίδα οι αρχικές ιδέες και των τεσσάρων μαθητών έτειναν προς το επιστημονικό μοντέλο της περιγραφής του. Όσον αφορά τη φύση των αντικειμένων στα οποία εμφανίζεται η μαγνητική ιδιότητα οι τρεις από τους τέσσερις μαθητές είχαν άποψη που πλησίαζε την επιστημονική, ενώ για την περιοχή εμφάνισης των έντονων μαγνητικών ιδιοτήτων μόνο ένας μαθητής φάνηκε να έχει άποψη που πλησιάζει την επιστημονική. Συγκεκριμένα, μόνο ο μαθητής 4 επεσήμανε ήδη από τις αρχικές ιδέες ότι οι μαγνητικές ιδιότητες είναι εντονότερες στους μαγνητικούς πόλους, άποψη που διατήρησε και στις τελικές. Σημειώνεται ότι οι αναφερόμενες αρχικές ιδέες των μαθητών διατηρήθηκαν και μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης.
Όσον αφορά τις τελικές ιδέες των μαθητών μετά τη διδακτική παρέμβαση που υλοποιήθηκε η μαθήτρια 3 και ο μαθητής 2 φαίνεται ότι διαμόρφωσαν για περισσότερες έννοιες ιδέες που τείνουν προς το επιστημονικό μοντέλο συγκριτικά με τους υπόλοιπους μαθητές της έρευνάς μας. Έτσι οι απόψεις τους που έτειναν προς τις επιστημονικές αφορούσαν και για τους δύο μαθητές την αλληλεπίδραση των ομώνυμων μαγνητικών πόλων (βλ. εικόνα 1) και την περιοχή έντονης εμφάνισης των μαγνητικών ιδιοτήτων. Έτσι, ο μαθητής 2 μας πληροφορεί ότι:

> «άμα τα έχουμε από την ίδια πλευρά (χρώμα) και τα δύο απωθούνται και άμα το ένα είναι από τη γκρι την πλευρά (χρώμα) και το άλλο είναι απ' την κόκκινη ε κολλάνε μεταξύ τους»

και η μαθήτρια 3 αναφέρει ότι

> «δύο μαγνήτες απωθούνται γιατί είναι ίδιοι».

Ως προς τους άλλους δύο μαθητές η διδακτική παρέμβαση φαίνεται να είχε περιορισμένα αποτελέσματα όσον αφορά την τροποποίηση των ιδεών προς το επιστημονικό μοντέλο διότι ο μεν μαθητής 4 διαμόρφωσε επιστημονική άποψη μόνο για την αιτία εμφάνισης της μαγνητικής ιδιότητας, ενώ ο μαθητής 1 φάνηκε να μη διαμορφώνει ανάλογης προσέγγισης ιδέες.

Εικόνα 1: Αλληλεπίδραση ομώνυμων μαγνητικών πόλων

Πίνακας 2: Ιδέες των μαθητών για τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος

	Μαθητής 1		**Μαθητής 2**		**Μαθήτρια 3**		**Μαθητής 4**	
	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες
Λειτουργία καλωδίου				+				
Λειτουργία μπαταρίας								+
Λειτουργία λάμπας		+		+	+			+
Λειτουργία διακόπτη	+	+		+	+	+		
Ηλεκτρικό ρεύμα								

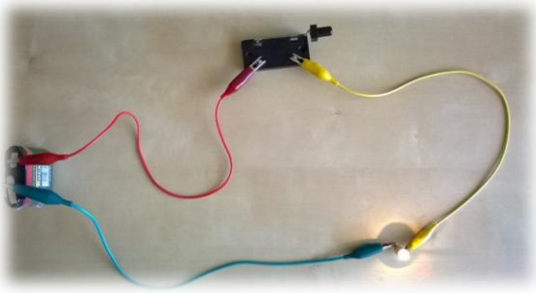
Σημείωση: Το + δείχνει ότι οι ιδέες των μαθητών προσεγγίζουν το επιστημονικό μοντέλο

Σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 2 οι αρχικές ιδέες των μαθητών που έτειναν προς τις επιστημονικές όσον αφορά τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος ήταν περιορισμένες και προέρχονταν μόνο από δύο μαθητές, τον 1 και την 3. Έτσι και οι δύο μαθητές είχαν ιδέες που έτειναν προς τις επιστημονικές για τη λειτουργία του διακόπτη, οι οποίες και διατηρήθηκαν μετά τη διδακτική παρέμβαση, ενώ μόνο η μαθήτρια 3 για τη λειτουργία της λάμπας, η οποία δεν διατηρήθηκε. Συγκεκριμένα, ο μαθητής 1 ανέφερε ότι όταν ανοίγουμε τον διακόπτη, το λαμπάκι σβήνει

«γιατί δεν συνδέεται με το καλώδιο».

Όσον αφορά τις τελικές ιδέες των μαθητών σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 2, ο μαθητής 2 και 4 μετά τη διδακτική παρέμβαση φαίνεται να διαμόρφωσαν ιδέες με επιστημονική προσέγγιση για τις περισσότερες έννοιες που αφορούσαν τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος σε σχέση με τους υπόλοιπους μαθητές. Φαίνεται λοιπόν ότι τα αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης για τους υπόλοιπους μαθητές σχετικά με τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος είναι μάλλον περιορισμένα όπως και στην περίπτωση των ιδιοτήτων των μαγνητών. Ωστόσο, όλοι οι μαθητές κατάφεραν να συνδέσουν το ηλεκτρικό κύκλωμα (βλ. εικόνα 2) κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης με την ανάλογη ενίσχυση της ερευνήτριας για κάθε μαθητή αντίστοιχα.

Εικόνα 2: Κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα



Πίνακας 3: Ιδέες των μαθητών για την αλληλεπίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος με το μαγνητικό πεδίο

	Μαθητής 1		**Μαθητής 2**		**Μαθήτρια 3**		**Μαθητής 4**	
	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες	Αρχικές Ιδέες	Τελικές Ιδέες
Αλληλεπίδραση μαγνητικής βελόνας με ρευματοφόρο αγωγό	+	+		+	+	+	+	+
Αιτία μετακίνησης βελόνας						+		

Σημείωση: Το + δείχνει ότι οι ιδέες των μαθητών προσεγγίζουν το επιστημονικό μοντέλο

Όπως φαίνεται από τα δεδομένα του πίνακα 3 οι περισσότεροι μαθητές γνώριζαν πριν τη διδακτική παρέμβαση ότι όταν πλησιάσει ρευματοφόρος αγωγός τη μαγνητική πυξίδα θα εμφανιστεί εκτροπή της από την αρχική της θέση (βλ. εικόνα 3) και συνέχισαν να έχουν την ίδια ιδέα και μετά την παρέμβαση. Χαρακτηριστικά ο μαθητής 1 απάντησε ότι η βελόνα της πυξίδας κινείται καθώς

> «με όποιο ρυθμό πας τον μαγνήτη με τον ίδιο ρυθμό κινείται και η βελόνα από την πυξίδα».

Πρέπει να σημειωθεί όμως ότι μετά την παρέμβαση μόνο η μαθήτρια 3 φαίνεται να έχει κατανοήσει ότι η μετακίνηση της μαγνητικής βελόνας οφείλεται στη ροή του ρεύματος μέσα στον αγωγό.

Εικόνα 3: Αλληλεπίδραση μαγνητικής βελόνας με ρευματοφόρο αγωγό

4. **Συμπεράσματα**

Παρόλο που κοινό στοιχείο και των τεσσάρων μαθητών της έρευνάς μας ήταν η χαμηλή επίδοση στα μαθήματα με ιδιαίτερες δυσκολίες στις γλωσσικές δραστηριότητες και τα μαθηματικά, οι αρχικές ιδέες τους για τις ιδιότητες των μαγνητών, τη λειτουργία του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και την αλληλεπίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος με το μαγνητικό πεδίο που προσέγγιζαν το επιστημονικό μοντέλο διέφεραν μεταξύ τους. Οι περισσότερες από αυτές τις ιδέες διατηρήθηκαν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, ενώ ορισμένες από εκείνες που δεν προσέγγιζαν το επιστημονικό μοντέλο τροποποιήθηκαν προς την κατεύθυνση του μετά τη διδακτική παρέμβαση που υλοποιήθηκε. Και σε αυτές όμως τις τελικές ιδέες παρατηρήθηκε διαφορά από μαθητή σε μαθητή.

Ανασταλτικός παράγοντας εμφάνισης περισσότερων θετικών αποτελεσμάτων όσον αφορά την τροποποίηση των αρχικών ιδεών των μαθητών που συμμετείχαν προς την επιστημονική προσέγγιση θεωρούμε ότι μπορεί να ήταν η κούραση τους, η αδυναμία συγκέντρωσης κατά τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας και ο περιορισμένος χρόνος υλοποίησης της ερευνητικής δραστηριότητας. Άλλωστε η έλλειψη λεπτομερούς αξιολόγησης των μαθησιακών δυσκολιών των μαθητών και ιδιαίτερα του μαθητή 4, ο οποίος δεν είχε κάποια επίσημη διάγνωση από εξειδικευμένο κέντρο μέχρι και τη χρονική στιγμή που διεξήχθη η ερευνητική μας προσπάθεια, δεν συνέβαλε στον σχεδιασμό διδακτικής παρέμβασης η οποία να καλύπτει ακόμη μεγαλύτερο μέρος των δυσκολιών τους.

Λαμβάνοντας υπόψη τις προηγούμενες επισημάνσεις θεωρούμε ότι σε ανάλογες διδακτικές παρεμβάσεις μπορούν να πραγματοποιούνται διαδραστικές δραστηριότητες οι οποίες να ανταποκρίνονται σε μεγαλύτερο βαθμό στα ενδιαφέροντα των μαθητών και τις ιδιαίτερες δυσκολίες τους καθώς και παιχνίδια προσομοίωσης, τα οποία να προηγούνται της έναρξης των πειραμάτων με απτά μέσα. Επίσης, τα συγκεκριμένα αποτελέσματα δεν επιτρέπουν γενικεύσεις ως προς την επιλογή της κατάλληλης διδακτικής μεθόδου σε άλλη ομάδα μαθητών, καθώς η έρευνά μας αποτέλεσε μελέτη περίπτωσης, όπου το δείγμα των τεσσάρων μαθητών δεν ήταν αντιπροσωπευτικό. Οι ιδιαίτερες ανάγκες και τα χαρακτηριστικά του κάθε μαθητή είναι τα βασικά στοιχεία που μπορούν να καθορίσουν την αντίστοιχη διδακτική παρέμβαση με τις ανάλογες προσαρμογές για κάθε περίπτωση.

5. **Βιβλιογραφία**

Βουτσινά, Λ. & Ραβάνης, Κ. (2007). Ιστορικά μοντέλα και νοητικές παραστάσεις μαθητών/τριών λυκείου για το μαγνητισμό. Στο Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η πολιτισμική συνιστώσα των Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση (Επιμ.: Δ. Κολιόπουλος). Εκδόσεις: Ώθηση.

Hewitt, P.G. (2004). Οι έννοιες της Φυσικής (Επιμ.: Ι. Παπαδόγγονας. μτφρ.: Ε. Σηφάκη & Ι. Παπαδόγγονας). Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Miller, B. (2012). Ensuring Meaningful Access to the Science Curriculum for Students with Significant Cognitive Disabilities. *Teaching Exceptional Children, 44 (6),* 16-25.

Scruggs, T.E., Mastropieri, M.A., Berkeley, S. & Graetz, J.E. (2010). Do Special Education Interventions Improve Learning of Secondary Content? A Meta-Analysis. *Remedial and Special Education, 31(6),* 437-449.

Ravanis, K., Pantidos, P., Vitoratos, E. (2009). Magnetic field mental representations of 14-15 years old students. *Acta Didactica Napocensia, 2 (2),* 1-7.

Tarciso, A.B. & Gilbert, J.K (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education, 21 (1),* 95-117.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΕΝΝΟΙΩΝ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΔΩΝ ΣΩΜΑΤΙΔΙΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Κυριακή Μακρυγιάννη[1], Γιάννης Αποστολάκης[1], Δήμητρα Χατζηδάκη[1], Στέφανος Φύσκιλης[1], Ελένη Φέγγου[1], Παναγιώτης Παπαλεξόπουλος[2]
[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2] Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη
Σε αυτήν την εργασία περιγράφουμε την εμπειρική έρευνα που πραγματοποιήσαμε για να μελετήσουμε τη δυνατότητα διδασκαλίας σύγχρονων εννοιών της Φυσικής, όπως είναι τα στοιχειώδη σωματίδια, ξεκινώντας από την έννοια του πυρήνα και φτάνοντας έως και την πρόσφατη ανακάλυψη του σωματιδίου Higgs. Η διερεύνηση έγινε με κατάλληλα σχεδιασμένες διδασκαλίες και τα ερευνητικά δεδομένα προέκυψαν από τις παρατηρήσεις των εκπαιδευτικών που τις πραγματοποίησαν και τις απαντήσεις των μαθητών σε σχετικά ερωτηματολόγια. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ορισμένοι μαθητές απέκτησαν ενδιαφέρον ακόμη και για εξειδικευμένες έννοιες, ενώ αρκετοί διεύρυναν τις αρχικές γνώσεις τους για τα στοιχειώδη σωματίδια.

Abstract
This paper describes the experiential research we carried out in order to study the potentiality of teaching Modern Physics concepts such as the fundamental particles starting from the concept of the nucleus up to the recent discovery of the Higgs boson. The research was carried out conducting appropriately designed teaching sessions while the research data resulted from the instructors' comments and students' answers to relevant questionnaires. According to the research results, there were students who became interested in specialised concepts while others broadened their initial knowledge on fundamental particles.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια πολλοί είναι οι προβληματισμοί και οι συζητήσεις στην επιστημονική κοινότητα για την εισαγωγή σύγχρονων εννοιών της Φυσικής στα προγράμματα σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης (Μάνου & Σπύρτου 2013, Χαλκιά 2013 & 2011 Wiener et al. 2016). Ενδιαφέρον προκαλούν προτάσεις σχετικά με τη διδασκαλία των στοιχειωδών σωματιδίων όπως τα κουάρκ, ακόμα και από την ηλικία των 12 ετών (Wiener et al. 2015). Το Ευρωπαϊκό Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire) έχει αφιερώσει μέρος των δραστηριοτήτων του στη διάδοση της Φυσικής των Στοιχειωδών Σωματιδίων σε μαθητές/σπουδαστές και εκπαιδευτικούς (CERN 2016), διότι σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στρατηγική για τη Φυσική των Σωματιδίων, μέρος των καθηκόντων των ερευνητών του είναι να μοιράζονται τον ενθουσιασμό των επιστημονικών ανακαλύψεων με το κοινό (Krammer, 2013).
Στο πλαίσιο αυτό πραγματοποιήθηκε στη Σχολή Ι.Μ.Παναγιωτόπουλου πειραματικό πρόγραμμα διδασκαλίας με θέμα «Στα Άδυτα της Γνώσης. Από τη Μεγάλη Έκρηξη έως Σήμερα.», με σκοπό να γνωρίσουν οι μαθητές του Γυμνασίου φαινόμενα και έννοιες που

αφορούν τη Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων. Σε αυτήν την εργασία εξετάζουμε τα ερευνητικά ερωτήματα που προέκυψαν κατά την υλοποίηση του προγράμματος: α) Ποιες είναι οι αρχικές ιδέες των μαθητών για τη δομή του ατόμου και τους επιταχυντές των σωματιδίων της ύλης; β) Ποιες είναι οι έννοιες και τα φαινόμενα που κίνησαν το ενδιαφέρον των μαθητών κατά την υλοποίηση του προγράμματος διδασκαλίας; γ) Ποιες είναι οι γνώσεις που απέκτησαν οι μαθητές για το εσωτερικό των πυρήνων, τους επιταχυντές των σωματιδίων και το σωματίδιο Higgs;

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά ερωτήματα

Χαρακτηριστικά της έρευνας

Στην έρευνα συμμετείχαν 54 μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου. Η πρώτη συγγραφέας ασχολήθηκε με το διδακτικό υλικό και τη σύνταξη των ερωτηματολογίων, ο δεύτερος και η τρίτη επεξεργάστηκαν τα ερευνητικά δεδομένα, ο τέταρτος ασχολήθηκε με την ηλεκτρονική υποστήριξη της έρευνας σε διαδικτυακό περιβάλλον ασύγχρονης τηλεκπαίδευσης, η πέμπτη με τη βιβλιογραφική διερεύνηση και όλοι οι συγγραφείς σε συνεργασία με τον τελευταίο για την παρουσίαση και την τελική μορφή της εργασίας.

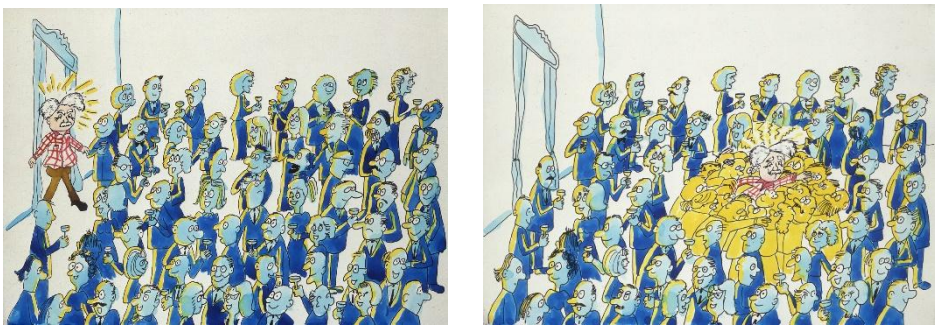
Σχεδιασμός των διδασκαλιών

Λαμβάνοντας υπόψη τον διδακτικό μετασχηματισμό που προτείνει η Χαλκιά (2013), για τον σχεδιασμό των διδασκαλιών πραγματοποιήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

α) Αναζητήθηκαν βιβλία και άρθρα που αναφέρονταν σε θέματα της Φυσικής των Στοιχειωδών Σωματιδίων και των επιταχυντών υψηλών ενεργειών. Η προσέγγιση των περιγραφών έγινε ποιοτικά, διότι η επεξεργασία από τους μαθητές δύσκολων μαθηματικών εννοιών μπορεί να τους απογοητεύσει και να αδιαφορήσουν. Η σειρά διδασκαλίας των φαινομένων και των εννοιών που αφορούν τους επιταχυντές στοιχειωδών σωματιδίων και το μποζόνιο Higgs ήταν η ακόλουθη: i) περιγραφή της δομής του ατόμου: ηλεκτρόνια, πυρήνας, αδρόνια, λεπτόνια ii) αναδρομή στην ιστορία του Κέντρου Πυρηνικών Ερευνών (CERN) και περιγραφή των αντικειμένων με τα οποία ασχολούνται οι επιστήμονές του iii) περιγραφή των βασικών τμημάτων των επιταχυντών της πηγής φορτισμένων σωματιδίων, των ανιχνευτών, των σπινθηριστών κ.λπ. iv) περιγραφή του καθιερωμένου προτύπου και της σημασίας του μποζονίου Higgs στη δημιουργία μάζας.

β) i) Κατασκευάστηκαν διαφάνειες όπου περιγράφονταν με εικόνες (βλ. ενδεικτικά εικόνα 1) και συνοδευτικό κείμενο οι 4 κατηγορίες των δυνάμεων στη φύση, η διάκριση των σωματιδίων σε κουάρκ και λεπτόνια, το μποζόνιο Higgs κ.λπ. Επίσης, όσον αφορά τους επιταχυντές στις διαφάνειες παρουσιάζονταν στοιχεία για το CERN, όπως για την ίδρυσή του, τους επιστήμονες που το στελεχώνουν κ.λπ. και στοιχεία για τους επιταχυντές που αφορούσαν στο σκοπό λειτουργίας τους, στα βασικά χαρακτηριστικά της δομής τους όπως π.χ. διαστάσεις, βάρος, πηγές παραγωγής φορτισμένων σωματιδίων και μαγνήτες που χαμηλώνουν την τροχιά τους κ.λπ. Οι διαφάνειες συνοδεύονταν από σκίτσα και απεικονίσεις που παρουσίαζαν τα παραπάνω στοιχεία σε εκλαϊκευμένο επίπεδο και προέρχονταν από το υλικό που παρέχει το CERN στον ιστότοπό του.

Εικόνα 1: Διαφάνειες με οπτική αναπαράσταση της δημιουργίας μάζας σύμφωνα με το πρότυπο του Higgs



Πηγή: CERN-MI-9603021-1

ii) Επιλέχθηκαν βίντεο που αναφέρονται στην επιτάχυνση των πρωτονίων, καθώς και μία συνέντευξη που είχε δώσει ο Ακαδημαϊκός Δ. Νανόπουλος στην τηλεόραση για την ανακάλυψη του μποζονίου Higgs (Δελτίο Ειδήσεων ΝΕΤ).
γ) Κατασκευάστηκαν ερωτήσεις από τους ίδιους τους μαθητές για να πραγματοποιηθεί παιχνίδι ερωτήσεων μεταξύ των μαθητών κάθε τμήματος. Σύμφωνα με τις οδηγίες που τους δόθηκαν, κατασκεύασαν ερωτήσεις για το εσωτερικό των πυρήνων, τους επιταχυντές των σωματιδίων και τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο CERN και οδήγησαν στην επιβεβαίωση της ύπαρξης του σωματιδίου Higgs.

Συλλογή ερευνητικών δεδομένων

Τα ερευνητικά δεδομένα συγκεντρώθηκαν από τις απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια που τους δόθηκαν, τις ερωτήσεις που κατασκεύασαν οι μαθητές για τις ανάγκες του παιχνιδιού και τις παρατηρήσεις των εκπαιδευτικών μετά το τέλος των διδασκαλιών. Για την επεξεργασία των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η κριτική ανάλυση του περιεχομένου (Holsti 1969), κατά την οποία εντοπίστηκαν τα θέματα που ανέφεραν οι μαθητές.

Ερευνητική διαδικασία

Αρχικά, δόθηκε στους μαθητές ερωτηματολόγιο που στόχευε να καταγραφούν οι ιδέες τους για τη δομή των ατόμων της ύλης και τη σύσταση του πυρήνα και επιπρόσθετα οι γνώσεις τους για τον τρόπο λειτουργίας των επιταχυντών. Στη συνέχεια οι μαθητές κάθε τμήματος χωρίστηκαν σε ομάδες και έπαιξαν το παιχνίδι με τις ερωτήσεις που είχαν κατασκευάσει. Στο τέλος της ερευνητικής διαδικασίας δόθηκε στους μαθητές ερωτηματολόγιο για να ανιχνευτούν οι γνώσεις που απέκτησαν για τα στοιχειώδη σωματίδια, τους επιταχυντές και το σωματίδιο Higgs.

3. Αποτελέσματα

Αρχικές ιδέες των μαθητών

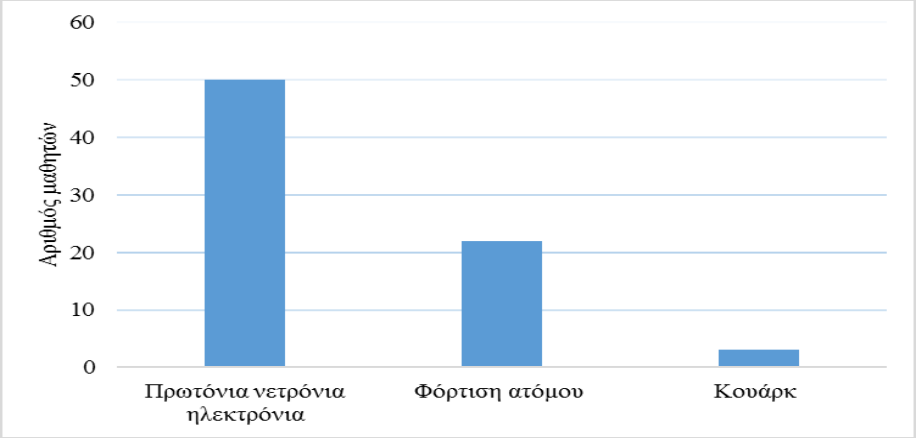
α) Δομή του ατόμου

Σύμφωνα με τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στο ερωτηματολόγιο που τους δόθηκε στην αρχή της ερευνητικής διαδικασίας το 93% αναφέρθηκε στα ηλεκτρόνια που κινούνται

γύρω από τον πυρήνα των ατόμων, τα πρωτόνια και τα νετρόνια του πυρήνα, ενώ το 4,1% των μαθητών στη θετική ή αρνητική φόρτιση ενός ατόμου της ύλης και μόλις το 1% στα κουάρκ του πυρήνα (βλ. σχήμα 1). Χαρακτηριστικά ένας μαθητής αναφέρει:

> « [...] Τα υποατομικά σωματίδια από τα οποία συντίθεται το άτομο είναι τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τα ηλεκτρόνια. Τα πρωτόνια και τα νετρόνια βρίσκονται συγκεντρωμένα στον πυρήνα του ατόμου. [...] Συνεπώς, επειδή τα άτομα είναι αφόρτιστα σωματίδια, ο αριθμός των πρωτονίων τους και των ηλεκτρονίων τους είναι πάντα ίσος. Σήμερα, γνωρίζουμε ότι τα υποατομικά σωματίδια διαιρούνται περαιτέρω σε ακόμη πιο βασικά (στοιχειώδη) σωματίδια που αποκαλούνται κουάρκς (quarks).»

Σχήμα 1: Κατανομή των ιδεών των μαθητών για το εσωτερικό του ατόμου της ύλης



β) Επιταχυντές των σωματιδίων της ύλης

Όσον αφορά τους επιταχυντές το 40,7% των μαθητών αναφέρθηκε στα είδη τους ως προς τη διαδρομή που διαγράφουν τα σωματίδια και το 53,7% στα ηλεκτρομαγνητικά (Η/Μ) πεδία που χρησιμοποιούνται για την επιτάχυνση και την κατεύθυνση της κίνησής τους (βλ. σχήμα 2). Χαρακτηριστικά ένας μαθητής ανέφερε:

> «Υπάρχουν δύο ειδών επιταχυντές. Οι γραμμικοί και οι κυκλικοί. Οι επιταχυντές χρησιμοποιούν ισχυρά ηλεκτρικά πεδία για να επιταχύνουν τα σωματίδια. [...] Οι γραμμικοί επιταχυντές επιταχύνουν φορτισμένα σωμάτια - ηλεκτρόνια, πρωτόνια ή βαριά ιόντα - σε ευθεία γραμμή. Οι κυκλικοί επιταχυντές αναγκάζουν τα σωμάτια να κινούνται σε μια κυκλική τροχιά, δίνοντάς τους όλο και περισσότερη ενέργεια σε κάθε περιστροφή [...]»

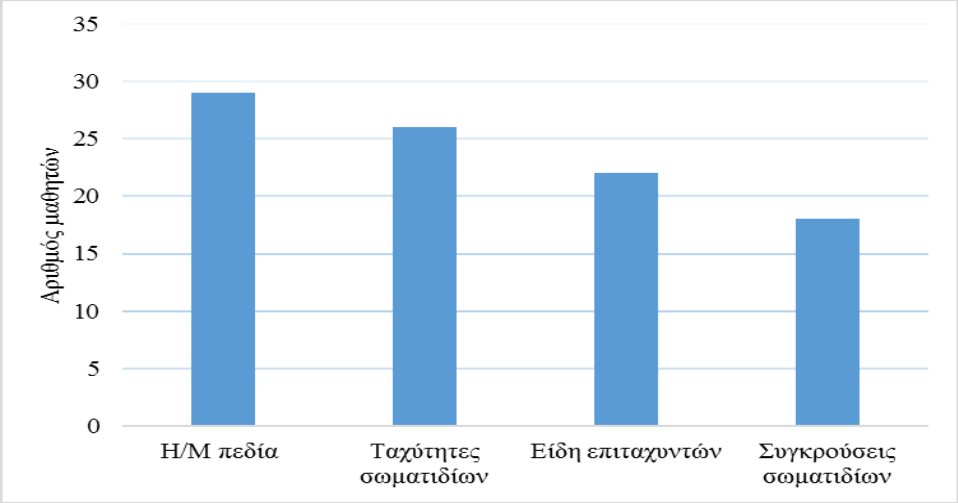
Το 48,1% των μαθητών αναφέρθηκε στις μεγάλες ταχύτητες που μπορούν να αποκτήσουν τα στοιχειώδη σωματίδια κατά την κίνησή τους και το 33,3% στις συγκρούσεις των σωματιδίων που προκαλούν τη δημιουργία νέων σωματιδίων (βλ. σχήμα 2). Χαρακτηριστικά ορισμένοι μαθητές ανέφεραν τα εξής:

> «Ο επιταχυντής επιταχύνει σωματίδια σε πολύ μεγάλες ταχύτητες. [...] Όταν πλέον τα σωματίδια αυτά αναπτύξουν πολύ μεγάλη ταχύτητα οδηγούνται σε σύγκρουση. Υπολογιστές μπορούν και καταγράφουν τις τροχιές των σωματιδίων [...]»

> «Ο επιταχυντής σωματίδιων ονομάζεται μια ειδική μηχανική διάταξη όπου μπορεί και επιταχύνει σωματίδια σε μεγάλες ταχύτητες, που μπορεί να φτάσουν ένα σημαντικό ποσοστό της ταχύτητας του φωτός. [...] Άλλες φορές, δέσμες σωματιδίων που κινούνται

σε αντίθετες κατευθύνσεις συγκρούονται στο εσωτερικό του επιταχυντή με συνέπεια να δημιουργούν νέα σωματίδια. [...] »

Σχήμα 2: Κατανομή των ιδεών των μαθητών για τους επιταχυντές στοιχειωδών σωματιδίων



Ερωτήσεις των μαθητών

Όσον αφορά τις ερωτήσεις για το εσωτερικό των πυρήνων που κατασκεύασαν οι μαθητές, αυτές αναφέρονταν κυρίως στις κατηγορίες των στοιχειωδών σωματιδίων, τον τρόπο σχηματισμού τους, τον τρόπο καταγραφής της εμφάνισής τους, τις συγκρούσεις τους, τις ενέργειες που απαιτούνται για την εμφάνισή τους. Ορισμένοι μαθητές στις ερωτήσεις τους αναφέρουν χαρακτηριστικά:

«Πώς καταγράφονται τα σωματίδια που δημιουργούνται από τις συγκρούσεις;»

«Ποια είναι τα στοιχειώδη σωματίδια και ποια τα μποζόνια;»

«Πώς σχηματίζονται νέα σωματίδια στον επιταχυντή;»

Οι ερωτήσεις των μαθητών για τους επιταχυντές των σωματιδίων αφορούσαν κυρίως τα είδη τους, το σκοπό λειτουργίας τους, τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που αναπτύσσονται στο εσωτερικό τους, τα τμήματα λειτουργίας τους και τα στάδια που ακολουθούν τα πρωτόνια για να επιταχυνθούν. Ορισμένες χαρακτηριστικές ερωτήσεις των μαθητών αναφέρουν:

«Πόσα είδη επιταχυντών υπάρχουν;»

«Ποια η σκοπιμότητα των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο δεύτερο στάδιο επιτάχυνσης των πρωτονίων;»

«Ποια στάδια ακολουθούν τα πρωτόνια του LCH μέχρι να διανύσουν 27χ.λ.μ 11.000 φορές το δευτερόλεπτο;»

Οι ερωτήσεις των μαθητών για το σωματίδιο Higgs αναφέρονταν κυρίως στον ρόλο του για τη δημιουργία της μάζας και τι θα γινόταν αν απουσίαζε, στα αποτελέσματα της διάσπασής του και στην ανακάλυψή του. Ορισμένοι μαθητές στις ερωτήσεις τους αναφέρουν χαρακτηριστικά:

«Ποιο είναι το όφελος από την ανακάλυψη των σωματιδίων Higgs για την ανθρωπότητα;»

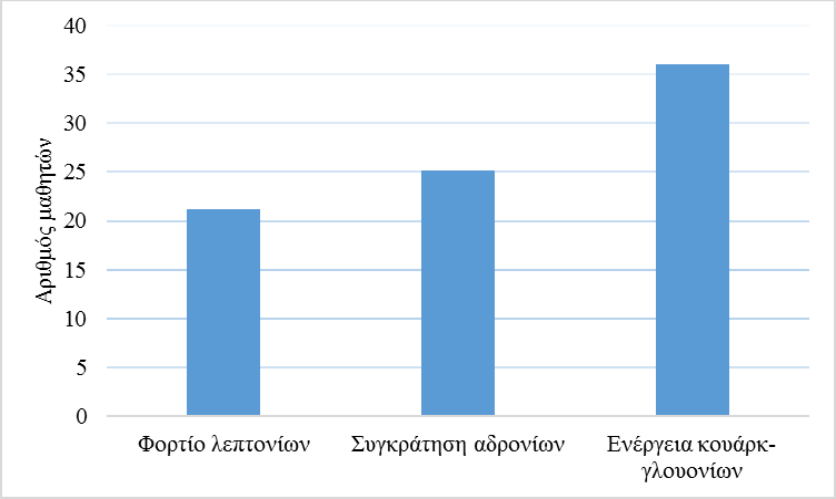
«Ποια η σημασία της ανακάλυψης του σωματιδίου Higgs;»

«Πώς εμφανίστηκε η ιδέα για το πεδίο του Higgs;»

Τελικές ιδέες των μαθητών

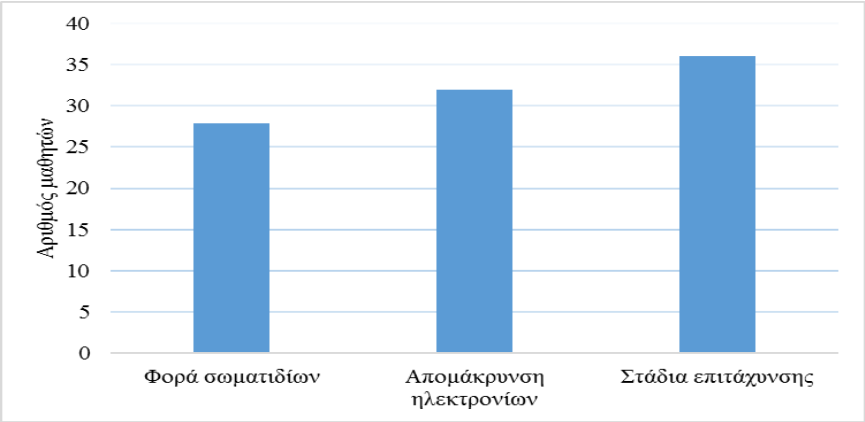
Η επεξεργασία των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στις ερωτήσεις που είχαν συντάξει οι εκπαιδευτικοί έδειξε ότι το 47% των μαθητών θεωρεί ότι τα 6 λεπτόνια είναι στοιχειώδη σωμάτια αρνητικά φορτισμένα ή ουδέτερα, το 56% ότι τα 8 γλουόνια κρατούν ενωμένα τα αδρόνια και το 80% ότι τα κουάρκ και τα γλουόνια μέσα στα πρωτόνια συγκρούονται με αρκετή ενέργεια για να δημιουργήσουν το σωματίδιο Higgs (βλ. σχήμα 3).

Σχήμα 3: Κατανομή των ιδεών των μαθητών για το εσωτερικό των πυρήνων της ύλης



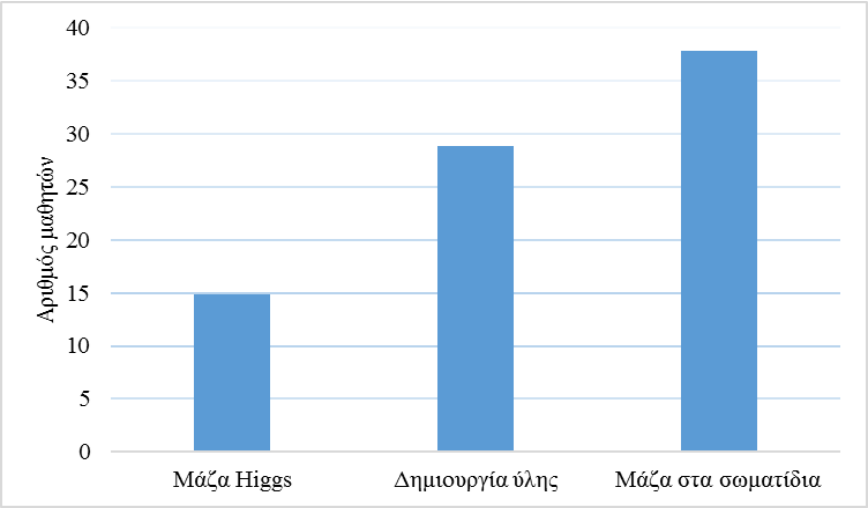
Όσον αφορά τους επιταχυντές, από τις απαντήσεις των μαθητών φάνηκε ότι το 80% γνωρίζει ότι είναι τέσσερα τα στάδια της επιτάχυνσης, το 71% ότι άτομα υδρογόνου εισάγονται στον επιταχυντή και με ηλεκτρική εκκένωση απομακρύνουν τα ηλεκτρόνια από το άτομο και το 62% ότι τα σωματίδια επιταχύνονται με διαφορετική φορά για να πραγματοποιηθεί η μετωπική σύγκρουση που δίνει περισσότερη ενέργεια (βλ. σχήμα 4).

Σχήμα 4: Κατανομή των ιδεών των μαθητών για τους επιταχυντές των σωματιδίων



Ειδικότερα για το σωματίδιο Higgs το 84% των μαθητών θεωρεί ότι είναι ένα σωματίδιο που δίνει μάζα στα υπόλοιπα σωματίδια, το 33% ότι έχει 100 έως 200 φορές μεγαλύτερη μάζα από το πρωτόνιο και το 64% θεωρεί ότι χωρίς την ύπαρξή του δεν θα είχε δημιουργηθεί ύλη (βλ. σχήμα 5).

Σχήμα 5: Κατανομή των ιδεών των μαθητών για το σωματίδιο Higgs



Παρατηρήσεις των εκπαιδευτικών

Η ανάλυση του περιεχομένου των παρατηρήσεων των εκπαιδευτικών έδειξε ότι οι μαθητές κατά τη διάρκεια της ερευνητικής διαδικασίας ενδιαφέρθηκαν για τις περισσότερες έννοιες της Φυσικής των Στοιχειωδών Σωματιδίων. Ειδικότερα, οι έννοιες των λεπτονίων, των κουάρκ κ.λπ. που αναφέρονται στη συγκρότηση του πυρήνα των ατόμων της ύλης φαίνεται να κίνησε περισσότερο το ενδιαφέρον των μαθητών. Τέλος, η ανάλυση των παρατηρήσεων έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί αντάλλαξαν εποικοδομητικές απόψεις για τις διδακτικές πρακτικές που ακολούθησαν κατά τις διδασκαλίες και απόψεις για τις διδακτικές προσεγγίσεις που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε μελλοντική διδακτική εφαρμογή.

4. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φάνηκε ότι οι περισσότεροι μαθητές στην αρχή του πειραματικού προγράμματος διδασκαλίας γνώριζαν το μοντέλο του ατόμου της ύλης, σύμφωνα με το οποίο ο πυρήνας της ύλης περιέχει πρωτόνια και νετρόνια και γύρω του περιφέρονται ηλεκτρόνια, ενώ πολύ λίγοι την ύπαρξη των κουάρκ. Για τους επιταχυντές στοιχειωδών σωματιδίων οι μισοί περίπου μαθητές ανέφεραν τον ρόλο των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην κατεύθυνση της δέσμης των σωματιδίων, τις μεγάλες ταχύτητές τους και τα είδη των επιταχυντών, ενώ σχετικά λίγοι ανέφεραν ότι οι συγκρούσεις μεταξύ των σωματιδίων είναι απαραίτητες για να παραχθούν νέα σωματίδια. Από την επεξεργασία των ερωτήσεων που κατασκεύασαν οι μαθητές φάνηκε ότι ενδιαφέρθηκαν για τις έννοιες που σχετίζονται με τα στοιχειώδη σωματίδια διότι ανταποκρίθηκαν στις οδηγίες των εκπαιδευτικών και κατασκεύασαν ερωτήσεις για το εσωτερικό των πυρήνων της ύλης, τη λειτουργία των επιταχυντών στοιχειωδών σωματιδίων και το σωματίδιο Higgs. Άλλωστε, και από τις παρατηρήσεις των εκπαιδευτικών φάνηκε ότι οι μαθητές ενδιαφέρθηκαν για τις διδασκόμενες έννοιες και ειδικότερα για εκείνες που αφορούν τη συγκρότηση του πυρήνα. Η επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών στο τελευταίο στάδιο της ερευνητικής διαδικασίας έδειξε ότι αύξησαν τις γνώσεις τους για το εσωτερικό των πυρήνων της ύλης, τους επιταχυντές των σωματιδίων και ειδικότερα για τον ρόλο του σωματιδίου Higgs στον σχηματισμό της ύλης.

Γενικότερα, θεωρούμε ότι οι διδακτικές προσεγγίσεις της Φυσικής των Στοιχειωδών Σωματιδίων που περιγράφηκαν σε αυτή την εργασία θα μπορούσαν να διερευνηθούν στο μέλλον και σε άλλες σχολικές μονάδες με το ίδιο ή / και με διαφορετικό περιεχόμενο. Η ενασχόληση των μαθητών του Γυμνασίου με αυτές τις εξελίξεις στον συγκεκριμένο τομέα της Φυσικής θεωρούμε ότι μπορούν να προκαλέσουν το ενδιαφέρον τους και να αποτελέσουν κίνητρο για τη συστηματική μελέτη τους. Για την επιτυχή όμως έκβαση μιας τέτοιας προσπάθειας θεωρούμε ότι η ενεργός εμπλοκή των εκπαιδευτικών στον σχεδιασμό και την εφαρμογή των ερευνητικών μελετών αποτελεί βασική προϋπόθεση.

Ευχαριστίες
Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τη φιλόλογο κ. Ζέφη Τρέσσου για τη γλωσσική επιμέλεια του κειμένου και την κ. Έφη Αλεξανδρή για τη γραμματειακή υποστήριξη.

5. Βιβλιογραφία

Δελτίο Ειδήσεων ΝΕΤ, Συζήτηση για το σωματίδιο Higgs (Μέρος 1), Ανακτήθηκε στις 4 Ιουλίου 2012 από: https://www.youtube.com/watch?v=isCeNfudbMw

Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Ά. (2013). «Η εισαγωγή της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου και σύνδεση του με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες». Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευσης. Επιμέλεια έκδοσης: Δ. Βαβουγυιός & Σ. Παρασκευόπουλος, ISBN: 978-618-80580-1-9, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών του Ανθρώπου, Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, σελ. 658-665.

Χαλκιά, Κρ. (2013). «Η απουσία των μεγάλων κοσμοθεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση του 21ου αιώνα: Διλήμματα και προτάσεις». Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευσης. Επιμέλεια έκδοσης: Δ. Βαβουγυιός & Σ. Παρασκευόπουλος, ISBN: 978-618-80580-1-9, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών του Ανθρώπου, Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, σελ. 30-39.

Χαλκιά, Κρ. (2011). «Διδάσκοντας θεωρίες της φυσικής του 20ου αιώνα στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: Θεωρητικά ζητήματα, ερευνητικές κατευθύνσεις, προτάσεις». Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες. Επιμέλεια: Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ., σελ.110-112, http://www.7sefepet.gr.

CERN (2016). http://home.cern/students-educators

CERN-MI-9603021-1, https://cds.cern.ch/

Holsti, O.R. (1969). Content analysis for the social sciences and humanities. Reading, MA: Addison-Wesley.

Krammer, M. (2013). The update of the European strategy for particle physics. *Physica Scripta, T158*.

Wiener, G.J., Woithe, J., Brown, A. & Jende, K. (2016). Introducing the LHC in the classroom: an overview of education resources available. Physics Education, 51. http://iopscience.iop.org/0031-9120/51/3/035001

Wiener, G.J., Schmeling, S.M. & and Hopf, M. (2015). Can Grade-6 students understand quarks? Probing acceptance of the subatomic structure of matter with 12-year-olds.*European Journal of Science and Mathematics Education*, Vol. 3, No. 4, 313- 322.

ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ ΩΣ ΜΕΣΟ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΗΣ ΣΚΙΑΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ

Ευαγγελία Ηρακλειώτη Παναγιώτης Παντίδος Μαρία Μπιρμπίλη
ΤΕΠΑΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη
Στην εργασία αυτή διερευνάται πώς παιδιά προσχολικής ηλικίας μεταφέρουν ενσώματα στοιχεία, από το πλαίσιο στο όποιο αυτά είχαν συγκροτηθεί (διδασκαλία), σε ένα άλλο σημειωτικά διαφοροποιημένο πλαίσιο (ατομική δοκιμασία). Για να διερευνηθεί αυτό επανα-αναλύθηκε το μετά-τεστ μιας προγενέστερης έρευνας για το φαινόμενο της σκιάς. Σε εκείνη την έρευνα, η διδακτική παρέμβαση ενεργοποιούσε το σώμα των παιδιών, ενώ στον μετά-έλεγχο τα παιδιά ήταν καθήμενα μπροστά σε ένα τραπέζι διατυπώνοντας προφορικές εξηγήσεις. Καταδείχθηκε ότι τα παιδιά μετέφεραν από τη διδασκαλία ενσώματα στοιχεία στο νέο πλαίσιο, όπως είναι ο προσδιορισμός του εαυτού τους ως εμποδίου και η αναπαράσταση οντοτήτων όπως ο φακός, η οθόνη προβολής και η φωτεινή ακτίνα.

Abstract
This study examines how kindergarten students transfer the embodied knowledge, which had been acquired in an initial context (teaching), into a different semiotic context (posttest). This was explored by re-analyzing the posttest of a previous conducted research about shadow formation phenomenon. The teaching intervention of that research was designed to activate children's body, while in the posttest the children were immobile sitting in front of a table and formulating oral explanations. It was shown that the children constructed explanations in the new context transferring embodied elements from the context of teaching, such as the specification of the student's body as an obstacle or the representation of the entities flashlight, projection screen and light beam.

1. Εισαγωγή

Η συγκεκριμένη εργασία εδράζεται στην ενσώματη μάθηση (embodied learning) ή ενσώματη νόηση (embodied cognition), στην προσέγγιση δηλαδή κατά την οποία η οικοδόμηση της γνώσης αποδίδεται όχι μόνο στον εγκέφαλο, αλλά και στο ανθρώπινο σώμα (Wilson 2002). Σε αυτό το πλαίσιο η νόηση εκλαμβάνεται ως προϊόν αλληλεπίδρασης ανάμεσα στο ανθρώπινο σώμα και στο φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον (Wilson 2002). Οι έννοιες δε μπορούν να συγκροτηθούν χωρίς τις σωματικές εμπειρίες στο περιβάλλον (Clark 2001), καθώς η σκέψη τροφοδοτείται από τη δράση και αντιστρόφως (Shapiro 2011). Με άλλα λόγια, πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι ο νους και το σώμα δεν αποτελούν δύο ξεχωριστούς παράγοντες, αλλά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους για την κατασκευή της γνώσης (Garbarini & Adenzato 2004).
Στο πεδίο της διδακτικής των φυσικών επιστημών χαρακτηριστικές είναι οι έρευνες του Hadzigeorgiou (2002a, 2002b) ο οποίος, ειδικά για έννοιες από τη μηχανική αλλά και τη σωματιδιακή φύση της ύλης, έχει καταδείξει ότι η εμπλοκή των εκπαιδευόμενων, και ειδικά των νεαρών μαθητών σε αισθητικο-κινητικές δράσεις, δημιουργεί σε πολλές περιπτώσεις

αποτελεσματικότερες εμπειρίες μάθησης, συγκριτικά με εμπειρίες βασισμένες στις κινούμενες εικόνες και στις οπτικές εν γένει αναπαραστάσεις. Επιπλέον, σε συνθήκες εργαστηρίου οι χειρονομίες είναι πιθανό να αποτελέσουν κοινό κώδικα επικοινωνίας μεταξύ των συμμετεχόντων (Roth & Lawless 2002), ενώ χρησιμοποιούνται ως ερμηνευτικά φίλτρα από τους εκπαιδευόμενους όταν εκείνοι εξηγούν φωτογραφίες, σχέδια, πίνακες και γραφήματα (Pozzer-Ardenghi & Roth 2005). Γενικότερα, το ανθρώπινο σώμα οπτικοποιεί, αναπαριστώντας, μη ορατές οντότητες (π.χ. ηλεκτρόνια) ή οντότητες που ο προφορικός λόγος αδυνατεί να περιγράψει (Singer et al. 2008).

Ιδιαίτερη διδακτική αξία κατέχουν επίσης οι μεταφορικές ιδιότητες του ανθρωπίνου σώματος. Μεταφορά της γνώσης είναι η δυνατότητα του εκπαιδευόμενου να εφαρμόσει κατάλληλα σε μία κατάσταση Β, τη γνώση που απέκτησε σε μία κατάσταση Α, διαφορετική από την κατάσταση Β (Πουαγκαρέ κ.α. 2006). Πρόκειται για μία διαδικασία που έχει απασχολήσει αρκετά την εκπαίδευση, σε όλες τις βαθμίδες, καθώς αποτελεί έναν από τους βασικούς στόχους της μάθησης (Darling-Hammond & Austin 2003). Η δυνατότητα αυτή του σώματος αποκτά ιδιαίτερη αξία λαμβάνοντας υπόψη τη δεδομένη δυσκολία μεταφοράς της γνώσης από τους εκπαιδευόμενους όλων των ηλικιών και ιδιαίτερα των παιδιών προσχολικής ηλικίας (Goldstone & Day 2012, McNeil & Uttal 2009). Ως εξωτερικό εργαλείο σκέψης, το ανθρώπινο σώμα μπορεί να δώσει τη δυνατότητα στα παιδιά να σκεφτούν και να εκφραστούν μέσω αυτού, με αποτέλεσμα να διευκολύνεται και η μεταφορά της γνώσης από τη μία κατάσταση στην άλλη (Novack et al. 2014, Cook et al. 2013).

Στην παρούσα μελέτη διερευνάται εάν παιδιά προσχολικής ηλικίας μεταφέρουν για το φαινόμενο σχηματισμού της σκιάς, ενσώματα στοιχεία από το πλαίσιο της διδασκαλίας στην οποία αυτά είχαν συγκροτηθεί, σε ένα άλλο σημειωτικά διαφοροποιημένο πλαίσιο (μετά – έλεγχος). Δηλαδή, διερευνάται εάν και πώς τα παιδιά εφαρμόζουν με το σώμα τους σε μια κατάσταση, τη γνώση που οικοδόμησαν σε μία διαφορετική κατάσταση από αυτήν.

2. Μεθοδολογία

Αναλύθηκε ο μετά – έλεγχος μιας έρευνας, η οποία είχε πραγματοποιηθεί σε προηγούμενο χρόνο σε μία τάξη νηπιαγωγείου 16 παιδιών, με στόχο τη διερεύνηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων διδακτικής παρέμβασης για το φαινόμενο σχηματισμού της σκιάς (Herakleioti & Pantidos 2016). Κατά τον προ – έλεγχο και τον μετά – έλεγχο πραγματοποιήθηκαν ατομικές, ημιδομημένες συνεντεύξεις οι οποίες βιντεοσκοπήθηκαν. Οι δύο αυτές δοκιμασίες ήταν όμοιες μεταξύ τους, αλλά ως προς το σημειωτικό πλαίσιο ήταν διαφορετικές από τη διδακτική παρέμβαση. Στον προ – έλεγχο και στον μετά – έλεγχο τα παιδιά απαντούσαν σε ερωτήσεις καθήμενα μπροστά σε ένα τραπέζι στο οποίο βρίσκονταν ένας φακός και ένα τουβλάκι. Αντιθέτως, η διδακτική παρέμβαση είχε ενσώματα χαρακτηριστικά: τα παιδιά φωτιζόμενα μπορούσαν να βιώσουν το σώμα τους ως εμπόδιο, να διερευνήσουν μετακινούμενα το ταξίδι του φωτός, αλλά και να ελέγξουν με το σώμα τους εάν οι περιοχές μπροστά και πίσω από το εμπόδιο έχουν ή όχι φως. Αυτό τους έδινε τη δυνατότητα να βιώσουν το σχηματισμό της σκιάς όντας τα ίδια, μέρη του φαινομένου. Στην παρούσα έρευνα μελετάται εάν ο μετά – έλεγχος έχει επηρεαστεί από την ενσώματη διδακτική παρέμβαση. Εάν δηλαδή τα παιδιά μεταφέρουν από αυτή ενσώματα στοιχεία στον μετά - έλεγχο. Εάν τα στοιχεία αυτά δεν υπάρχουν στον προ – έλεγχο τότε έχει επιτευχθεί μεταφορά.

Ο λόγος που μελετάται μόνο ο μετά-έλεγχος και αναμένεται τα ενσώματα στοιχεία να παρουσιαστούν μόνο εκεί, είναι επειδή ο μετά - έλεγχος έπεται της διδακτικής παρέμβασης, οπότε μόνο σε αυτή τη δοκιμασία θεωρείται ότι θα υπάρξει επίδραση. Ακόμα, τα ενσώματα στοιχεία αναμένεται να παρουσιαστούν στον μετά – έλεγχο, λόγω εξειδικευμένων βοηθειών

που παρείχε η ερευνήτρια προς τα παιδιά σε περιπτώσεις μη απάντησης. Αυτές οι βοήθειες αποτελούν στρατηγικές ενεργοποίησης του σώματος και αφορούν σε λεκτική και σε σωματική ενθάρρυνση προς τα παιδιά να απαντήσουν στις ερωτήσεις της ερευνήτριας. Κατά τη λεκτική ενθάρρυνση, όταν η ερευνήτρια ρωτούσε τα παιδιά σχετικά με το σημείο σχηματισμού της σκιάς, εάν εκείνα αδυνατούσαν να απαντήσουν, τα ενθάρρυνε να θυμηθούν την ενσώματη διδακτική παρέμβαση, λέγοντας «θυμήσου πού γινόταν η σκιά όταν κάναμε τις σκιές μας στην τάξη». Κατά τη σωματική ενθάρρυνση, όταν και πάλι τα παιδιά δυσκολεύονταν να εντοπίσουν το σωστό σημείο σχηματισμού της σκιάς, η ερευνήτρια έστρεφε το σβηστό φακό προς τα παιδιά και έλεγε «αν σε φωτίσω που θα γίνει η σκιά σου;». Αξίζει να σημειωθεί πως η σωματική ενθάρρυνση δινόταν στα παιδιά και στον προ – έλεγχο, όμως δεν υπήρξε ανταπόκριση από κανέναν παιδί. Οι ερευνητές, για να μελετήσουν με ποιον τρόπο τα παιδιά εφαρμόζουν ή αναφέρουν σωματικές δράσεις σε άλλο πλαίσιο, διερεύνησαν ποιες από τις τροπικότητες σωματικής έκφρασης και προφορικού λόγου που χρησιμοποίησαν τα παιδιά δηλώνουν μεταφορά. Μελέτησαν δηλαδή ποιες από τις τροπικότητες σώματος και προφορικού λόγου οικοδομήθηκαν στο πλαίσιο της διδακτικής παρέμβασης και μεταφέρθηκαν στο πλαίσιο του μετά – ελέγχου.

Κωδικοποίηση

Όλα τα δεδομένα της βιντεοσκόπησης, δηλαδή οι τροπικότητες προφορικού λόγου και σωματικής έκφρασης κατά τον προ – έλεγχο και τον μετά – έλεγχο κωδικοποιήθηκαν. Η κωδικοποίηση πραγματοποιήθηκε από τους δύο πρώτους ερευνητές, οι οποίοι αρχικά λειτούργησαν ανεξάρτητα, και έπειτα πραγματοποίησαν συναντήσεις μέχρι να επιτευχθεί μία συμφωνία ως προς την κωδικοποίηση. Οι περιπτώσεις μη συμφωνίας δεν λαμβάνονταν τελικά υπόψη. Ακολουθώντας το πρωτόκολλο κωδικοποίησης οπτικοακουστικού υλικού που βασίζεται στο πρότυπο της Interaction analysis των Jordan και Henderson (1995) και στις εφαρμογές των Pozzer-Ardenghi και Roth (2005) για την κωδικοποίηση δεδομένων σωματικής έκφρασης και προφορικού λόγου, η κωδικοποίηση των δεδομένων ακολούθησε τα εξής στάδια: α) μετεγγραφή του ακουστικού υλικού σε γραπτό κείμενο, β) προσδιορισμός για ποιο πράγμα μιλούν τα παιδιά, δηλαδή τα αντικείμενα αναφοράς. Έτσι, ανάλογα με την ερώτηση που καλούνταν να απαντήσουν τα παιδιά έκαναν λόγο για το σημείο σχηματισμού της σκιάς, την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και την παρεμπόδιση του φωτός, γ) προσδιορισμός και καταχώρηση των τροπικοτήτων του προφορικού λόγου. Τα παιδιά προσδιόρισαν τα παραπάνω αντικείμενα αναφοράς μέσω επιρρημάτων, ρημάτων, ουσιαστικών και φράσεων (βλ. Πίνακα 1) και δ) θέαση των βίντεο και καταγραφή της κάθε σωματικής έκφρασης εκεί όπου εμφανίζεται. Τα παιδιά εκφράστηκαν σωματικά μέσω δεικτικών, εικονιζουσών και εργοτικών χειρονομιών (βλ. Πίνακα 2).
Με την παραπάνω κωδικοποίηση προσδιορίστηκαν 57 τροπικότητες προφορικού λόγου καθώς και τροπικότητες σωματικής έκφρασης των τριών ειδών χειρονομιών που αναφέρθηκαν.

Ανάλυση δεδομένων

Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν δύο άξονες. Ο πρώτος άξονας σχετίζεται με την καταχώριση των τροπικοτήτων ενσώματης μεταφοράς.. Δηλαδή από τα στοιχεία του Πίνακα 1 και του Πίνακα 2 λήφθηκαν υπόψη μόνο οι τροπικότητες που σχετίζονται, είτε με *λεκτική αναφορά* στο σώμα των παιδιών, είτε με τη *σωματική* τους *έκφραση*. Ως προς τη λεκτική αναφορά, πρόκειται για λέξεις ή φράσεις τις οποίες χρησιμοποιούν τα παιδιά στον μετα-έλεγχο και αναφέρονται ρητώς σε δράσεις που συμμετείχε το σώμα των παιδιών κατά

τη διδακτική παρέμβαση. Ως προς τη σωματική έκφραση πρόκειται για σωματικές δράσεις των παιδιών στον μετά-έλεγχο, οι οποίες ήταν χαρακτηριστικά στοιχεία της ενσώματης διδακτικής παρέμβασης. Και στις δύο περιπτώσεις τα στοιχεία αυτά δηλώνουν μεταφορά και σημαίνονται με έντονο χρώμα στους Πίνακες 1 και 2. Οι τροπικότητες σωματικής έκφρασης δεν παρουσιάζονται ανά αντικείμενο αναφοράς όπως αυτές του προφορικού λόγου, καθώς κάποιες από αυτές προσδιορίζουν πάνω από ένα αντικείμενα αναφοράς.

Ο δεύτερος άξονας ανάλυσης αφορά τη συμβατότητα των παραπάνω τροπικοτήτων με το επιστημονικά αποδεκτό για κάποια διάσταση των όψεων του φαινομένου. Διερευνήθηκε δηλαδή με ποιες από αυτές τις τροπικότητες που δηλώνουν μεταφορά, τα παιδιά παρέχουν και απαντήσεις που συμβαδίζουν με το επιστημονικά αποδεκτό.

Ένα παράδειγμα λεκτικής αναφοράς με μεταφορικές ιδιότητες είναι το ουσιαστικό «πανί» (s_{11}). Κατά τον μετά – έλεγχο όταν κάποια παιδιά ερωτήθηκαν πού θα σχηματιστεί η σκιά από το τουβλάκι, απάντησαν πως η σκιά θα γίνει στο πανί. Υπενθυμίζεται ότι στον μετά – έλεγχο ο φακός ήταν στραμμένος στο τουβλάκι και δεν υπήρχε κάποιο πανί. Εκείνα όμως απαντούσαν ότι θα γίνει στο πανί, στο σημείο δηλαδή που σχηματίζονταν οι σκιές τους κατά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 1: Τροπικότητες ενσώματης μεταφοράς μέσω λεκτικής αναφοράς

Σημειωτικός τρόπος: προφορικός λόγος	
Αντικείμενο αναφοράς	***Τροπικότητες***
Σημείο σχηματισμού της σκιάς	*$s_{1:}$ εδώ, $s_{2:}$εκεί, $s_{3:}$ πίσω, $s_{4:}$ εδώ θα έχει σκιά, **$s_{5:}$** στη γωνία, **$s_{6:}$ στον τοίχο**, $s_{7:}$ το τούβλο, **$s_{8:}$ στο μεγάλο χαρτί**, **$s_{9:}$ εκεί που ήταν το τραπεζάκι, $s_{10:}$ ντουλάπα, $s_{11:}$ πανί**, $s_{12:}$ από εδώ θα βγει η σκιά, $s_{13:}$ και η σκιά έρχεται από εδώ, $s_{14:}$ εδώ γινότανε μία σκιά, $s_{15:}$ σκιά*
Ευθύγραμμη διάδοση του φωτός	***$s_{16:}$ προς τα εμένα**, $s_{17:}$ πάει από εδώ, $s_{18:}$ ευθεία, $s_{19:}$ θα βγει από εδώ, $s_{20:}$ προς τα εδώ, $s_{21:}$ φακός, $s_{22:}$ ήλιος, $s_{23:}$ έρχεται από εδώ και πάει εδώ, $s_{24:}$ προς την πόρτα, $s_{25:}$ περνάει πάνω, $s_{26:}$ πάει εκεί, $s_{27:}$ θα φύγει, $s_{28:}$ πάει μέχρι εδώ, $s_{29:}$ προς το τούβλο, $s_{30:}$ από εδώ σε αυτή τη γραμμή, $s_{31:}$ περνάει από μέσα και βγαίνει εδώ, $s_{32:}$ άλλαξες τον φακό*
Παρεμπόδιση του φωτός	***$s_{33:}$ επειδή είναι μπροστά**, $s_{34:}$ το χαρτί, $s_{35:}$ εμένα, **$s_{36:}$ έναν άνθρωπο**, $s_{37:}$ το τραπέζι, $s_{38:}$ πήρες [το τουβλάκι], **$s_{39:}$ έκανα στροφή, έκανε και η σκιά μου,** $s_{40:}$ όταν κουνάμε το τούβλο κουνιέται και η σκιά του, $s_{41:}$ αν φύγει το τουβλάκι δεν θα έχει ούτε μία σκιά, $s_{42:}$ άμα βάλω το στυλό, $s_{43:}$ γιατί έφυγε, $s_{44:}$ γιατί δεν έχει το τουβλάκι, $s_{45:}$ εμποδίζει, $s_{46:}$ δεν το αφήνει να πάει στον τοίχο, **$s_{47:}$ αν βάλω το χέρι μου θα έχω σκιά**, $s_{48:}$ επειδή δεν μπορεί να πάει αλλού, $s_{49:}$ συναντά το τουβλάκι, $s_{50:}$ δεν έχεις κάτι να εμποδίσει το φως, $s_{51:}$ δεν πάει πουθενά, $s_{52:}$ ένα εμπόδιο, $s_{53:}$ είναι κλειστός ο δρόμος, **$s_{54:}$ με το χέρι μας, $s_{55:}$ είμαι εγώ μπροστά**, $s_{56:}$ σταμάτησε εδώ, **$s_{57:}$ εμποδίζω**

Παράδειγμα σωματικής έκφρασης με επίσης μεταφορικές ιδιότητες αποτελεί η δεικτική χειρονομία dg_7, δηλαδή το να δείχνουν τα παιδιά προς τον εαυτό τους. Κατά τον μετά – έλεγχο, ενώ ο φακός ήταν στραμμένος στο τουβλάκι, όταν κάποια παιδιά ερωτήθηκαν για το τι συναντάει το φως μπροστά του, έδειχναν τον εαυτό τους. Υπενθυμίζεται ότι κατά τη διδακτική παρέμβαση, τα παιδιά κατείχαν το ρόλο του εμποδίου και βρίσκονταν μπροστά από

τον φακό. Στον μετά – έλεγχο, παρά το γεγονός ότι ο φακός ήταν στραμμένος προς το τουβλάκι και όχι προς τα παιδιά, εκείνα έδειχναν τον εαυτό τους, κάτι που καταδεικνύει ότι συντελέστηκε μεταφορά.

Πίνακας 2: Τροπικότητες ενσώματης μεταφοράς μέσω σωματικής έκφρασης

εργοτικές χειρονομίες (eg)	**δεικτικές χειρονομίες (dg)**	**εικονίζουσες χειρονομίες (ig)**
eg_1: πιάνει το τουβλάκι και το περιεργάζεται ή το μετακινεί	dg_1: δείχνει προς το τουβλάκι	ig_1: εικονίζει το 'σχηματισμό της σκιάς του από τον ήλιο'
eg_1^*: κρατάει το σβηστό φακό προς το τουβλάκι (από άλλη κατεύθυνση)	dg_2: δείχνει προς το φακό	ig_2: εικονίζει το 'πατάω το κουμπί'
eg_2: πιάνει το αντικείμενο και το περιεργάζεται ή το μετακινεί	dg_3: δείχνει κάποιο σημείο γύρω από το τουβλάκι	ig_3: εικονίζει την κίνηση του φωτός
eg_3: κρατάει το σβηστό φακό προς το παιδί	dg_4: δείχνει προς όλη τη διάταξη	ig_4: εικονίζει το 'φακό'
eg_4: κρατάει το σβηστό φακό προς το χώρο	dg_5: δείχνει προς το χαρτί	**ig_5: εικονίζει το 'εμπόδιο'**
eg_5: ανάβει το φακό	**dg_6: δείχνει πίσω από τον εαυτό του**	**ig_6: εικονίζει την 'παρεμπόδιση'**
	dg_7: δείχνει προς τον εαυτό του	ig_7: εικονίζει τη σκιά
	dg_8: δείχνει κάποιον	**ig_8: εικονίζει το σεντόνι**
	dg_9: δείχνει τη σκιά	ig_9: εικονίζει τη μετακίνηση αντικειμένου

3. Αποτελέσματα

Καταδείχθηκε ότι 10 από τα 16 παιδιά εμφανίζουν ενσώματα στοιχεία μεταφοράς σωματικής έκφρασης ή/και προφορικού λόγου, τα οποία δεν εμφανίζονταν στον προ – έλεγχο. Στις απαντήσεις τους, οι τροπικότητες που δηλώνουν μεταφορά, συμβαδίζουν όλες με το επιστημονικά αποδεκτό για κάποιες διαστάσεις των όψεων του φαινομένου.
Τα παιδιά, για να μεταφέρουν ενσώματα στοιχεία από το πλαίσιο μάθησης (διδακτική παρέμβαση) στο πλαίσιο εφαρμογής (μετά – έλεγχος), πραγματοποίησαν δύο είδη μεταφορικών συλλογισμών, οι οποίοι εμφανίζουν στοιχεία *αντιστοίχησης* και *ενσωμάτωσης*.
Η αντιστοίχηση έγινε με δύο τρόπους και συγκεκριμένα με βοήθεια ή χωρίς βοήθεια από την ερευνήτρια. Επισημαίνεται ότι σύμφωνα με το Λεξικό της κοινής Νεοελληνικής (1998) αντιστοίχιση είναι «η συσχέτιση ή ο παραλληλισμός ενός στοιχείου με ένα άλλο». Η ερευνήτρια κατά τον μετά - έλεγχο ρωτούσε τα παιδιά πού θα γίνει η σκιά, έχοντας το φακό στραμμένο προς το τουβλάκι. Κάποια από τα παιδιά απαντούσαν λανθασμένα κι έτσι η ερευνήτρια παρείχε στα παιδιά τη σωματική ενθάρρυνση, στρέφοντας το σβηστό φακό προς το μέρος τους και ρωτώντας τα «πού θα γίνει τώρα η σκιά;». Με τον τρόπο αυτό, τα παιδιά ενεργοποιούσαν το πλαίσιο μάθησης και έψαχναν τη σκιά πίσω τους (βλ. Εικόνα 1 αριστερά). Στη συνέχεια, η ερευνήτρια ρωτούσε και πάλι τα παιδιά πού θα γίνει η σκιά από το τουβλάκι κι εκείνα έδειχναν σωστά πίσω από αυτό (βλ. Εικόνα 1 δεξιά).

Εικόνα 1: Το παιδί βρίσκει την απάντηση στο πλαίσιο με το σώμα (βλ. εικόνα αριστερά) και στη συνέχεια τη μεταφέρει στο πλαίσιο με το τουβλάκι (βλ. εικόνα δεξιά).

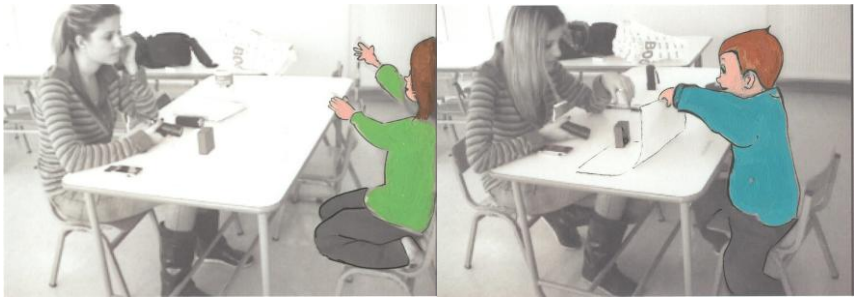
Έτσι, τα παιδιά φάνηκε να «λύνουν το πρόβλημα» που τους έθεσε η ερευνήτρια στο πλαίσιο που το έμαθαν («εκεί») και στη συνέχεια να επιστρέφουν στο «εδώ», αναγνωρίζοντας οπτικές αναλογίες μεταξύ της διάταξης φακός – τουβλάκι – σκιά κάτω και φακός – ανθρώπινο σώμα – σκιά στο πανί.
Επιπλέον, κάποια παιδιά πραγματοποίησαν αντιστοίχιση χωρίς να τους δοθεί βοήθεια από την ερευνήτρια. Σ αυτήν την περίπτωση, όταν η ερευνήτρια ρωτούσε τα παιδιά «τι συναντά το φως μπροστά του;» ή «τι παθαίνει το φως;», παρά το γεγονός ότι ο φακός ήταν στραμμένος στο τουβλάκι, τα παιδιά αυτά ενεργοποιούσαν αυθόρμητα, χωρίς βοήθεια, το πλαίσιο μάθησης. Έλεγαν λοιπόν πως το φως συναντά εκείνα ή πως εκείνα τα ίδια εμποδίζουν το φως να περάσει. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η περίπτωση του παιδιού στην Εικόνα 2, το οποίο δεν έλαβε υπόψη του ούτε καν το φακό που κρατούσε η ερευνήτρια. Αντίθετα, για να απαντήσει στο παραπάνω ερώτημα πραγματοποίησε μία παλινδρομική κίνηση μπροστά σε έναν φανταστικό ήλιο, λέγοντας πως όταν εκείνη βρίσκεται μπροστά από τον ήλιο το φως σταματά, ενώ όταν φεύγει από μπροστά του το φως περνάει.

Εικόνα 2: Παιδί: «Εγώ και ο ήλιος…. όταν κάνω έτσι κρύβεται … η σκιά … και όταν κάνω έτσι έρχεται»

Ένας άλλος τρόπος που κάποια παιδιά μετέφεραν τη γνώση, είναι ενσωματώνοντάς την σε ένα άλλο πλαίσιο. Ενσωμάτωση είναι «η τοποθέτηση ή η ένταξη ενός πράγματος μέσα σε άλλα, έτσι ώστε να αποτελεί κάτι το ενιαίο με αυτά και να χάνει την αυτοτέλειά του» (Λεξικό της Κοινής Νεοελληνικής 1998). Σε αυτήν την περίπτωση, όταν η ερευνήτρια στον μετά – έλεγχο ρωτούσε που θα σχηματιστεί η σκιά από το τουβλάκι και τα παιδιά απαντούσαν λανθασμένα, εκείνη τους παρείχε τη λεκτική ενθάρρυνση, δηλαδή τους ζητούσε να θυμηθούν που σχηματιζόταν η σκιά τους κατά την διδακτική παρέμβαση. Στο σημείο αυτό, κάποια παιδιά ενσωμάτωσαν στοιχεία από το πλαίσιο μάθησης στο πλαίσιο εφαρμογής. Συγκεκριμένα, έφτιαξαν ένα υβριδικό πλαίσιο για να απαντήσουν, τοποθετώντας πίσω από το τουβλάκι, το πανί στο οποίο σχηματίζονταν οι σκιές τους κατά τη διδακτική παρέμβαση.

Αυτό το έκαναν είτε εικονίζοντάς το με τα χέρια τους, είτε τοποθετώντας ένα χαρτί πίσω από αυτό (βλ. Εικόνα 3).

Εικόνα 3: Τα παιδιά εικονίζουν το πανί, είτε με τα χέρια είτε με ένα χαρτί



4. Συμπεράσματα

Όπως φαίνεται παραπάνω, τα περισσότερα παιδιά πραγματοποίησαν μεταφορά της γνώσης είτε λεκτικά είτε σωματικά, εμφανίζοντας διαφορετικούς τύπους συλλογισμών. Αξίζει να σημειωθεί ότι κάποια από τα παιδιά εμφανίζουν παραπάνω από έναν τύπο συλλογισμού κατά τη μεταφορά. Στον Πίνακα 3 παρουσιάζεται πόσα παιδιά αναπτύσσουν τον κάθε συλλογισμό, ή διαφορετικούς συλλογισμούς για κάποιο αντικείμενο αναφοράς.

Πίνακας 3: Κατηγορίες μεταφοράς

Κατηγορίες μεταφοράς	Αριθμός παιδιών	Αντικείμενο αναφοράς
Ενσωμάτωση	2	[σημείο σχηματισμού]
Αντιστοίχιση με βοήθεια	3	[σημείο σχηματισμού]
Αντιστοίχηση με βοήθεια + Αντιστοίχιση χωρίς βοήθεια	4	[σημείο σχηματισμού] + [ευθύγραμμη διάδοση] ή [παρεμπόδιση]
Ενσωμάτωση + Αντιστοίχιση χωρίς βοήθεια	1	[σημείο σχηματισμού] + [ευθύγραμμη διάδοση] ή [παρεμπόδιση]

Από τη βιβλιογραφία, αλλά και από την παρούσα έρευνα φαίνεται πως για να επιτευχθεί ενσώματη μεταφορά είναι απαραίτητο οι εκπαιδευτικοί να λαμβάνουν υπόψη κάποιους παράγοντες, καθώς οργανώνουν τη μαθησιακή διαδικασία. Οι πιο σημαντικοί είναι η ευελιξία στη σκέψη των παιδιών (Goldstone & Day 2012), τα κίνητρα για μάθηση που δίνονται στους εκπαιδευόμενους (Darling–Hammond & Austin 2003), η ενεργητική μάθηση, και ένα πλαίσιο διδασκαλίας που αξιοποιεί την καθημερινή ζωή των μαθητών (Darling–Hammond & Austin 2003, Goldstone & Day 2012). Στην παρούσα έρευνα οι παράγοντες αυτοί λήφθηκαν υπόψη κατά τον σχεδιασμό, γεγονός που πιθανά βοήθησε στην επίτευξη της μεταφοράς. Οι βοήθειες που δόθηκαν στα παιδιά σε περιπτώσεις μη απάντησης ενθάρρυναν την ευελιξία στη σκέψη των εκπαιδευόμενων, καθώς η ερευνήτρια τους παρείχε τη δυνατότητα να σκεφτούν και να απαντήσουν με έναν διαφορετικό τρόπο. Ακόμα, οι βοήθειες έδωσαν στα παιδιά κίνητρο να σκεφτούν και να απαντήσουν καθώς τους παρείχαν τη δυνατότητα ανατροφοδότησης και αναθεώρησης της αρχικής τους απάντησης. Επίσης, η διδακτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε ενθάρρυνε την ενεργητική μάθηση, καθώς τα παιδιά κατείχαν το ρόλο του

εμποδίου και είχαν τη δυνατότητα να διερευνήσουν πού υπάρχει φως και που όχι. Τέλος, η ενσώματη διδακτική παρέμβαση ήταν σχεδιασμένη σε πλαίσιο βασισμένο στην καθημερινή ζωή, καθώς τα παιδιά σχημάτιζαν τις δικές τους σκιές. Από τα παραπάνω, φαίνεται ότι οι δραστηριότητες που εμπεριέχουν σωματικές δράσεις μπορούν να οδηγήσουν τα παιδιά σε προσπάθεια για εφαρμογή των ενσώματων συλλογισμών τους σε διαφοροποιημένες καταστάσεις.

6. Βιβλιογραφία

Λεξικό της Κοινής Νεοελληνικής (1998). Ανακτήθηκε 23/3/2017, από το http://www.greek-language.gr.

Πουαγκαρέ, Μ., Κωνσταντίνου, Κ. & Ζαχαρία, Ζ. (2006). Διερεύνηση των δυνατοτήτων μεταφοράς γνώσης των μαθητών Β' Λυκείου από το γνωστό θεματικό πλαίσιο της δυναμικής και των δυναμικών πεδίων στο άγνωστο πλαίσιο της διαστημικής φυσικής. Στο Ε. Φτιάκα, Α. Γαγάτσης, Ι. Ηλία & Μ. Μοδέστου, Πρακτικά 9ου Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας, σσ. 363-376, http://www.pek.org.cy/Proceedings_2006/periexomena.htm, Ημερομηνία πρόσβασης: 25/1/2017

Clark, A. (2001). Reasons, robots and the extended mind. *Mind & Language*, *16*(2), 121-145.

Cook, S. W., Duffy, R. G. & Fenn, K. M. (2013). Consolidation and transfer of learning after observing hand gesture. *Child development*, *84*(6), 1863-1871.

Darling-Hammond, L. & Austin, K. (2003). *Session 11: Lessons for Life: Learning and Transfer*. Stanford University School of Education. Detroit Public Television and Mort Crim Communications.

Goldstone, R. L. & Day, S. B. (2012). Introduction to "new conceptualizations of transfer of learning". *Educational Psychologist*, *47*(3), 149-152.

Garbarini, F. & Adenzato, M. (2004). At the root of embodied cognition: Cognitive science meets neurophysiology. *Brain and Cognition*, 56, 100–106.

Hadzigeorgiou, Y. (2002a). The utilization of sensorimotor experiences for introducing young children to molecular motion: a report of a pilot study. *Physics Education*, *37*, 239–244.

Hadzigeorgiou, Y. (2002b). A study of the development of the concept of mechanical stability in preschool children. *Research in Science Education*, *32*, 373–391.

Herakleioti, E. & Pantidos, P. (2016). The contribution of the human body in young children's explanations about shadow formation. *Research in Science Education*, *46*(1), 21-42.

Jordan, B. & Henderson, A. (1995). Interaction analysis: Foundations and practice. *Journal of the Learning Sciences*, *4*(1), 39–103.

McNeil, N. M. & Uttal, D. H. (2009). Rethinking the use of concrete materials in learning: Perspectives from development and education. *Child Development Perspectives*, 3, 137–139.

Novack, M. A., Congdon, E. L., Hemani-Lopez, N. & Goldin-Meadow, S. (2014). From action to abstraction: Using the hands to learn math. *Psychological Science*, *25*(4), 903-910.

Pozzer-Ardenghi, L. & Roth, W. M. (2005). Photographs in lectures: Gestures as meaning-making resources. *Linguistics and Education*, *15*(3), 275–293.

Roth, W.-M. & Lawless, D. (2002). Signs, deixis, and the emergence of scientific explanation. *Semiotica*, 138(1/4), 95–130.

Shapiro, L. (2011). *Embodied cognition*. New York: Routledge.

Singer, M., Radinsky, J. & Goldman, S. R. (2008). The role of gesture in meaning construction. *Discourse Processes*, 45(4-5), 365-3.

Wilson, M. (2002). Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, *9*(4), 625-636.

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ (INSTALLATION ART): ΜΙΑ ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΙΔΕΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΦΩΣ ΜΕΣΩ ΥΛΙΚΩΝ ΤΕΧΝΗΜΑΤΩΝ

Ιωάννα Γιαννουλάτου, Αντιγόνη Παρούση, Βασίλης Τσελφές
ΤΕΑΠΗ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη
Ο όρος «εγκατάσταση» χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει καλλιτεχνικές δημιουργίες οι οποίες χρησιμοποιούν συνδυασμούς από διάφορες πλαστικές και παραστατικές τέχνες και δομούν έναν χώρο που περιλαμβάνει τον θεατή και τον οδηγεί στην (επ)οικοδόμηση/κατασκευή νοημάτων που επιθυμεί ο δημιουργός. Στη συγκεκριμένη εργασία, διερευνούμε τις δυνατότητες μιας εγκατάστασης να διαφοροποιήσει τη διδακτική λειτουργία των πειραμάτων επίδειξης. Εκπαιδευόμενοι εκπαιδευτικοί προσχολικής εκπαίδευσης, ακολουθώντας τις καλλιτεχνικές πειθαρχίες μιας εγκατάστασης, επιχειρούν να αντιμετωπίσουν το αδιέξοδο: τα πειράματα θέλουμε, από τη μια μεριά, να δείχνουν στους αμύητους τις θεωρητικές ιδέες που τα διατρέχουν, ενώ από την άλλη γνωρίζουμε ότι οι θεωρητικές ιδέες προϋπάρχουν των πειραμάτων, καθοδηγούν την κατασκευή τους και δεν αναδύονται απ' αυτά.

Abstract
The term "installation art" is used to describe artistic creations which use combinations of various artistic disciplines as well as performing arts and construct a "space" that includes the viewer and leads him in building/constructing meanings that the creator wishes. In this paper, we investigate the potential of an installation to differentiate the teaching approach of demonstration experiments. Pre-school student teachers, following the artistic disciplines of installation art, attempt to deal with the deadlock: on the one hand, we want demonstration experiments to show the inexperienced the theoretical ideas that traverse, while on the other hand, we know that theoretical ideas preexist experiments, guide their construction and do not emerge from them.

1. Εισαγωγή

Οι εγκαταστάσεις αποτελούν καλλιτεχνικές δημιουργίες που επιχειρούν να προβάλουν έννοιες/ιδέες, ενσωματώνοντας διαφορετικά είδη Τεχνών, καταλύοντας τα μεταξύ τους όρια και επιτρέποντας στον θεατή-επισκέπτη την ενεργό συμμετοχή (Χαραλαμπίδης 1995). Με τη λογική αυτή μάλλον εντάσσονται στην κατηγορία των εννοιολογικών τεχνών (Chandler & Lippard 1999 [1968]). Τα μέρη που συνθέτουν μια εγκατάσταση μπορεί να είναι υλικά ή και άυλα. Μπορούν να μεταφέρουν την πραγματική ζωή στον χώρο της έκθεσης. Ακόμη, μπορούν να περιέχουν αναλογικό ή ψηφιακό επικοινωνιακό υλικό. Σημαντικό όμως είναι να εντοπίσουμε ότι ενώ ο συνδυασμός των μερών αποτελεί το έργο τέχνης, από μόνα τους τα μέρη δεν παρουσιάζονται ως έργα. Έτσι, μια εγκατάσταση συντίθεται από τον χώρο που καταλαμβάνει και από τα τεχνήματα που βρίσκονται μέσα σε αυτόν . Ο θεατής μπορεί να εισέλθει μέσα στο έργο και να το προσεγγίσει με όσες αισθήσεις αυτό του επιτρέπει (Bishop 2005). Στις διαδραστικές εγκαταστάσεις οι καλλιτέχνες προσπαθούν να κατασκευάζουν και τις ιδιαίτερες εμπειρίες του κοινού τους. Προκαλούν, δηλαδή, τις αντιδράσεις του (De

Oliveira & Oxley 2003). Κατασκευάζουν δυνατότητες, μέσα από τις οποίες οι θεατές μπορούν να επιλέξουν και να βιώσουν εμπειρίες, που θα τους οδηγήσουν στην (εποικο)δόμηση νοημάτων τα οποία, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, θα ήθελαν οι καλλιτέχνες.

Σήμερα, οι εγκαταστάσεις χρησιμοποιούνται στον χώρο της μη τυπικής, τουλάχιστον, εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ). Ήδη, από τη δεκαετία του 1960, επιστήμονες και μουσειολόγοι σε συνεργασία με καλλιτέχνες δημιούργησαν εγκαταστάσεις μέσα σε μουσεία, με στόχο τη μάθηση των αρχών λειτουργίας των επιστημονικών ή τεχνολογικών εκθεμάτων. Αν και τα σύγχρονα μουσεία επιστημών τείνουν πια να σκηνοθετούν τα εκθέματά τους, με στόχο και τη συναισθηματική εμπλοκή των επισκεπτών τους (Κολιόπουλος 2017), δεν παύουν: α) να απομονώνουν ή να αντιδιαστέλουν τις επιστημονικές ιδέες από όλες τις άλλες (εμπειρικές-καθημερινές, παραδοσιακές, φιλοσοφικές κ.λπ.) και β) να χρησιμοποιούν ως βασικά συστατικά των εκθεμάτων τους κάποια επιστημονικά πειράματα επίδειξης, τα οποία η εγκατάσταση μπορεί να μετατρέπει και σε διαδραστικά. Τα ερωτήματα που προκύπτουν είναι, αντιστοίχως, δύο:

α) «κάνει καλό» στην κατανόηση και τη διάδοση των επιστημονικών ιδεών η απομόνωση και η αντιδιαστολή τους από όλες τις άλλες ιδέες που δημιουργούνται, είτε από μια τοπική κουλτούρα, είτε από μια οποιαδήποτε άλλη πειθαρχεία; Γιατί ο διαχωρισμός αυτός (που τελικά είναι και αξιακός) έχει δείξει, τουλάχιστον από την εφαρμογή του στην παγκόσμια Γενική Εκπαίδευση αλλά και από τον τρόπο που χρησιμοποιείται από τα ΜΜΕ, ότι συμβάλλει στην άσκηση μιας σύγχρονης «διανοητικής τυραννίας» στο όνομα της επιστήμης (Feynman 1968) ενώ ταυτόχρονα καταδικάζει τις επιστημονικές ιδέες να αντιμετωπίζονται από συντριπτικά ποσοστά πολιτών ως ακατανόητες.

β) Προβάλλουν τα επιστημονικά τεχνήματα, όπως τα πειράματα επίδειξης, προς τους μη ειδικούς θεατές τις επιστημονικές ιδέες που τα δημιούργησαν (Τσελφές & Παρούση 2008, 2015); Εδώ, οι Roth και Lucas (1997), καθώς και ο Roth (2005) απαντούν με επιφυλάξεις. Συγκεκριμένα, η ανάλυση του Roth (2005) κατηγοριοποιεί τους θεατές σε αυτούς που *κοιτάζουν* ένα πείραμα/επιστημονικό τέχνημα, σε αυτούς που το *παρατηρούν* και σε αυτούς που το *θεωρούν*. Το *κοίταγμα* μοιάζει με αυτό που κάνουμε καθημερινά όταν περπατάμε στους δρόμους μιας πόλης. Όταν οι θεατές *κοιτάζουν* ένα τέχνημα δεν εμπλέκονται σε μια δραστηριότητα εννοιολογικής δόμησης και δεν ανακαλούν ιδιαίτερα εννοιολογικά σχήματα για να αναπαραστήσουν τη λειτουργία του. Η *παρατήρηση* εμπλέκει τους θεατές με τρόπους που τους οδηγούν να συνδέουν την τρέχουσα εμπειρία τους με προηγούμενες και να χρησιμοποιούν, ίσως και νέα, σχήματα για να κάνουν τις συνδέσεις μεταξύ των δύο. Η *θεώρηση*, τέλος, εμπλέκει τους θεατές στην εννοιολογική κατασκευή/οικοδόμηση του γεγονότος-τεχνήματος το οποίο παρατηρούν, ως ενδεικτικού ενός μοντέλου ή μιας ιδέας και επομένως ως μέρος ενός κόσμου με ιδιαίτερη πολιτιστική ταυτότητα. Στην επιστήμη, υποτίθεται ότι ο κατασκευασμένος κόσμος των υλικών τεχνημάτων-πειραμάτων μπορεί να *θεωρηθεί* όταν κάποιος διαθέτει εξειδικευμένες ικανότητες, οι οποίες είναι πιθανότερο να βρεθούν σε θεατές που έχουν θεωρητικές γνώσεις ή και εμπειρία της επιστημονικής δραστηριότητας. Ικανότητες που συνήθως δεν διαθέτουν οι αμύητοι θεατές. Ικανότητες που, αντίθετα, επιθυμούμε να αναπτύξουν οι τελευταίοι, αν υποθέσουμε ότι θα θέλαμε να μάθουν στοιχεία επιστήμης (Milne & Otieno 2007).

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Το ερώτημα που προκύπτει από τα παραπάνω είναι το ακόλουθο: Μπορεί άραγε η καλλιτεχνική καθοδήγηση μιας εννοιολογικής Τέχνης, όπως η εγκατάσταση, να μετασχηματίσει κατάλληλα το επιστημονικό περιεχόμενο μιας θεματικής έτσι ώστε μέσω

ενός συνολικού έργου τέχνης: α) να αποκατασταθούν γέφυρες (και όχι χάσματα) μεταξύ επιστημονικών ιδεών και ιδεών με διαφορετική «καταγωγή» και β) να διαμεσολαβηθούν εκείνα τα μηνύματα που απαιτούνται, ώστε οι μη ειδήμονες θεατές να μπορέσουν να *θεωρήσουν* ένα επιστημονικό τέχνημα/πείραμα επίδειξης; Το ερώτημα αυτό επιχειρήσαμε να απαντήσουμε μέσω μιας εγκατάστασης - μελέτης περίπτωσης, που φιλοδοξούσε να «διδάξει» ιδέες για το φως, τόσο στους μη ειδικούς εκπαιδευόμενους εκπαιδευτικούς, που συνέβαλλαν στη δημιουργία της εγκατάστασης, όσο και στους μη ειδικούς επισκέπτες της.

Η δημιουργία της εγκατάστασης

12 φοιτήτριες του Τμήματος εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, του ΕΚΠΑ, που είχαν παρακολουθήσει σε προηγούμενο εξάμηνο σπουδών ένα πρώτο διεπιστημονικό εργαστηριακό μάθημα «Θεατρικές εφαρμογές και διδακτική της φυσικής Ι», χωρίστηκαν σε έξι ομάδες και ανέλαβαν με την καθοδήγηση των διδασκόντων τους (ένας ειδικός στη φυσική και τη διδακτική της, μία ειδικός στη θεατρική έκφραση/σκηνοθεσία και μια μεταπτυχιακή φοιτήτρια με σπουδές και έργο στις εγκαταστάσεις) να δημιουργήσουν έναν εικαστικό χώρο/εγκατάσταση, ο οποίος να προβάλει ιδέες σχετικές με τη φύση ή τις ιδιότητες του φωτός.

Το εγχείρημα είχε να αντιμετωπίσει δύο «δημιουργικά» εμπόδια. Το πρώτο απ' αυτά ήταν το γεγονός ότι οι φοιτήτριες, εκπαιδευόμενες νηπιαγωγοί, δεν είχαν ικανοποιητική γνώση, έστω και κάποιων θεωριών από τις Φυσικές Επιστήμες. Επιπλέον, διαποτισμένες από την εμπειριστική λογική της σχολικής επιστήμης δυσκολεύονταν ακόμη και να πιστέψουν ότι μια επιστημονική ιδέα δεν είναι αισθητή αλλά νοείται. Συγκροτείται, δηλαδή, από αφηρημένα και μη αισθητά νοητικά σχήματα/μοντέλα που αναπαριστούν με διαφορετικό τρόπο τα ίδια γεγονότα που προσλαμβάνει κάποιος εμπειρικά (στο πλαίσιο πάντα μιας τοπικής κουλτούρας). Το δεύτερο εμπόδιο ήταν σχετικό με όσα αναφέρουμε στην εισαγωγή μας. Αφορούσε την πολιτισμική απομόνωση της επιστημονικής γνώσης και τους τρόπους που ένας μη ειδικός θεατής προσλαμβάνει ένα επιστημονικό τέχνημα. Και χαρακτηρίζουμε «δημιουργικά» αυτά τα εμπόδια, επειδή αποφασίσαμε να τα εκμεταλλευτούμε θετικά: να τα βιώσουμε για να τα ξεπεράσουμε.

Έτσι, αποφασίσαμε ότι η υπόθεση που μπορεί να δώσει θετική διέξοδο στα παραπάνω εμπόδια ήταν η ακόλουθη: αν η εγκατάσταση περιλάμβανε μια σειρά τεχνημάτων, κάποια από τα οποία δεν είχαν αναφορά σε επιστημονικές ιδέες αλλά σε ιδέες από την παράδοση, τη φιλοσοφία ή και τη θρησκεία, τότε ίσως, οι φοιτήτριες που συμμετείχαν ομαδικά στην κατασκευή των τεχνημάτων θα αντιλαμβάνονταν σχετικά εύκολα ότι ένα τέχνημα που συνδέει το φως με μια φιλοσοφική, για παράδειγμα, ιδέα δεν αναπαριστά την ιδέα αλλά παραπέμπει έμμεσα σ' αυτή. Τότε, ίσως και οι επισκέπτες-θεατές της εγκατάστασης θα προσέγγιζαν την επίδειξη ή την αλληλεπίδραση με ένα επιστημονικό τέχνημα ή πείραμα ως διαδικασία που παραπέμπει σε επιστημονική ιδέα χωρίς να την αναπαριστά αισθητά και θα προσπαθούσαν να τη *θεωρήσουν*, όπως κατ' αναλογία θα την είχαν θεωρήσει και στις περιπτώσεις τεχνημάτων που προβάλλουν παραδοσιακές ιδέες.

Επιπλέον, περιμέναμε ότι η παραπάνω υπόθεση θα στηριζόταν και ως προς τα δύο σκέλη της επαρκώς από την καλλιτεχνική φύση της δραστηριότητας. Η καλλιτεχνική δημιουργία έχει φανεί από την εμπειρία του προγράμματος «Θεατρικές εφαρμογές και διδακτική της φυσικής» (Τσελφές & Παρούση 2015), ότι αφενός αποτελεί ένα ισχυρό κίνητρο για τις φοιτήτριες να εμπλακούν αποτελεσματικά και με ζητήματα θεωρητικού περιεχομένου φυσικών επιστημών, ενώ την ίδια στιγμή η καλλιτεχνική παραγωγή αποτελεί ένα πεδίο όπου και οι μη ειδικοί κατανοούν ότι τα όσα βλέπουν παραπέμπουν σε ιδέες που βρίσκονται «από πίσω» και δεν δηλώνονται/παρουσιάζονται ρητά (Τσελφές & Παρούση 2017).

Δεδομένα και ανάλυση δεδομένων

Α. Σημειωτική προσέγγιση της εγκατάστασης.
Οι φοιτήτριες κατασκεύασαν και εξέθεσαν εννέα δημιουργίες σχετικές με εννέα διαφορετικές ιδέες για το φως. Τρεις από τις ιδέες αυτές συνδέονταν με αφηγήσεις της ελληνικής παράδοσης, δύο με φιλοσοφικές προσεγγίσεις και τέσσερεις με επιστημονικές υποθέσεις. Κάθε δημιουργία/τέχνημα, μέσα στο γενικότερο πλαίσιο της εγκατάστασης, προσπαθούσε να προβάλει ένα κεντρικό «σημείο» αντιπροσωπευτικό της κάθε ιδέας. Ένα πρώτο λοιπόν επίπεδο ανάλυσης αφορούσε το κατά πόσο η κάθε δημιουργία πετύχαινε σημειωτικά το στόχο της. Κατά πόσο δηλαδή το συνολικό *αναφερόμενο* της εγκατάστασης αλλά και το *αντιπροσωπεύον/σημαίνον* της κάθε δημιουργίας χωριστά, συνδέονταν επαρκώς με την επιδιωκόμενη από τις φοιτήτριες-δημιουργούς *διερμηνευόμενη/σημαινόμενη* ιδέα περί φωτός (Peirce 1964). Τα αποτελέσματα αυτής της ανάλυσης θεωρούμε ότι απαντούν τα ερωτήματά μας ως προς το καλλιτεχνικό σκέλος τους: πέτυχε καλλιτεχνικά η εγκατάσταση να ενοποιήσει ιδέες με διαφορετικές «καταγωγές» και ταυτόχρονα να εννοιολογήσει και τις «δύσπεπτες» επιστημονικές ιδέες;
Β. Εννοιλογική προσέγγιση της εγκατάστασης από τις φοιτήτριες.
Οι φοιτήτριες, μετά την ολοκλήρωση της εγκατάστασης και την προφορική τους αξιολόγηση, παρέδωσαν ένα γραπτό κείμενο, ανά ομάδα, όπου περιέγραφαν, κατά το δυνατόν αναλυτικά, τις ιδέες που προέβαλαν (καλλιτεχνικά) εντός του πλαισίου της προέλευσής τους (παράδοση, φιλοσοφία ή επιστήμη). Εξέθεταν επίσης τα σημαντικά γι' αυτές χαρακτηριστικά ή γεγονότα που προέκυψαν στην αλληλεπίδρασή τους με το κοινό/επισκέπτες της εγκατάστασης.
Τα κείμενα αυτά αναλύθηκαν αποκλειστικά ως προς το εννοιολογικό τους περιεχόμενο με βάση τη λογική του επιστημονικού ρεαλισμού (Hacking 1992, 1995, Τσελφές 2003). Το συγκεκριμένο μοντέλο προβλέπει ότι ένα κομμάτι *Κόσμου* (C), που έχει κατασκευαστεί «προς τούτοις», προβάλλει, είτε αισθητά, είτε μέσω της παρεμβατικής αλληλεπίδρασης μαζί του, μια σειρά από *Τεκμήρια* (E). Τα τεκμήρια αυτά πρέπει να βρίσκονται σε συμφωνία με κάποιες περισσότερο ή λιγότερο αφηρημένες *Ιδέες* (I), ιδέες που καθοδήγησαν την κατασκευή του κομματιού (C). Για την περίπτωση των εργαστηριακών φυσικών επιστημών, οι συνδέσεις μεταξύ Κόσμου, Τεκμηρίων και Ιδεών (C-E-I) διέπονται από «κανόνες» που δίνουν μορφή στις επιστήμες και σταθεροποιούν την παράδοσή τους (αιτήματα πληρότητας, απλότητας, καθολικότητας, ερμηνευτικής ικανότητας κ.λπ.). Στην περίπτωσή μας, αποφασίσαμε το παραπάνω μοντέλο να προεκταθεί και σε τεχνήματα (C) που είναι αποτέλεσμα κυρίως καλλιτεχνικής και όχι επιστημονικής δραστηριότητας. Εδώ, οι συνδέσεις C-E-I που εντοπίζει η ανάλυσή μας καταλήγουν να λειτουργούν, περισσότερο ή λιγότερο, σημειωτικά: τα Τεκμήρια (E) ταυτίζονται με το αντιπροσωπεύον-σημαίνον των τεχνημάτων ενώ οι Ιδέες (I) με το διερμηνεύον-σημαινόμενο, αφήνοντας ασαφή τη σημειωτική λειτουργία του Κόσμου (C). Έτσι, αυτό το βήμα της ανάλυσης φαίνεται χρήσιμο, μιας και εκτός από το ότι αποκαλύπτει το επίπεδο κατανόησης (άρα και μάθησης) των φοιτητριών, το σχετικό με τις ιδέες που επιχειρούν να προβάλουν, αποκαλύπτει σε σύγκριση με την προηγηθείσα σημειωτική ανάλυση και τη σημειωτική τους κατανόηση/επάρκεια και άρα και τη μάθησή τους στο καλλιτεχνικό αντικείμενο.
Γ. Η προσέγγιση των θεατών.
Την εγκατάσταση, η οποία λειτούργησε για τέσσερις ώρες, επισκέφτηκαν 39 θεατές, που ενημερώθηκαν για το γεγονός από τις φοιτήτριες. Οι επισκέπτες (ενήλικες και παιδιά) μετά την επίσκεψή τους, έδωσαν μια μικρή συνέντευξη ή έγραψαν, σε χώρους που είχαν προετοιμαστεί γι' αυτό, τις εντυπώσεις τους, με έμφαση στο εννοιολογικό περιεχόμενο του καλλιτεχνικού γεγονότος. Τα κείμενα και οι αποδελτιωμένες συνεντεύξεις των επισκεπτών

αποτέλεσαν ένα σύνολο δεδομένων, που αναλύθηκε στην κατεύθυνση του να απαντηθεί το ερώτημα: με ποιους τρόπους η εγκατάσταση επικοινώνησε τις ιδέες για το φως στους επισκέπτες της.
Το πλαίσιο ανάλυσης (ανάλυση περιεχομένου των κειμένων) προσπάθησε να εντάξει τις τοποθετήσεις των επισκεπτών σε τρία επίπεδα (Roth 2005). Σύμφωνα μ' αυτά, οι επισκέπτες:
α) *κοίταξαν* τα τεχνήματα, χωρίς να κάνουν κάποια ιδιαίτερη προσπάθεια να τα εννοιολογήσουν. Στα σχετικά κείμενα υπάρχουν μόνο σχόλια (θετικά ή αρνητικά) για τις φοιτήτριες-δημιουργούς ή και για τους καθηγητές τους.
β) τα *παρατήρησαν*, δηλαδή προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν τις προσωπικές τους ιδέες για να κατανοήσουν όσα είδαν ή έκαναν στον χώρο της εγκατάστασης. Στα σχετικά κείμενα διατυπώνονται κριτικές (θετικές ή αρνητικές) απόψεις για το εννοιολογικό περιεχόμενο των τεχνημάτων ή
γ) τα *θεώρησαν*, δηλαδή προσπάθησαν να κατανοήσουν τα γεγονότα ως ενδεικτικά κάποιων συγκεκριμένων μοντέλων ή κάποιων ιδεών και επομένως ως μέρη ενός κόσμου με ιδιαίτερη πολιτισμική ταυτότητα. Στα σχετικά κείμενα περιγράφονται νέες ιδέες, σχετικές με θέματα της εγκατάστασης, οι οποίες όμως γεννήθηκαν στους ίδιους μέσα από την εμπειρία της επίσκεψης.

3. Αποτελέσματα

Η εγκατάσταση είχε δηλωμένο και αναρτημένο στην είσοδο τίτλο: «Πωλούνται θεωρίες για το φως» και υπότιτλο: «Πληρώνεται στην έξοδο λέγοντας την άποψή σας». Στο εσωτερικό στήθηκε ένα εικαστικό περιβάλλον, που έπαιζε χρωματικά με το μαύρο και το άσπρο (σκοτάδι – φως): μαύρη αίθουσα με άσπρους πάγκους, πάνω στους οποίους τοποθετήθηκαν τα τεχνήματα. Από το ταβάνι στο πίσω μέρος της αίθουσας έπεφτε ένα άσπρο αλεξίπτωτο, πάνω στο οποίο γινόταν μία προβολή. Ένα άσπρο χαρτί ξεκινούσε από το κέντρο του πανιού και διέσχιζε την αίθουσα χωρίζοντας την στα δύο. Οι επισκέπτες μπορούσαν να γράψουν, να ζωγραφίσουν, πάνω του τις εντυπώσεις τους και όχι μόνο. Συνοπτικά στοιχεία της κάθε ιδέας ήταν αναρτημένα σε μεγάλα πανό πίσω από κάθε πάγκο. Οι φοιτήτριες, ντυμένες στα άσπρα, ήταν παρούσες και προσπαθούσαν να «πουλήσουν» τις ιδέες τους στους επισκέπτες.
Οι ιδέες που εκτέθηκαν μέσω των τεχνημάτων περιλάμβαναν:
Τρεις ιδέες για τη *«δημιουργία» του φωτός*. Το φως ως φωτιά που έφερε στους ανθρώπους ο Προμηθέας (ένας δαυλός που έκαιγε, με λεζάντα «Πάρε φως! Δώσε μου το συκώτι σου!»), το φως ως δημιουργία του Θεού (εκκλησιαστικά σύμβολα με λεζάντα «και έγενετο φως»), το φως στο ξεκίνημα της μεγάλης έκρηξης (μια κατασκευή σε στιλ «μπαμπούσκας» που οδηγούσε μέσω εικόνων από το σήμερα, πίσω, στη μεγάλη έκρηξη).
Δύο ιδέες με *το φως ως φωτιά*. Το φως ως ένα από τα στοιχεία του Αριστοτέλη (γη, νερό, αέρας και φωτιά), όπου οι επισκέπτες καλούνταν να τα αναμείξουν για να φτιάξουν ότι ήθελαν, ή ως «εσωτερική φωτιά», στη θεωρία των απορροών του Πλάτωνα, όπου με λεζάντα «ο καθρέφτης του Πλάτωνα», «έβγαινε φως» από τα μάτια των επισκεπτών (με χρήση λογισμικού) όταν αυτοί δοκίμαζαν να τραβήξουν μια φωτογραφία τους (σέλφι).
Μια ιδέα με το φως εργαλείο. Μια κατασκευή-παιχνίδι όπου οι επισκέπτες προσπαθούσαν με τη χρήση κοίλου κατόπτρου να εκτρέψουν το φως ενός εικονικού Ήλιου και να «κάψουν» τα πλοία του εχθρού.
Δύο ιδέες για τη φύση του φωτός, ως σωματίδια ή ως κύμα. Στη μια κατασκευή οι επισκέπτες χρησιμοποιούσαν ομπρέλα για να προστατευθούν από τη «βροχή σωματιδίων» (οι φοιτήτριες τραβούσαν και μια αναμνηστική φωτογραφία χρησιμοποιώντας το «κινητό» των επισκεπτών). Στην άλλη οι επισκέπτες δοκίμαζαν το πείραμα του Fresnel και παρατηρούσαν

τη μικρή φωτεινή κηλίδα στο κέντρο της σκιάς ενός αδιαπέραστου από το φως κυκλικού δίσκου.
Η ιδέα της σχετικότητας του χρόνου, όπου το φως που τη δημιουργεί λειτουργεί ως ελιξίριο νεότητας. Εδώ οι φοιτήτριες «πωλούσαν» εισιτήρια για ταξίδια με γρήγορα διαστημόπλοια, προβάλλοντας ταυτόχρονα και ένα διαφημιστικό σποτ.

Αποτελέσματα από τη σημειωτική προσέγγιση εγκατάστασης

Αναλυτικά για το περιβάλλον της εγκατάστασης και ιδιαίτερα για τις επιστημονικές ιδέες τα αποτελέσματα της σημειωτικής ανάλυσης δείχνουν ότι ο τίτλος της εγκατάστασης, μαζί με τον υπότιτλο σημειωδοτούσε με λόγο ένα αναφερόμενο αλληλεπιδραστικής εμπειρίας (πάρε-δώσε) μέσω ιδεών/«θεωριών», την ίδια στιγμή που το κυρίαρχο μαύρο-άσπρο του συνολικού αντιπροσωπεύοντος διερμήνευε με επιτυχία το δίπολο φως-σκοτάδι. Καλλιτεχνικά λοιπόν το περιβάλλον της εγκατάστασης φαίνεται ότι πετύχαινε να παραπέμψει σε ένα σύνολο εννοιών για το φως που κάποιες απ' αυτές τουλάχιστον θα είχαν σχέση με την επιστήμη (σήμανση μέσω του όρου «θεωρίες»). Για τις τελευταίες, η ανάλυση των επιμέρους τεχνημάτων δείχνει σημαντική σημειωτική επιτυχία ανεξάρτητα από το αν τα τεχνήματα που κατασκεύασαν οι φοιτήτριες περιλάμβαναν ή όχι πειραματικές διατάξεις (δες πίνακα 1).

Πίνακας 1: Σημειωτική ανάλυση τεχνημάτων που προέβαλαν επιστημονικές ιδέες

I. Για το φως ως παράγωγο της Μεγάλης Έκρηξης	
Στοιχεία εγκατάστασης: 1. Εκτυπωμένη αφίσα με λόγο που περιέγραφε το μοντέλο της Μεγάλης Έκρηξης, 2. Πέντε μαύρα κουτιά τοποθετημένα το ένα μέσα στο άλλο. Πάνω στο σκέπασμα του κάθε κουτιού υπήρχαν εικόνες που αναπαριστούσαν στιγμιότυπα του κόσμου από το σήμερα μέχρι την μεγάλη έκρηξη. Το τελευταίο κουτί είχε μέσα έναν μικρό καθρέφτη και μια φωτεινή πηγή, 3. Το αλεξίπτωτο ως επιφάνεια προβολής, 4. Βίντεο με λόγο και εικόνα που περιέγραφε τη Μεγάλη Έκρηξη.	Η αφίσα και το βίντεο χρησιμοποιώντας τους κώδικες με τους οποίους είμαστε εξοικειωμένοι (λόγο, γραπτό λόγο, εικόνα) πετυχαίνουν τον σημειωτικό τους στόχο συνυπάρχοντας άρτια με το σύνολο της εγκατάστασης και των ιδεών πίσω από αυτή. Τα κουτιά ενώ πετύχαιναν τη σχηματοποίηση της αντίστροφης πορείας της εξέλιξης του κόσμου που υπήρχε στο πλαίσιο των αναφερομένων του θέματος της εγκατάστασης (αλλά και των 1 και 2), σημειολογικά μάλλον αποτύγχανε, καθώς στο τελευταίο κουτί, όπου οι φοιτήτριες ήθελαν να νοηματοδοτήσουν τη στιγμή της Μεγάλης Έκρηξης (με το άναμμα της φωτεινής πηγής), τοποθέτησαν και έναν καθρέφτη στον οποίο ο θεατής έβλεπε τον εαυτό του, διερμηνεύοντας (στο πλαίσιο μιας ελεύθερης θρησκευτικής μάλλον παραλλαγής) τον κάθε επισκέπτη ως «Δημιουργό».
II & III. Το φως «σωματίδιο» - Το φως «κύμα»	
Στοιχεία εγκατάστασης: 1. Πανί προβολής βίντεο, 2. Βίντεο με εικόνα βροχής σωματιδίων, 3. Η εικονοποίηση των σωματιδίων ήταν σαν φωτεινές σφαίρες και η κίνησή τους ήταν από πάνω προς τα κάτω, 4. Ομπρέλα βροχής, 5. Κατασκευή στήριξης του δίσκου που ήταν απαραίτητος για να γίνει το πείραμα, 6. Φακός, 7. Εκτυπωμένες αφίσες με λόγο και εικόνα που πρόβαλλαν τις θεωρίες, 8. Εστιασμένος φωτισμός, 9. Φωτογραφική μηχανή.	Το φως «σωματίδιο» και Το φως «κύμα» ήταν δύο διαφορετικού τύπου εγκαταστάσεις τοποθετημένες δίπλα δίπλα. Η ποιοτική διαφορά των αντιπροσωπευόντων και των διερμηνευόμενων στοιχείων τους, ενόσω ενυπήρχαν στο πλαίσιο των ιδίων αναφερομένων, ενεργοποιούσε ακόμα περισσότερο τη σημειωτική λειτουργία όλων των επιμέρους στοιχείων. Μερικά στοιχεία είχαν πολύ έντονη σημειωτική λειτουργία, όπως π.χ. η βροχή των σωματιδίων και η ομπρέλα, αντιπροσωπεύοντα που είναι οικεία αλλά διερμηνεύονται λόγω του γενικού πλαισίου της έκθεσης με ένα διαφορετικό τρόπο, που δημιουργεί επιτυχώς νέες συνδέσεις. Άλλα στοιχεία (5, 6, 7) που μπορεί να μην είχαν τόσο ισχυρή σημειωτική λειτουργία, στο αναφερόμενο πλαίσιο και δίπλα στα ισχυρά, θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι απέκτησαν και αυτά την συμβολική ιδιότητα της παραπομπής του νοητού αντικειμένου που είχαν κληθεί να αντιπροσωπεύσουν.

IV. Το φως και η σχετικότητα του χρόνου	
Στοιχεία εγκατάστασης: 1. Κατασκευή με ομπρέλα ηλίου και πάγκο που προσομοίωνε περίπτερο πώλησης, 2. Τηλεόραση, 3. Βίντεο διαφημιστικό για το φανταστικό προς πώληση προϊόν, 4. Εισιτήρια για το ταξίδι νεότητας, 5. Πωλήτριες (ρόλος).	Τα επιμέρους στοιχεία της εγκατάστασης εντάσσονται με πολλαπλούς τρόπους στο αναφερόμενο πλαίσιο της θεματικής «Πωλούνται θεωρίες για το φως». Τα (1, 3, 4, 5), νοηματοδοτούνται μέσω της συνύπαρξης τους και γίνονται αντιπροσωπευτικά της ιδέας της σχετικότητας του χρόνου, μέσα από το μεταφορικό πλαίσιο του ταξιδιού νεότητας, της θεατρικής αναπαράστασης της πώλησης, του διαφημιστικού σποτ (το οποίο έχει άμεσες αναφορές στους υπάρχοντες κώδικες της κουλτούρας των θεατών) αλλά και την υλική υπόσταση του εισιτηρίου το οποίο είναι δηλωτικό της ένταξης της εγκατάστασης στο περιβάλλον «αγοράς» που διέτρεχε την εγκατάσταση. Όλα μαζί δημιουργούν έναν νέο κόσμο που αναφέρεται στην ζητούμενη ιδέα, χωρίς όμως να προσφέρουν ένα σημείο το οποίο μπορεί να ερμηνευθεί αυτόνομα ως αντιπροσωπευτικό της θεωρίας του Αϊνστάιν.

Αποτελέσματα από την εννοιολογική προσέγγιση

Στα κείμενά τους οι ομάδες των φοιτητριών πραγματοποιούν κυρίως συνδέσεις μεταξύ των τεχνημάτων που κατασκεύασαν (C) και των αισθητών τους χαρακτηριστικών (E), στην προσπάθειά τους να περιγράψουν τις κατασκευές τους (π.χ. *η κατασκευή (C) βασιζόταν σε ένα βίντεο-περιβάλλον μέσα στο οποίο έμπαινε ο θεατής για να φωτογραφηθεί με τη βροχή σωματιδίων (E)*). Πραγματοποιούν με επίσης μεγάλη συχνότητα συνδέσεις μεταξύ των αισθητών χαρακτηριστικών των τεχνημάτων τους (E) και των ιδεών (I) που επιθυμούσαν να προβάλουν με αυτά, στην προσπάθειά τους να δικαιολογήσουν τα αισθητά χαρακτηριστικά που επέλεξαν για την κάθε κατασκευή, συνδέσεις που τελικά αναδείκνυαν τη σημειωτική σχέση σημαίνοντος-σημαινόμενου (π.χ. *το βίντεο-περιβάλλον φωτογράφησης με τα σωματίδια (E) έδινε τροφή για περαιτέρω αναζήτηση του φαινομένου (I)*). Σπάνιες είναι όμως οι συνδέσεις μεταξύ των τεχνημάτων συνολικά (C) και των ιδεών (I) που αυτά επιχειρούσαν να προβάλουν. Επιπλέον, σ' αυτές τις λίγες συνδέσεις τα κομμάτια του κόσμου (C) αποτελούσαν πάντα επιμέρους κομμάτια των τεχνημάτων. Αυτό δημιουργεί αμφιβολίες για το αν οι φοιτήτριες επιχειρούσαν συνδέσεις του C με τις I και όχι συνδέσεις E με I (π.χ. *η φωτεινή πηγή (C) δημιουργούσε την αναλογία με τον ήλιο και το ηλιακό φως που έπρεπε να συγκεντρωθεί (I)*).

Αποτελέσματα από την προσέγγιση των επισκεπτών

Σε σχέση με τον τρόπο που προσέγγισαν την εγκατάσταση οι επισκέπτες τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 2, που ακολουθεί.

Πίνακας 2: Τρόποι με τους οποίους οι επισκέπτες προσέγγισαν την εγκατάσταση

Οι επισκέπτες…	Κοίταξαν	Παρατήρησαν	Θεώρησαν
	4	16	19

Ο πίνακας κατασκευάστηκε εντάσσοντας στις τρεις κατηγορίες τα σχόλια των επισκεπτών, με βάση τη λογική του Roth (2005). Για παράδειγμα επισκέπτης που δήλωσε «*Εμένα μου άρεσαν τα δύο πρώτα, αυτό με την κυματιδιακή… δηλαδή δεν το χα στο νου μου… Όλα ήταν τόσο διαφορετικά... Ήταν πολύ όμορφα*», εντάχθηκε σε όσους «κοίταξαν» τα εκθέματα. Επισκέπτης που δήλωσε «… *Αυτό που δεν ήταν σαφές από την αρχή είναι το θέμα. Ήταν η φυσική; Οι φυσικές επιστήμες γενικά; Τελικά ήταν το φως; Θα ήθελα λίγη περισσότερη εμβάθυνση στο*

επιστημονικό του κομμάτι, ένα κλικ παραπάνω, εκεί που υπήρχε περιθώριο...» είναι μάλλον προφανές ότι παρατήρησε. Ενώ σχόλια όπως «*Απίστευτο… Μπορεί και να υπάρχουν κι άλλες θεωρίες και να μην τις ξέρουμε; Δηλαδή αυτό μου έβγαινε. Όχι υποχρεωτικά επιστημονικές… Για το φως το μέσα, που το είδα στον Πλάτωνα. Το φως το μέσα από που προέρχεται; Δεν κατάλαβα, γιατί πολύ μορφώθηκα. Το φως το μέσα υπάρχει ή δεν υπάρχει;…*» ή «*Κοίταξε, μας έβγαλαν εκείνα που ποτέ δεν καταγράψαμε όταν έπρεπε… Εκείνα που είναι τα πιο σημαντικά για να κρατάει κανείς στο μυαλό του και να τα ξέρει την ώρα που ξημερώνει… Με τη μορφή ενός συνθήματος σου βγάλαν θεωρία. Φοβερό δεν είναι;…*», παραπέμπουν αναμφίβολα σε θεώρηση.

4. Συμπεράσματα

Τα παραπάνω αποτελέσματα απαντούν θετικά και στα δύο ερωτήματά μας. Συγκεκριμένα, τόσο από τη σημειωτική ανάλυση, όσο και από τις αντιδράσεις των επισκεπτών, φαίνεται ότι η Τέχνη καθοδηγεί τις κατασκευές της εγκατάστασης με τρόπο, που οι γέφυρες μεταξύ επιστημονικών ιδεών και ιδεών με διαφορετική «καταγωγή» είναι τόσο «φυσιολογικές» ώστε δεν διακρίνονται καν. Είναι η Τέχνη δηλαδή εκείνη που, εντάσσοντας και τα επιστημονικά τεχνήματα στις κατασκευές της, μπορεί να διαμεσολαβήσει τα μηνύματα που απαιτούνται, ώστε οι μη ειδήμονες θεατές να *θεωρήσουν*, μέσω του συνολικού έργου και τις επιστημονικές ιδέες.

Αν και οι φοιτήτριες δεν καλλιέργησαν ιδιαίτερα τον θεωρητικό επιστημονικό τους λόγο ή τη θεωρητική απεικόνιση των κόσμων τους, πέτυχαν να συνδέσουν λογικά τα αισθητά τεκμήρια των κατασκευών τους με τις επιστημονικές ιδέες μέσα από μια μάλλον σημειωτική διαδρομή. Μια διαδρομή που φαίνεται ότι χαράσσει μια υποσχόμενη εναλλακτική διδακτική πρόταση.

Ως επίλογο, τέλος, παραθέτουμε τα, έστω και συναισθηματικά φορτισμένα, σχόλια μιας ομάδας φοιτητριών: *Δίνουμε φως. Παίρνουμε φως. Είμαστε φως. Με νερό, φωτιά, αέρα και χώμα φτιάχνουμε ένα κόσμο γεμάτο φως, μουσική κι ελπίδα! Ευχαριστούμε που μας δείχνετε το πώς εδώ και χρόνια!*

5. Βιβλιογραφία

Κολιόπουλος, Δ. (2017). *Η διδακτική προσέγγιση του μουσείου φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Τσελφές, Β. (2003). Μια πρόταση για τη διδασκαλία των Εργαστηριακών Φυσικών Επιστημών στηριγμένη στην κατά Ian Hacking προσέγγιση της «εσωτερικής ζωής» τους, στο Κ. Σκορδούλης & Λ. Χαλκιά (Επιμ.), *Η συμβολή της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα: ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ, 259-271.

Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2017). Θέατρο και επιστήμη στην εκπαίδευση. Στο *Θεατρικότητα και θεωρία, Τοπικά ΙΒ*, Αθηνά: Νήσος, 171-189.

Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2015). *Θέατρο και Επιστήμη στην Εκπαίδευση*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: http://hdl.handle.net/11419/4042

Τσελφές, Β. & Παρούση, Α. (2008). Τα πειράματα επίδειξης ως θεατρικά γεγονότα. Στο, Κ. Σκορδούλης, Θ. Νικολαϊδης, Ε. Κολέζα & Δ. Χασάπης (επιμ), *Ζητήματα Επιστήμης: Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδακτική*. Αθήνα: Νήσος, 285-309.

Χαραλαμπίδης, Α. (1995). *Η τέχνη του 20ου αιώνα, τόμος ΙΙΙ, Η μεταπολεμική περίοδος*. Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Bishop, C. (2005). *Installation Art*. London, NY: Routledge.

Chandler, J. & Lippard, L. (1999 [1968]). The Dematerialization of Art. In Alberro & Stimson (eds.) *Conceptual Art: A Critical Anthology*, London: MIT Press, pp. 46-50. Ανασύρθηκε από: http://cast.b-ap.net/wp-content/uploads/sites/8/2011/09/lippard-theDematerializationofArt.pdf

De Oliveira, N. & Oxley, N. (2003). *Installation art in the New Millennium*: Empire of the Senses. London: Thames & Hudson.

Feynman, R. (1968 [1966]). What is Science? *The Physics Teacher*, 7(6), 313-320.

Hacking, I. (1992). The Self Vindication of the Laboratory Sciences, In A. Pickering (Ed.) *Science as Practice and Culture* (29-64). Chicago: The University Chicago Press.

Hacking, I. (1995). *Representing and Intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.

Milne, C. & Otieno, T. (2007). Understanding Engagement: Science Demonstrations and Emotional Energy. *Science Education*, 91, 523-553.

Peirce, C. (1964). *Collected papers*. C. Hartshorne & P. Weiss (eds), Cambridge: Belkan Press.

Roth,W-M. (2005). *Doing qualitative research: Praxis of method*. Sense Publishers, The Netherlands.

Roth, W-M. & Lucas, K. (1997). From “truth” to “invented reality”: A discourse analysis of high school physics students’ talk about scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*,34, 145-179.

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΤΟΥΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Αναστασία Λυμνίδου, Άγγελος Σοφιανίδης, Μαρία Καλλέρη
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη
Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσει τη δυνατότητα αξιοποίησης των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με όψεις της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου των εκπαιδευτικών τους. Για τις ανάγκες της έρευνας έγινε μετασχηματισμός εργαλείου που είχε σχεδιαστεί για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ώστε να ανταποκρίνεται στο πλαίσιο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή 43 μαθητών της Ε' και ΣΤ' τάξης του Δημοτικού. Τα αποτελέσματατης έρευνας καταδεικνύουν την καλή γνώση του αντικειμένου, την ευρεία χρήση διδακτικών αναπαραστάσεων και των ΤΠΕ από τους εκπαιδευτικούς, ενώ εμφανίζουν αδυναμίες στη χρήση πειραμάτων και ποικιλίας στρατηγικών διδασκαλίας.

Abstract
The aim of the present study was to investigate elementary students' perceptions of aspects of Pedagogical Content Knowledge of their teachers. For the purposes of the study a tool designed for the same purpose for secondary education students was appropriately modified for the context of primary education. In the study participated 43 pupils of the fifth and sixth grade of elementary school. The results demonstrate good knowledge of the subject by the teachers, the wide use of instructional representations and of ICT, but teachers' weaknesses in the use of experiments and variety of teaching strategies.

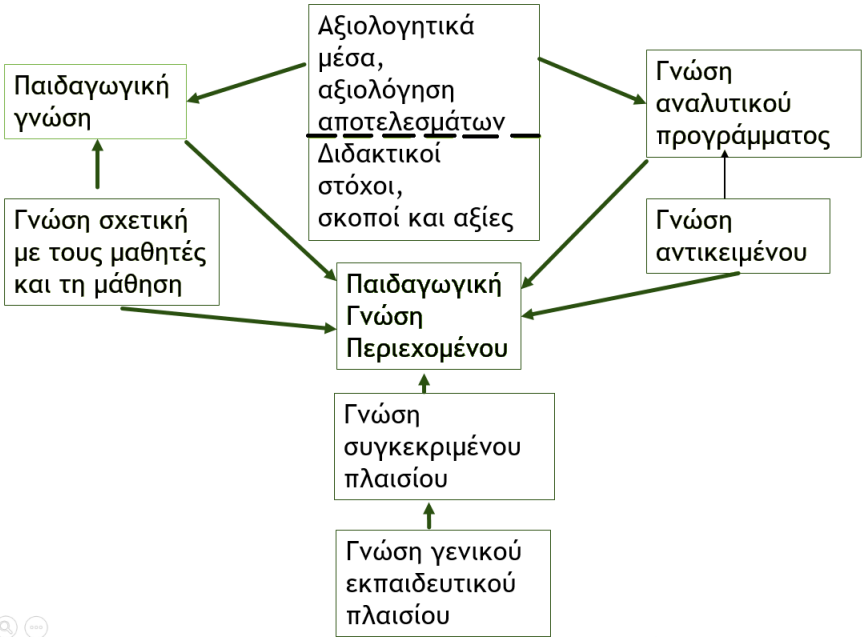
1. Εισαγωγή

Η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ) περιλαμβάνει το αμάλγαμα όψεων της γνώσης του εκπαιδευτικού, που περιγράφεται ως γνώση του αντικειμένου για τη διδασκαλίακαι θεωρείται η γνώση που θα πρέπει να έχει ένας εκπαιδευτικός για να διδάξει αποτελεσματικά ένα αντικείμενο (Shulman 1986).
Στην προσπάθεια ορισμού της ΠΓΠ από μεταγενέστερους ερευνητές έχουν προταθεί πολλές αναλύσεις σχετικά με τις όψεις της ΠΓΠ (VanDriel, Verloop, DeVos, 1998). Σε αυτές, η γνώση του αντικειμένου, η χρήση διδακτικών αναπαραστάσεων, η χρήση ποικιλίας στρατηγικών διδασκαλίας, η χρήση των ΤΠΕ, η χρήση πειραμάτων φαίνεται να εντάσσονται στη γνώση του εκπαιδευτικού για τη διδασκαλία από όλους τους ερευνητές. Οι όψεις αυτές αποτελούν παράγοντες οι οποίοι θα διερευνηθούν στην παρούσα εργασία. Συγκεκριμένα στην

εργασία θα διερευνήσουμε τις απόψεις των μαθητών του δημοτικού σχολείου για τους παράγοντες αυτούς.

Σύμφωνα με τους Deshimer και Kent (1999), η ΠΓΠ συντίθεται από διαφορετικές όψεις γνώσης, δηλαδή περιλαμβάνει πτυχές όπως αυτές φαίνονται στο διάγραμμα 1. Οι κυριότερες από τις πτυχές αφορούν τη γνώση περιεχομένου, την παιδαγωγική γνώση, τη γνώση των μαθητών και τη γνώση του πλαισίου.

Διάγραμμα 1:Συνιστώσες Γνώσης που συμβάλουν στην ΠΓΠ, μετασχηματισμός από διάγραμμα Deshimer&Kent (1999)



Σύμφωνα με έρευνες η αναβάθμιση της ΠΓΠ των εκπαιδευτικών μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους. Μία προσπάθεια βελτίωσης της ΠΓΠ μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω σεμιναρίων ή ομάδων εργασίας ή και προσωπικής καθοδήγησης. Οι μέθοδοι αυτοί είναι αξιοσημείωτοι, όμως δεν εξυπηρετούν πλήρως στην αναβάθμιση της ΠΓΠ, καθώς δεν εμπεριέχουν τον αναστοχασμό. Οι απόψεις των μαθητών σε σχέση με την ΠΓΠ των διδασκόντων μελετήθηκαν από τον Jang (2010), με στόχο να δώσει τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να αναστοχαστούν τη διδασκαλία τους και επομένως, να προβούν στη βελτίωση της.

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, διάφοροι ερευνητές, έχουν υποστηρίξει τη σημασία της διερεύνησης των αντιλήψεων των μαθητών για τις γνώσεις των δασκάλων τους, οι οποίες παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την πρόοδο της τάξης και την κατανόηση των γνώσεων των μαθητών. Προηγούμενες έρευνες ανέδειξαν σημαντικά την αξιοποίηση των απόψεων των μαθητών (π.χ. Aleamoni, 1999, Tuanetal. 2000, Jang 2009). Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιήθηκαν μεθοδολογίες συλλογής των απόψεων μαθητών/σπουδαστών για όψεις της Π.Γ.Π. εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Παρά ταύτα, στη διεθνή βιβλιογραφία δε συναντάται αντίστοιχη έρευνα σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Έτσι, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η συλλογή και αξιολόγηση των απόψεων μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη χρήση Τ.Π.Ε., πειραμάτων, διδακτικών αναπαραστάσεων και στρατηγικών από τους δασκάλους τους.

2. Μεθοδολογία

Τα δεδομένα της μελέτης μας προέρχονται από ερωτηματολόγια που δόθηκαν σε 43 μαθητές των δύο τελευταίων τάξεων δημοτικού σχολείου της Βορείου Ελλάδας. Η διαμόρφωση του ερωτηματολογίου βασίζεται σε προηγούμενες έρευνες (Sofianidis&Kallery 2016) που πραγματεύονται όψεις της Π.Γ.Π., όπως τη γνώση του περιεχομένου, και τις διδακτικές αναπαραστάσεις και στρατηγικές των εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Οι ερωτήσεις που αφορούν την Γνώση του Αντικειμένου (πίνακας 1) αναφέρονται στην άποψη των μαθητών για το αν ο δάσκαλος δείχνει να έχει μια συμπαγή γνώση του αντικειμένου που μελετούν, καθώς και στην ικανότητα του να εξηγεί το περιεχόμενο του μαθήματος και να το συνδέει με την καθημερινή ζωή. Οι ερωτήσεις που αφορούν τις Διδακτικές Αναπαραστάσεις και Στρατηγικές Διδασκαλίας (πίνακας 2) αναφέρονται στην αντίληψη των μαθητών για το αν ο δάσκαλος χρησιμοποιεί αναπαραστάσεις, κάνει χρήση πειραμάτων και ΤΠΕ στη διδασκαλία και αν μετασχηματίζει με κατάλληλο τρόπο τη νέα γνώση. Οι ερωτήσεις εμφανίζονται παρακάτω.

Πίνακας 1: Ερωτήσεις που αφορούν στη Γνώση Αντικειμένου

Ο/θ δάσκαλος/δασκάλα μου στο μάθημα της φυσικής:
1.Γνωρίζει το μάθημα που διδάσκει
2.Καταλαβαίνω το περιεχόμενο του μαθήματος που διδάσκει
3.Μπορεί να απαντήσει στις ερωτήσεις μου για τα φαινόμενα που διδάσκει
4.Βοηθάει να καταλάβω πόσο χρήσιμο είναι να γνωρίζω τα φαινόμενα που μελετάμε για την καθημερινή μου

Πίνακας 2: Ερωτήσεις που αφορούν στις Διδακτικές Αναπαραστάσεις και Στρατηγικές Διδασκαλίας

Ο/θ δάσκαλος/δασκάλα μου στο μάθημα της φυσικής:
5.Χρησιμοποιεί κατάλληλα παραδείγματα για να εξηγήσει τα φαινόμενα που διδάσκει
6.Παρομοιάζει το φαινόμενο που μελετάμε με κάτι πιο γνωστό σε εμένα για να το καταλάβω καλύτερα
7.Αλλάζει τον τρόπο που διδάσκει κατά τη διάρκεια του μαθήματος, ώστε να κρατά το ενδιαφέρον μου ζωντανό
8.Δίνει τη δυνατότητα να εκφράσω τις απόψεις μου στο μάθημα
9.Κάνει κατάλληλα πειράματα που με βοηθούν να καταλάβω αυτό που διδάχθηκα
10.Χρησιμοποιεί διάφορους τρόπους για να με βοηθήσει να καταλάβω καλύτερα τη γνώση που μόλις μου δίδαξε
11.Χρησιμοποιεί πολυμέσα (π.χ. Βίντεο) ή την τεχνολογία (π.χ. Υπολογιστή ή διαδραστικό πίνακα) στο μάθημα
12.Ζωγραφίζει στον πίνακα σχήματα ή εικόνες για να με βοηθήσει να καταλάβω αυτό που διδάσκει
13.Με βάζει να κάνω πειράματα, όπου το κάνω το απαιτεί, για να με βοηθήσει να καταλάβω μια έννοια
14.Χρησιμοποιεί πραγματικά αντικείμενα για να με βοηθήσει να καταλάβω επιστημονικές έννοιες ή ιδέες

Οι απαντήσεις δόθηκαν με τη βοήθεια πενταβάθμιου συστήματος Likert (πάντα=5 συχνά=4, μερικές φορές=3, σπάνια=2, ποτέ=1). Η στατιστική ανάλυση έγινε με το πρόγραμμα SPSS. Η ισχύς του οργάνου είναι μια αναγκαία, αλλά όχι επαρκής προϋπόθεση για ένα μέτρο. Μια

δεύτερη σκέψη είναι η αξιοπιστία, δηλαδή η ικανότητα του μέτρου να παράγει τα ίδια αποτελέσματα κάτω από τις ίδιες συνθήκες. Για να είναι έγκυρο, το όργανο πρέπει πρώτα να είναι αξιόπιστο. Οι στατιστικές μέθοδοι μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό της αξιοπιστίας.Η εγκυρότητα των αποτελεσμάτων ελέγχθηκε με το συντελεστή αξιοπιστίας Cronbach'sAlpha, ο οποίος υπολογίστηκε για το σύνολο των ερωτήσεων α= 0.864. Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να συμπεράνουμε ότι το ερωτηματολόγιο έχει μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας, καθώς στη διεθνή βιβλιογραφία αξιόπιστα όργανα που περιέχουν ερωτήσεις αναφερόμενες σε κρίσεις ή συναισθήματα (Field, 2009), χαρακτηρίζονται αυτά που έχουν παράγοντα Cronbach'sAlpha πάνω από 0.7.

3. Αποτελέσματα

Γνώση Περιεχομένου

Σύμφωνα με τα αποτελέσματατης στατιστικής ανάλυσης (πίνακας 3), φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί έχουν καλή γνώση του αντικειμένου του μαθήματος που διδάσκουν (Μ.Ο.:4.93, ερ.1, Μ.Ο.:4.58, ερ.2), απαντούν στις ερωτήσεις των μαθητών (ΜΟ:4.53, ερ.3) καιτονίζουντη χρησιμότητα του μαθήματος στην καθημερινή ζωή (ΜΟ:4.51, ερ.4).

Πίνακας 3 :Στατιστικά αποτελέσματα που αφορούν στη Γνώση Περιεχομένου

Ερώτηση	1	2	3	4
Μέσος όρος(ΜΟ)	4.93	4,58	4,53	4,51
N	43	43	43	43
Τυπική απόκλιση	0,258	0,545	0,667	0,856

Διδακτικές Αναπαραστάσεις και Στρατηγικές Διδασκαλίας

Αναφορικά με τις διδακτικές αναπαραστάσεις και στρατηγικές διδασκαλίας, φαίνεται (πίνακας 4) ότι η χρήση παραδειγμάτων και άλλων γνώριμων προς τους μαθητές φαινομένων για τη σαφέστερη εξήγηση φυσικών φαινομένων να είναι συχνότερη (Μ.Ο.:4.7, ερ.5), ενώ αρκετά συχνή είναι και η χρήση γραφημάτων και σχημάτων (Μ.Ο.:4.58, ερ.12). Αντίθετα, μειωμένη είναι η συχνότητα χρήσης πραγματικών αντικειμένων στη διδασκαλία (Μ.Ο:3,37, ερ.14). Επίσης, οιεκπαιδευτικοί φαίνεται να μη χρησιμοποιούν ποικιλία στρατηγικών διδασκαλίας, κάτι που δεν οδηγεί στη διατήρηση του ενδιαφέροντος των μαθητώνκατά τη διάρκεια του μαθήματος (Μ.Ο: 3,63 ερ.7). Αντίθετα, οι μαθητές πιστεύουν ότι ο εκπαιδευτικός τους δίνει τη δυνατότητα να εκφράσουν την άποψη τους για το θέμα (π.χ. το φαινόμενο) που διδάσκεται κατά τη διάρκεια του μαθήματος (Μ.Ο: 4,23, ερ.8).

Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας (Τ.Π.Ε.)

Από τα δεδομένα φαίνεται (πίνακας 4) ότι η χρήση των ΤΠΕ γίνεται σε ικανοποιητικό βαθμό (ΜΟ 4,67, ερ.11, Πίνακας 2). Η ένταξη σε τόσο μεγάλο βαθμό των Τ.Π.Ε.μπορεί να συνδεθεί με το νέο πρόγραμμα σπουδών το οποίο προωθεί της Τ.Π.Ε. στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Πειράματα

Από τα αποτελέσματα φαίνεται (πίνακας 4) ότι οι εκπαιδευτικοί κάνουν συχνά χρήση πειράματος επίδειξης στην διδασκαλία τους (Μ.Ο.:3.72, ερ.9), καθώς και ότι εμπλέκουν τους ίδιους τους μαθητές σε πειραματικές διαδικασίες (Μ.Ο.:3.02, ερ.13).

Πίνακας 4: Στατιστικά αποτελέσματα που αφορούν στις Διδακτικές Αναπαραστάσεις και Στρατηγικές Διδασκαλίας

Ερώτηση	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Μέσος όρος(ΜΟ)	4,7	4,33	3,63	4,23	3,72	4,26	4,67	4,28	3,02	3,37
N	43	43	43	43	43	43	42	43	43	43
Τυπική απόκλιση	0,773	0,747	1,113	0,972	1,315	0,819	0,612	0,766	1,472	1,328

Υπάρχει, όμως, μια στατιστικά σημαντική διαφορά (>0.50) μεταξύ των δύο αυτών μεθόδων πειραματισμού, που δείχνει ότι οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν πολύ συχνότερα το πείραμα επίδειξης.

4. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευναςοι εκπαιδευτικοί, κατά την εκτίμηση μαθητών, φαίνεται να διατηρούν τη θέση τους, ως κάτοχοι της γνώσης του αντικειμένου, και να συνδέουν τη γνώση τους αυτή με την καθημερινή ζωή. Επίσης, διακρίνεται η ευρεία χρήση των διδακτικών αναπαραστάσεων.

Οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να δίνουν δυνατότητα έκφρασης στους μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, αλλά μπορούμε να συμπεράνουμε μια μικρή αμφισβήτηση σχετικά με την κινητοποίηση τους, που μπορεί να συνδεθεί άμεσα με τη μη χρήση ποικιλίας στρατηγικών διδασκαλίας, από μέρους των εκπαιδευτικών. Τόσο η χρήση των Τ.Π.Ε., όσο και τα πειράματα φαίνεται να είναι ιδιαίτερα ενταγμέναστη διδασκαλία, παρότι η εμπλοκή των μαθητών στα πειράματα φαίνεται να είναι σπανιότερη.Παρουσιάζεται μια στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο μεθόδων πειραματισμού, δηλαδή, τηςπειραματικής επίδειξης και της εμπλοκής των μαθητών στο πείραμα.

Τα αποτελέσματα μας, παρότι διέπονται από περιορισμούς λόγω του μικρού σχετικά δείγματος, μας οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι οι απόψεις των μαθητών ακόμη και της χαμηλότερης βαθμίδας της εκπαίδευσης είναι ιδιαίτερα χρήσιμες και θα έπρεπε να διερευνηθεί περαιτέρω η αξιοποίηση τους για την σκιαγράφηση της γνώσης του εκπαιδευτικού για τη διδασκαλία.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα κρίνεται αναγκαία η αναβάθμιση της ΠΓΠ των εκπαιδευτικών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με ένα συνδυασμό μεθόδων, όπως συμμετοχή σε σεμινάρια, συνεργασία με συναδέλφους και εμπειρογνώμονες. Ηδημιουργία προγραμμάτων επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών με αντικείμενο τις σύγχρονες στρατηγικές διδασκαλίας των φυσικών επιστημών για μαθητές δημοτικού είναι σημαντική. Επίσης, οι απόψεις των μαθητών θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς σε τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να έχουν τη δυνατότητα του αναστοχασμού και επομένως, της βελτίωσης της διδασκαλίας.

5. Βιβλιογραφία

Aleamoni, L. (1999). Student rating myths versus research facts from 1924 to 1998. *Journal of Personnel Evaluation in Education* (1954), 153–166.

Deshimer, G & Kent, T. (1999), The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge in Gess-Newsome, J., Pedagogical content knowledge: An introduction and orientation. *Examining pedagogical content knowledge*. Retrieved from http: //link.springer.com/chapter/10.1007/0-306-47217-1_1

Field, A. P. (2009). Discovering statistics using SPSS. London : SAGE

Jang, S. J. (2010). Assessing college students' perceptions of a case teachers' developing understandings of scientific inquiry and science teaching and learning. International Journal of Science Education, Vol.26, No. 13,1653-1674

Magnusson, S. Krajcik, J. and Borko, H. (1999). Nature, Sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching.

Shulman, L. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational researcher*, 15(2), 4–14.

Sofianidis, A. & Kallery, M. (2016), Assessing students' perception of their science teachers pedagogical content knowledge. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future*, Part 14 (co-ed. Amanda Berry & Digna Couso) (pp. 2314-2319). Helsinki, Finland: University of Helsinki

Tuan, H., Chang, H., Wang, K. &Treagust D. (2000). The development of an instrument for assessing students' perceptions of teachers' knowledge. International Journal of Science Education, 22(4), 385-398.

Van Driel, J. H., Verloop, N. & De Vos, W. (1998). Developing science teachers' pedagogical content knowledge. *Journal of Researchin Science Teaching*, 35(6), 673–695.

Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΑΤΜΙΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΥΓΡΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΗ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΩΝ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Χριστίνα Ανθούλας[1], *Μιχαήλ Σκουμιός*[2]
[1]Δευτεροβάθμια εκπαίδευση
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Περίληψη
Η εργασία διερευνά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για την εξάτμιση και την υγροποίηση στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών του Γυμνασίου. Αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για την εξάτμιση και την υγροποίηση βασισμένο στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών, το οποίο εφαρμόστηκε σε 19 μαθητές της Β΄ τάξης του Γυμνασίου. Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν οι απαντήσεις (επιχειρήματα) των μαθητών σε ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των επιχειρημάτων πραγματοποιήθηκε με ένα πλαίσιο που αξιολογεί την επάρκεια των συστατικών στοιχείων τους. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι οι μαθητές βελτίωσαν σημαντικά τη δομή των επιχειρημάτων τους.

Abstract
The present study aims at investigating the impact of a teaching intervention for the evaporation and the condensation on the structure of middle school students' arguments. Instructional material was developed for the evaporation and the condensation based on the constructivist approach to learning using scientific practices. This instructional material was tested on 19 middle school students. The survey data was the students' answers (arguments) to questionnaires before and after the teaching intervention. The analysis of arguments was performed with a framework for assessing the sufficiency of their components. The data analysis showed that the students significantly improved the structure of their arguments.

1. Εισαγωγή

Η κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές εδράζεται στην εμπλοκή τους με επιστημονικές πρακτικές (πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες των Φυσικών Επιστημών καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον φυσικό κόσμο) (NRC 2012). Ανάμεσα στις επιστημονικές πρακτικές που έχουν προταθεί συμπεριλαμβάνεται η εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που βασίζεται σε αποδεικτικά στοιχεία (NGSS Lead States 2013). Η συγκρότηση επιχειρημάτων μπορεί να συνεισφέρει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, στην οικοδόμηση νέας γνώσης και στην καλύτερη κατανόηση της φύσης της επιστημονικής γνώσης από τους μαθητές (Sandoval & Reiser 2004).
Ένα επιχείρημα αποτελείται από τέσσερα συστατικά στοιχεία (McNeill & Krajcik 2012): (α) ισχυρισμό (claim), που είναι ένα συμπέρασμα το οποίο απαντά σε μία ερώτηση ή ένα πρόβλημα (β) αποδεικτικά στοιχεία (evidence), τα οποία είναι τα δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό (γ) συλλογισμό (reasoning), ο οποίος συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό και προβάλλει το λόγο για τον οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά

στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό με βάση επιστημονικές αρχές και (δ) αντίκρουση (rebuttal), η οποία αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.
Η ποιότητα ενός επιχειρήματος εξαρτάται από τη δομή και το περιεχόμενό του (McNeill et al. 2006). Η δομή αναφέρεται στην ύπαρξη και την επάρκεια του ισχυρισμού, των αποδεικτικών στοιχείων, του συλλογισμού και της αντίκρουσης, ανεξάρτητα από το εννοιολογικό τους περιεχόμενο. Το περιεχόμενο ενός επιχειρήματος σχετίζεται με την καταλληλότητα των συστατικών του στοιχείων όταν αυτά εξετάζονται σε σχέση με την επιστημονική γνώση.
Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες στη συγκρότηση επιχειρημάτων. Ειδικότερα, οι μαθητές τείνουν να προτείνουν ισχυρισμούς χωρίς να τους αιτιολογούν (Jiménez-Aleixandre et al. 2000). Συνήθως χρησιμοποιούν ακατάλληλα (Jiménez-Aleixandre et al. 2000, Lehrer & Schauble 2010) ή ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία (Sandoval & Millwood 2005) για να τεκμηριώσουν τους ισχυρισμούς τους. Επίσης, σπάνια χρησιμοποιούν συλλογισμούς που συνδέουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τους ισχυρισμούς (Bell & Linn 2000, McNeill & Krajcik 2006, Songer et al. 2009, Songer & Gotwals 2012). Ωστόσο, αν και έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της συγκρότησης επιχειρημάτων από τους μαθητές, η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών είναι περιορισμένη (Erduran et al. 2004, McNeill et al. 2006, Sampson et al. 2013, Yao et al. 2016). Επίσης, απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων για την εξάτμιση και την υγροποίηση στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών. Επιπρόσθετα, δεν εντοπίζονται έρευνες που να εστιάζουν στη διακριτή αξιολόγηση της δομής και του περιεχομένου των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών.

2. Μεθοδολογία / Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Η εργασία αυτή αποσκοπεί στη μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για την εξάτμιση και την υγροποίηση (που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση από τους μαθητές επιστημονικών πρακτικών), στη δομή των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών της Β΄ τάξης του Γυμνασίου. Ειδικότερα, η εργασία εστιάζεται στη μελέτη της ύπαρξης και της επάρκειας των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών και επιδιώκει να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:
(α) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ύπαρξη και την επάρκεια των ισχυρισμών που περιλαμβάνονται στα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών;
(β) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ύπαρξη και την επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων που περιλαμβάνονται στα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών;
(γ) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ύπαρξη και την επάρκεια των συλλογισμών που περιλαμβάνονται στα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών;

Ερευνητική διαδικασία και δείγμα

Η έρευνα διεξήχθη σε δύο φάσεις. Στη πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο και το εκπαιδευτικό υλικό για την εξάτμιση και την υγροποίηση (πιλοτική έρευνα). Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε, καθώς επίσης και η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από τους μαθητές μια εβδομάδα πριν και δύο εβδομάδες μετά τη διδακτική παρέμβαση (κύρια έρευνα).

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν 19 μαθητές (6 αγόρια και 13 κορίτσια) της Β΄ τάξης του Γυμνασίου.

Το εκπαιδευτικό υλικό

Διαμορφώθηκε, για τις ανάγκες της έρευνας, εκπαιδευτικό υλικό για την εξάτμιση και την υγροποίηση. Το διδακτικό μοντέλο που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού ήταν το μοντέλο 5Ε των Bybee et al. (2006), που περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις: ενεργοποίηση, διερεύνηση, ερμηνεία, εφαρμογή και αξιολόγηση. Το εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση από τους μαθητές επιστημονικών πρακτικών (βλ. Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Οι φάσεις διδασκαλίας με τις αντίστοιχες επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκουν

Φάσεις διδασκαλίας	**Επιστημονικές πρακτικές**
Ενεργοποίηση	Υποβολή ερωτημάτων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.
Διερεύνηση	Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.
Εξήγηση	Συγκρότηση εξηγήσεων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.
Εφαρμογή	Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Συγκρότηση εξηγήσεων. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία.
Αξιολόγηση	Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Στη φάση της ενεργοποίησης επιδιώχθηκε η πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, η ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων, η συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών και η διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα.
Η φάση της διερεύνησης αποσκοπούσε στη σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών από τους μαθητές με απώτερο στόχο τη γνωστική αποσταθεροποίηση των αρχικών τους αντιλήψεων (στην περίπτωση που δεν συνάδουν με τη σχολική γνώση) και την οικοδόμηση νέων αντιλήψεων προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Σε κάθε έρευνα οι μαθητές διατύπωναν το ερώτημα, πρόβαιναν σε υποθέσεις, αναγνώριζαν τις μεταβλητές που υπεισέρχονταν στην έρευνα, εντόπιζαν την ανεξάρτητη μεταβλητή, την εξαρτημένη μεταβλητή και τις μεταβλητές ελέγχου, περιέγραφαν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν, συνέλεγαν τα υλικά, εκτελούσαν τα πειράματα (είτε με φυσικά υλικά είτε μέσω εκπαιδευτικού λογισμικού) και κατέγραφαν σε πίνακες τα δεδομένα.
Στη φάση της εξήγησης οι μαθητές επεξεργάστηκαν τους πίνακες με τα δεδομένα, αναγνώρισαν τάσεις στα δεδομένα, εξήγαγαν από τους πίνακες συμπεράσματα και τα συνέκριναν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Επιδιώχθηκε οι μαθητές να συγκροτήσουν επιχειρήματα (βασισμένα στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν από τις έρευνες). Στους μαθητές παρουσιάστηκαν και εξηγήθηκαν τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός), συζητήθηκε η αναγκαιότητα συγκρότησης

επιχειρημάτων και συγκροτήθηκαν από τους μαθητές, με την καθοδήγηση της εκπαιδευτικού, επιχειρήματα.
Στη φάση της εφαρμογής οι μαθητές κλήθηκαν να εφαρμόσουν τις γνώσεις που είχαν οικοδομήσει σε νέες καταστάσεις. Στις δραστηριότητες ζητήθηκε από τους μαθητές η παραγωγή επιχειρημάτων που να περιλαμβάνουν ισχυρισμούς, αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς («μοντελοποίηση επιχειρημάτων») (βλ. Πίνακας 2), η αξιολόγηση των επιχειρημάτων τους από τους ίδιους τους μαθητές με τη βοήθεια πλαισίων αξιολόγησης (αυτο-αξιολόγηση επιχειρημάτων) και η εκ νέου παραγωγή βελτιωμένων εκδοχών των γραπτών επιχειρημάτων τους.

Πίνακας 2: «Μοντελοποίηση επιχειρήματος»

Γράφω ένα επιχείρημα	
Γράφω έναν ισχυρισμό	…….
Γράφω τα δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό	……. …….
Γράφω ένα συλλογισμό που να συνδέει τα δεδομένα με τον ισχυρισμό	……. …….

Στη φάση της αξιολόγησης ζητήθηκε από τους μαθητές να μελετήσουν εκ νέου τις απαντήσεις τους στο πλαίσιο των προβλημάτων που τους είχαν τεθεί. Οι μαθητές κλήθηκαν να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις με τις τρέχουσες απαντήσεις τους. Συζήτησαν τις όποιες ομοιότητες ή διαφοροποιήσεις μεταξύ των απαντήσεών τους με τους συμμαθητές της ομάδας τους.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το γραπτό ερωτηματολόγιο. Αρχικά, το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε δόθηκε σε δέκα μαθητές (πιλοτική έρευνα). Πραγματοποιήθηκε μια συζήτηση με τους μαθητές για να εξαχθούν παρατηρήσεις. Επίσης, δόθηκε σε δύο ερευνητές, ώστε να ελεγχθεί η εσωτερική του εγκυρότητα και να διορθωθούν τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Στη συνέχεια διαμορφώθηκε το τελικό ερωτηματολόγιο, με βάση τις παρατηρήσεις που επισημάνθηκαν στην εφαρμογή του.
Στο ερωτηματολόγιο που διαμορφώθηκε περιλαμβάνονταν έξι ερωτήσεις που ζητούσαν από τους μαθητές να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις για θέματα που σχετίζονται με καταστάσεις εξάτμισης και υγροποίησης.
Στην Ερώτηση 1 δόθηκε στους μαθητές η πληροφορία ότι ένας βρεγμένος δρόμος στεγνώνει καθώς περνάει η ώρα και η θερμοκρασία αυξάνεται. Δύο παιδιά διαφωνούσαν για το τι έγινε το νερό που υπήρχε στο δρόμο και οι μαθητές καλούνταν να εκφράσουν τη δική τους άποψη και να τη αιτιολογήσουν.
Στην Ερώτηση 2 δόθηκε στους μαθητές η πληροφορία ότι δύο κορίτσια έπλυναν τα χέρια τους η μία με νερό και η άλλη με την ίδια ποσότητα οινοπνεύματος της ίδιας θερμοκρασίας με το νερό. Τα κορίτσια διαφωνούσαν σχετικά με το ποια χέρια θα στεγνώσουν πιο γρήγορα και ζητήθηκε από τους μαθητές να διατυπώσουν την δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.
Στην Ερώτηση 3 δόθηκε στους μαθητές η πληροφορία ότι δύο κορίτσια έπλυναν τα φανελάκια τους (που ήταν τα ίδια) η μία με ζεστό νερό και η άλλη με κρύο. Έστυψαν τα φανελάκια και τα άπλωσαν στον ίδιο χώρο με τον ίδιο τρόπο. Τα δύο κορίτσια διαφωνούσαν

για το πιο φανελάκι θα στεγνώσει γρηγορότερα. Οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν τη δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.

Στην Ερώτηση 4 στους μαθητές δόθηκε η πληροφορία ότι μια κοπέλα έπλυνε ένα μέρος της μπλούζας της που ήταν λερωμένο με νερό και άπλωσε την μπλούζα σε μια καρέκλα για να στεγνώσει. Η μητέρα της υποστήριζε πως αν ανοίξει τον ανεμιστήρα και τον πλησιάσει στην μπλούζα αυτή θα στεγνώσει γρηγορότερα. Μια φίλη της όμως διαφωνούσε και έλεγε ότι η μπλούζα θα στεγνώσει στον ίδιο χρόνο είτε χρησιμοποιήσει τον ανεμιστήρα είτε όχι. Οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν τη δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.

Στην Ερώτηση 5 δόθηκε στους μαθητές η πληροφορία ότι δύο αλυκές είχαν την ίδια ποσότητα νερού της ίδιας σύστασης και της ίδιας θερμοκρασίας. Η μια αλυκή είχε μεγαλύτερη επιφάνεια από την άλλη. Δύο παιδιά διαφωνούσαν για την ποσότητα του νερού που θα υπήρχε στις δύο αλυκές μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν τη δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.

Στην Ερώτηση 6 δόθηκε η πληροφορία στους μαθητές ότι στην εξωτερική επιφάνεια ενός ποτηριού που περιέχει παγωμένη μπύρα δημιουργήθηκαν σταγόνες. Δύο παιδιά διαφωνούσαν για την προέλευση των σταγόνων. Οι μαθητές καλούνταν να διατυπώσουν τη δική τους άποψη και να την αιτιολογήσουν.

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις (επιχειρήματα) των μαθητών στις παραπάνω ερωτήσεις. Για την αξιολόγηση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών χρησιμοποιήθηκε μια κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων (βλ. Πίνακας 3), η οποία εξετάζει την ύπαρξη και την επάρκεια των συστατικών στοιχείων τους (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) ανεξάρτητα από το εννοιολογικό τους περιεχόμενο (Σκουμιός & Χατζηνικήτα 2014).

Πίνακας 3: Η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων για την αξιολόγηση της δομής των επιχειρημάτων

Συστατικά στοιχεία επιχειρήματος	Επίπεδα που αφορούν τη δομή του επιχειρήματος		
	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2
Ισχυρισμός	Δεν προτείνει ισχυρισμό	Προτείνει ένα μη επαρκή ισχυρισμό	Προτείνει έναν επαρκή ισχυρισμό
Αποδεικτικά στοιχεία	Δεν προτείνει αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει μη επαρκή αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει επαρκή αποδεικτικά στοιχεία
Συλλογισμός	Δεν προτείνει συλλογισμό	Προτείνει συλλογισμό που εμπλέκει αρχές ή συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό	Προτείνει συλλογισμό που εμπλέκει αρχές και συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό

Στη συνέχεια, παρατίθενται δύο παραδείγματα επιχειρημάτων μαθητών (απαντήσεις στην Ερώτηση 3) συνοδευόμενα από τη διαδικασία αξιολόγησής τους.

Επιχείρημα 1: *Πιστεύω ότι το φανελάκι της Μαρίας θα στεγνώσει λίγο πιο γρήγορα από της Δήμητρας, διότι η Μαρία έπλυνε το φανελάκι της με ζεστό νερό ενώ η Δήμητρα το έπλυνε με κρύο.*

Αξιολόγηση επιχειρήματος 1: Το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό (*Το φανελάκι της Μαρίας θα στεγνώσει λίγο πιο γρήγορα από της Δήμητρας*), ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2), περιλαμβάνει μόνο ένα αποδεικτικό στοιχείο (*η Μαρία έπλυνε το φανελάκι της με ζεστό νερό ενώ η Δήμητρα το έπλυνε με κρύο*) και όχι όλα τα αποδεικτικά στοιχεία που απαιτούνται για την υποστήριξη του ισχυρισμού (επίπεδο 1) και δεν περιλαμβάνει συλλογισμό (επίπεδο 0)

Επιχείρημα 2: *Πιστεύω πως το φανελάκι της Μαρίας θα στεγνώσει πιο γρήγορα. Τα φανελάκια είναι τα ίδια, πλύθηκαν με το ίδιο υγρό και απλώθηκαν στο ίδιο περιβάλλον με τον ίδιο τρόπο.*

Η θερμοκρασία του νερού στο φανελάκι της Μαρίας είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του νερού στο φανελάκι της Δήμητρας. Όταν η σύσταση του υγρού, η ποσότητα του υγρού, η επιφάνεια του υγρού και τα ρεύματα αέρα είναι ίδια, ο χρόνος εξάτμισης του εξαρτάται από τη θερμοκρασία του. Όταν η θερμοκρασία του υγρού είναι μεγαλύτερη, ο χρόνος εξάτμισης είναι μικρότερος. Επειδή η θερμοκρασία του υγρού στο φανελάκι της Μαρίας είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του υγρού στο φανελάκι της Δήμητρας, το υγρό θα εξατμιστεί πιο γρήγορα από το φανελάκι της Μαρίας, άρα το φανελάκι της θα στεγνώσει γρηγορότερα.

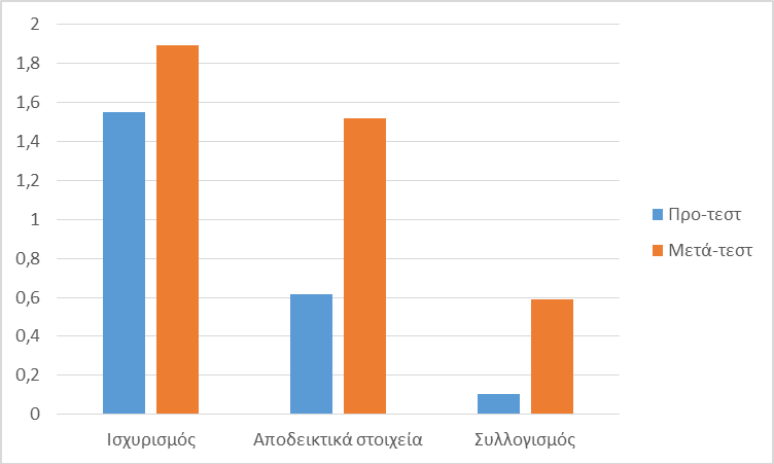
Αξιολόγηση επιχειρήματος 2: Το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό (*Το φανελάκι της Μαρίας θα στεγνώσει πιο γρήγορα*), ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2), περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία (*Τα φανελάκια είναι τα ίδια, πλύθηκαν με το ίδιο υγρό και απλώθηκαν στο ίδιο περιβάλλον με τον ίδιο τρόπο. Η θερμοκρασία του νερού στο φανελάκι της Μαρίας είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία του νερού στο φανελάκι της Δήμητρας*) που κρίνονται επαρκή (επίπεδο 2) και έχει ένα συλλογισμό (*Όταν η θερμοκρασία του υγρού ... άρα το φανελάκι της θα στεγνώσει γρηγορότερα*), ο οποίος κρίνεται επαρκής, αφού περιλαμβάνει μια επιστημονική αρχή και συνδέονται -μέσω αυτής- τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό (επίπεδο 2).

Προσδιορίστηκαν οι μέσες τιμές των επιπέδων των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στα επίπεδα των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκε το t-test.

3. Αποτελέσματα

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Προκύπτει ότι υπάρχει μια αύξηση στη μέση τιμή των επιπέδων και των τριών συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Ειδικότερα, διαπιστώνεται μια στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα: (α) στα επίπεδα των ισχυρισμών που πρότειναν οι μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση ($M=1,55$, $SD=0,76$) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M=1,89$, $SD=0,43$), $t(113)=-5,50$, $p<0,0001$ (β) στα επίπεδα των αποδεικτικών στοιχείων που πρότειναν οι μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση ($M=0,61$, $SD=0,55$) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M=1,52$, $SD=0,62$), $t(113)=-29,68$, $p<0,0001$ και (γ) στα επίπεδα των συλλογισμών που πρότειναν οι μαθητές πριν τη διδακτική παρέμβαση ($M=0,11$, $SD=0,36$) και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M=0,59$, $SD=0,72$), $t(113)=-8,76$, $p<0,0001$.

Σχήμα 1: Οι μέσες τιμές των επιπέδων των συστατικών στοιχείων των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση



4. Συμπεράσματα

Τα ευρήματα της εργασίας καταδεικνύουν ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση η ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών ήταν χαμηλή. Τα αποτελέσματα αυτά συνάδουν με αποτελέσματα άλλων ερευνών (Jimenez-Aleixandre et al. 2000, McNeill & Krajcik 2008). Έχει επισημανθεί ότι στη διάρκεια της εκπαίδευσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, σπάνια τους παρέχονται ευκαιρίες να αξιολογούν επιχειρήματα και σπάνια υποστηρίζονται στην προσπάθειά τους να συγκροτούν επιχειρήματα (Newton, Driver & Osborne 1999).
Επίσης, τα ευρήματα της εργασίας καταδεικνύουν ότι η βελτίωση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών, μέσω της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε, αναδείχθηκε εφικτή. Συγκρίνοντας τη δομή των επιχειρημάτων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση προέκυψε ότι οι μαθητές βελτίωσαν σημαντικά τη δομή των επιχειρημάτων τους και ειδικότερα βελτίωσαν την ύπαρξη και την επάρκεια των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών των επιχειρημάτων τους.
Η βελτίωση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών, μπορεί να αποδοθεί στις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού που αναπτύχθηκε. Οι δραστηριότητες αυτές έδιναν τη δυνατότητα στους μαθητές να εξοικειωθούν με τη δομή ενός επιχειρήματος, τους βοηθούσαν στη συγκρότηση επιχειρημάτων και τους υποστήριζαν στην αξιολόγηση των επιχειρημάτων τους. Έχει επισημανθεί ότι οι παραπάνω διαδικασίες συμβάλουν στην βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών (McNeill & Krajcik 2012).
Η εργασία αυτή επικεντρώθηκε αποκλειστικά στη διερεύνηση της δομής των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί και το περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών και συνεπώς η συνολική ποιότητά τους. Επειδή στην εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε ποσοτική ανάλυση των επιχειρημάτων προτείνεται να πραγματοποιηθεί και ποιοτική τους ανάλυση, ώστε να μελετηθεί η συμβολή των επιμέρους δραστηριοτήτων στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών. Επιπλέον, είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθεί αντίστοιχη έρευνα με μαθητές διαφόρων τάξεων της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η έρευνα αυτή θα επιτρέψει να μελετηθεί η ανάπτυξη της δεξιότητας των μαθητών να παράγουν ποιοτικά γραπτά επιχειρήματα με την πάροδο του χρόνου, ζήτημα για το οποίο είναι ιδιαίτερα περιορισμένα τα εμπειρικά δεδομένα. Επιπρόσθετα, προτείνεται να πραγματοποιηθεί έρευνα που να μελετά

την ποιότητα των προφορικών επιχειρημάτων των μαθητών και να τη συγκρίνει με την ποιότητα των γραπτών τους επιχειρημάτων.

5. Βιβλιογραφία

Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2014). Αξιολογώντας τις γραπτές εξηγήσεις των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, *3*, 9-19.

Bell, P. & Linn, M. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the Web with KIE. *International Journal of Science Education*, *22*(8), 797–817.

Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs.

Erduran, S., Simon, S. & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, *88*(6), 915-933.

Jiménez-Aleixandre, M. P., Rodríguez, A. B. & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, *84*, 757–792.

Lehrer, R. & Schauble, L. (2010). What kind of explanation is a model? In M. K. Stein & L. Kucan (Eds.), *Instructional explanations in the disciplines* (pp. 9–22.) New York, NY: Springer.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing.* New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2008). Assessing middle school students' content knowledge and reasoning through written scientific explanations. In J. Coffey, R. Douglas & C. Stearns (Eds.), *Assessing science learning: Perspectives from research and practice* (pp. 101-116). Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2006, April). *Supporting students' construction of scientific explanation through generic versus context-specific written scaffolds*. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA

McNeill, K. L., Lizotte, D. J, Krajcik, J. & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, *15*(2), 153-191.

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, *21*(5), 553–576.

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States.* Washington, DC: The National Academies Press.

Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J. & Witte, S. (2013). Writing to learn by learning to write during the school science laboratory: Helping middle and high school students develop argumentative writing skills as they learn core ideas. *Science Education*, *97*(5), 643-670

Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, *23*(1), 23–55.

Sandoval, W. A. & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, *88*(3), 345–372.

Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(2), 141-165.

Songer, N. B., Kelcey, B. & Gotwals, A. W. (2009). How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(6), 610-631.

Yao, J., Guo, Y. & Neumann, K. (2016). Towards a hypothetical learning progression of scientific explanation. *Asia-Pacific Science Education*, *2*(4), 1-17.

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΜΙΑΣ ΝΗΠΙΑΓΩΓΟΥ ΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΕΝΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Πασχαλία Δάρατζη[1], Άννα Σπύρτου[1], Πηνελόπη Παπαδοπούλου[2]
[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη
Στην εργασία παρουσιάζεται η εξέλιξη μιας Νηπιαγωγού μετά από τη συμμετοχή της σε ένα πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας και Προσχολικής εκπαίδευσης. Το πρόγραμμα είχε ως στόχο οι εκπαιδευτικοί να καθιστούν ικανοί να σχεδιάζουν, αναπτύσσουν και εφαρμόζουν Διδακτικές–Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ) για τη Νανοεπιστήμη – Νανοτεχνολογία (Ν-ΕΤ). Στο άρθρο αυτό μελετούμε την επίδραση του προγράμματος στην ικανοποίηση των ψυχολογικών αναγκών της Νηπιαγωγού καθώς και τους παράγοντες που συνέβαλαν στην εξέλιξή της. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το πρόγραμμα λειτούργησε θετικά στην επαγγελματική ανάπτυξη της εκπαιδευτικού. αυξάνοντας την ικανοποίηση των ψυχολογικών της αναγκών.

Abstract
In this study we present a Pre–School teacher's professional development after her participation in a program for Elementary and Pre-School teachers. The program was planned to make teachers able to design, develop, implement and evaluate Teaching Learning Sequences in Nanoscience – Nanotechnology content. In this paper, we make a focus to the effect of the program on teacher's psychological needs and the factors having the main influence on them. The findings indicated that the program had positive effect on the teacher's professional development since she increased the fulfillment of her psychological needs.

1. Εισαγωγή

Τα προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης (ΠΕΑ) εκπαιδευτικών θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικά, γιατί είναι δυνατόν να επιφέρουν αλλαγές ή αναβάθμιση στις γνώσεις, στις δεξιότητες, στις πρακτικές και στις στάσεις των εκπαιδευτικών που συμμετέχουν (Schachter 2015). Για να επιτευχθούν τα προαναφερόμενα και να υπάρξει εξέλιξη στους εκπαιδευτικούς προτείνονται τα προγράμματα να ενσωματώνουν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά, όπως να είναι μακροχρόνια για να δίνουν την ευκαιρία στους εκπαιδευόμενους να επιμορφώνονται θεωρητικά σε μια συγκεκριμένη θεματική, και επιπλέον να περιλαμβάνουν την πρακτική εφαρμογή της (Cherrington & Thornton 2013, Hunzicker 2011). Άρα θα πρέπει να δίνεται στους εκπαιδευτικούς επαρκές θεωρητικό υπόβαθρο, όπως έννοιες και παιδαγωγικές μέθοδοι που σχετίζονται με τη θεματική στην οποία επιμορφώνονται. Επιπλέον, η πρακτική εφαρμογή της νέας θεματικής από τους εκπαιδευτικούς θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική, γιατί τους δίνει τη δυνατότητα να την δοκιμάζουν τις νεοαποκτηθείσες γνώσεις και δεξιότητες σε πραγματικές συνθήκες (Hunzicker 2011).
Αποτελεσματικό, επίσης, θεωρείται ένα πρόγραμμα που προσφέρει ευκαιρίες στη δημιουργία κοινοτήτων μάθησης, καθώς το συνεργατικό κλίμα που δημιουργείται με την ενεργό συμμετοχή των συμμετεχόντων και οι ευκαιρίες που δίνονται για αναστοχασμό, αξιολόγηση

και υποστήριξη από την ερευνητική ομάδα, μπορούν να οδηγήσουν στην επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών (Cherrington & Thornton 2013, Schachter 2015).

Αυτό-αποτελεσματικότητα

Σύμφωνα με τον Bandura (1997) η Αυτό-αποτελεσματικότητα αποτελεί *«την κρίση του ατόμου για τις ικανότητές του να ενεργήσει και να παράγει τα προσδοκώμενα αποτελέσματα»*. Αυτή η κρίση, σύμφωνα με τον ίδιο ερευνητή (Bandura 1997), μπορεί να επηρεαστεί από (α) την πρακτική εφαρμογή, π.χ. από τη διδασκαλία σε πραγματικές συνθήκες σχολικής τάξης (β) την παρατήρηση του τρόπου που ενεργούν άλλα άτομα σε παρόμοιες καταστάσεις (γ) την ανατροφοδότηση που λαμβάνει το άτομο κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των απαιτούμενων ενεργειών και (δ) τη συναισθηματική κατάσταση του ατόμου τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο. Ορισμένοι από τους παράγοντες που επηρεάζουν την αυτό-αποτελεσματικότητα αποτελούν συχνά και βασικές επιλογές των προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης, οπότε από τη βιβλιογραφία υποστηρίζεται ότι τα ΠΕΑ αποτελούν πρόσφορο έδαφος ανάπτυξης της αυτό-αποτελεσματικότητας (Sandholtz & Ringstaff 2014).

Θεωρία του Αυτοπροσδιορισμού

Σύμφωνα με τη Θεωρία του Αυτό-προσδιορισμού οι εγγενείς τάσεις εξέλιξης των ανθρώπων και η ικανοποίηση των ψυχολογικών αναγκών οδηγούν στην ανάπτυξη της προσωπικότητας και την κινητοποίηση του ενδιαφέροντος (Deci & Ryan 2000). Αυτές οι ψυχολογικές ανάγκες είναι: (i) η *Αυτονομία*, δηλαδή, η ανάγκη για αυτό-ρύθμιση των ενεργειών (ii) η *Επάρκεια*, η οποία αφορά την ανάγκη να κατανοήσουμε το πώς θα επιτευχθούν τα απαιτούμενα αποτελέσματα καθώς και την ανάγκη για αποτελεσματική εκτέλεση των απαιτούμενων ενεργειών και η (iii) *Κοινωνική Αλληλεπίδραση*, είναι η ανάγκη για επικοινωνία με άλλους (Deci et al. 1991). Από τη βιβλιογραφική μας επισκόπηση αναγνωρίστηκαν πολλά κοινά σημεία στη νοηματοδότηση της Επάρκειας (θεωρία του Αυτοπροσδιορισμού) με την Αυτό-αποτελεσματικότητα (θεωρία του Bandura). Επομένως, στα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας οι δύο έννοιες αναφέρονται μαζί.

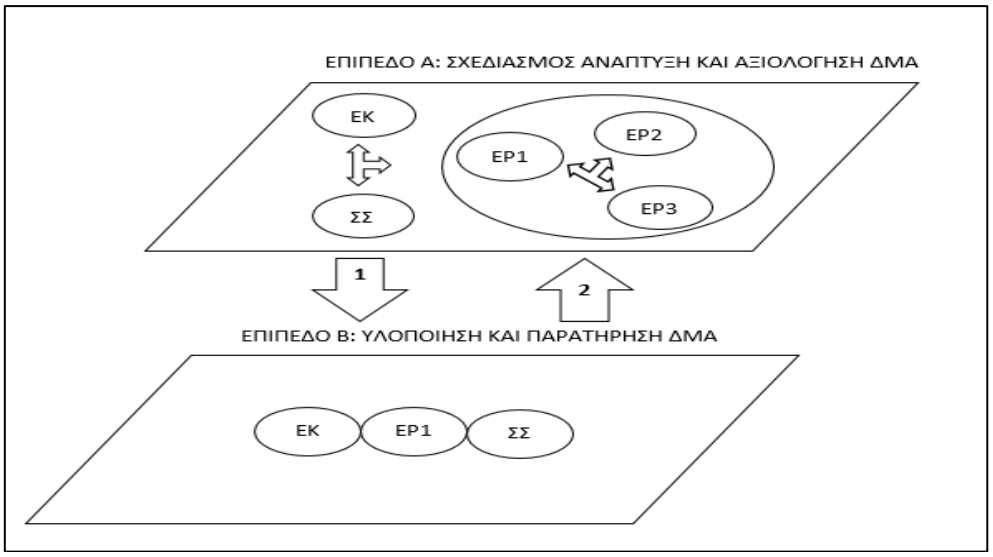
2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Το πλαίσιο της έρευνας

Στο συγκεκριμένο πρόγραμμα επαγγελματικής ανάπτυξης διδάχθηκε ρητά η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ), δηλαδή οι εκπαιδευτικοί μελέτησαν όψεις της ΠΓΠ, όπως είναι η Παιδαγωγική και το Περιεχόμενο (Χαϊτίδου κ.ά. 2015). Επιπλέον, διδάχθηκαν φαινόμενα και έννοιες του περιεχομένου της Ν-ΕΤ, όπως είναι η υπερυδροφοβικότητα (Μάνου κ.ά. 2015). Στο πρακτικό μέρος του προγράμματος, αρχικά οι εκπαιδευτικοί δίδαξαν περιεχόμενο της Ν-ΕΤ και στη συνέχεια αναστοχάστηκαν πάνω στην εμπειρία τους. Το περιβάλλον μάθησης του προγράμματος ήταν διερευνητικής κατεύθυνσης και οι εκπαιδευτικοί ήρθαν σε επαφή με μεθόδους (π.χ. μέθοδος Jigsaw) καθώς και με δραστηριότητες μη τυπικής εκπαίδευσης (π.χ. out-door activities). Το εν λόγω πρόγραμμα υλοποιήθηκε στο πλαίσιο των δράσεων μιας κοινότητας μάθησης, τη *Florinano*, που δημιουργήθηκε στη Δυτική Μακεδονία. Στην κοινότητα συμμετείχαν ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ, σχολικοί σύμβουλοι, εκπαιδευτικοί, φοιτητές και μαθητές.
Στην συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης η συμμετοχή της Νηπιαγωγού στην κοινότητα μάθησης παρουσιάζεται στην Εικόνα 1. Το διάγραμμα παρουσιάζει την αλληλεπίδραση

μεταξύ των συμμετεχόντων στην κοινότητα μάθησης σε δύο επίπεδα (Τζιώλη & Σπυρτου 2017). Στο επίπεδο Α φαίνεται ότι η εκπαιδευτικός (ΕΚ), αφού εκπαιδεύτηκε, συνεργάστηκε για να σχεδιάσει και να αναπτύξει τη Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) της με τη Σχολική Σύμβουλο (ΣΣ). Οι τρεις ερευνητές (ΕΡ1, ΕΡ2, ΕΡ3) συζητούσαν μεταξύ τους, λάμβαναν τις αποφάσεις τους και μετά συζητούσαν με την εκπαιδευτικό και τη Σύμβουλο για το σχεδιασμό της ΔΜΑ. Στο επίπεδο Β του διαγράμματος φαίνεται ότι η εκπαιδευτικός όταν υλοποίησε τη διδασκαλία της, παρακολουθούνταν από έναν ερευνητή και τη Σχολική Σύμβουλο. Για την αξιολόγηση της ΔΜΑ οι ερευνητές συζήτησαν μεταξύ τους, η εκπαιδευτικός συζήτησε με τη σχολική σύμβουλο και έπειτα οι ερευνητές συζήτησαν με την εκπαιδευτικό και τη Σύμβουλο (επίπεδο Α). Κατά τη διάρκεια του προγράμματος η εκπαιδευτικός συζητούσε συνεχώς με τους συναδέλφους της.

Εικόνα 1: Η αλληλεπίδραση στην κοινότητα μάθησης (Τζιώλη & Σπύρτου 2017)



Ερευνητικά Ερωτήματα

Στην παρούσα έρευνα θα απαντήσουμε στα εξής ερευνητικά ερωτήματα:
Ε1: Πώς επέδρασε το πρόγραμμα κατά τις διάφορες φάσεις του στην ικανοποίηση των ψυχολογικών αναγκών της νηπιαγωγού;
Ε2: Ποια χαρακτηριστικά του προγράμματος συνέβαλαν στην εξέλιξη της αυτό-αποτελεσματικότητας της Νηπιαγωγού;

Προφίλ της εκπαιδευτικού

Στη συγκεκριμένη εργασία -μελέτη περίπτωσης- αποσκοπούμε να μελετήσουμε λεπτομερειακά και σε βάθος την επίδραση του προγράμματος στη συγκεκριμένη εκπαιδευτικό. Η Νηπιαγωγός θεωρείται αρκετά έμπειρη εκπαιδευτικός, καθώς διδάσκει δέκα χρόνια. Όπως η ίδια ανέφερε στην αρχή του προγράμματος, αν και έχει υπόβαθρο στις Φυσικές Επιστήμες από τη θετική κατεύθυνση των σπουδών της στο Λύκειο, κάθε φορά που διδάσκει περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών έχει δισταγμούς για την επάρκειά της σε αυτό, φοβάται για τις ερωτήσεις των μαθητών και θεωρεί ότι θα δημιουργήσει παρανοήσεις. Παρόλα αυτά, στην καθημερινή της εργασία στην τάξη, διδάσκει τις κατάλληλες για την ηλικία έννοιες και δεξιότητες, στηριζόμενη σε προσωπική μελέτη.

Ερευνητικό εργαλείο

Το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ημι–δομημένη συνέντευξη. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τρεις ημι-δομημένες συνεντεύξεις, πριν, κατά τη διάρκεια και 5 μήνες μετά το πρόγραμμα. Οι συνεντεύξεις διήρκησαν 15-25 λεπτά, σε αυτές η Νηπιαγωγός ερωτήθηκε σχετικά με την εμπειρία της στη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας και τις γνώσεις της για την ΠΓΠ, για την αυτό-αποτελεσματικότητα που εκτιμά ότι απέκτησε μετά τη διδασκαλία του συγκεκριμένου περιεχομένου και για τα χαρακτηριστικά του προγράμματος που τη βοήθησαν σε αυτό π.χ. «*αν πάμε στις σφαίρες γνώσεις της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου… σε ποια από τις τρεις συνάντησες τις περισσότερες δυσκολίες;*».

Μέθοδος ανάλυσης δεδομένων

Αρχικά, μία ερευνήτρια απομαγνητοφώνησε τις συνεντεύξεις και τις κατέγραψε στο πρόγραμμα Excel. Στο δεύτερο βήμα, αναζήτησε συγκεκριμένες μονάδες ανάλυσης (ΜΑ), που να απαντούν στα ερευνητικά ερωτήματα και να έχουν ολοκληρωμένο νόημα π.χ. *«Ότι συναντιόμασταν και συζητούσαμε όλοι οι συμμετέχοντες… με βοήθησε να οργανώσω καλύτερα το κάθε τι.»*. Στο τρίτο βήμα, δομήθηκε το σχήμα ανάλυσης από κατηγορίες που προέκυψαν από τη βιβλιογραφία, και υποκατηγορίες σχετικά με το αν είναι θετικές ή αρνητικές οι εκφράσεις της Νηπιαγωγού στις ψυχολογικές ανάγκες της *Επάρκειας* και της *Αυτονομίας* και αν καταγράφεται ή όχι στις συνεντεύξεις κάποια ΜΑ για την ανάγκη της *Κοινωνικής Αλληλεπίδρασης* (Πίνακας 1). Έτσι, οι ΜΑ κατανεμήθηκαν στις αντίστοιχες κατηγορίες [ανάλυση top-down].

Πίνακας 1: Το εργαλείο ανάλυσης των ψυχολογικών αναγκών

Επάρκεια	**Αυτονομία**	**Κοινωνική Αλληλεπίδραση**
Θετική	Θετική	Καταγράφεται
Αρνητική	Αρνητική	Δεν καταγράφεται

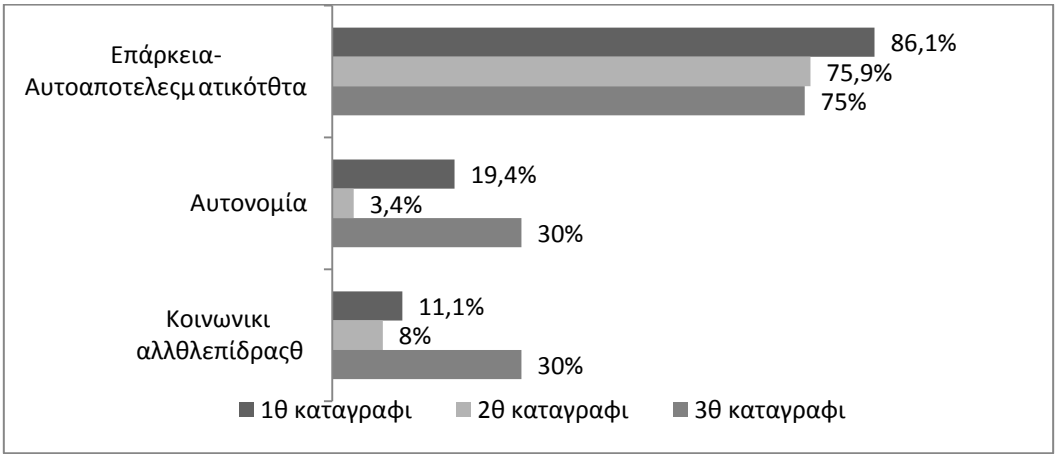
Κατά την επεξεργασία των δεδομένων, αναγνωρίστηκαν περαιτέρω υποκατηγορίες για τις τρεις ψυχολογικές ανάγκες [ανάλυση «bottom - up»]. Για παράδειγμα, αναγνωρίστηκε η υποκατηγορία «Θετική ως προς τη διδασκαλία με διαθεματική προσέγγιση» (*Επάρκεια*), η «Αυτονομία ως προς τη χρήση στρατηγικών-τεχνικών διδασκαλίας» (Αυτονομία), η «Αρνητική ως προς τη διαχείριση του διδακτικού χρόνου» (*Επάρκεια*) κ.α.
Για την αναζήτηση των παραγόντων που θεωρεί η Νηπιαγωγός ότι την βοήθησαν να αναπτύξει την αυτό-αποτελεσματικότητά της έγινε ανάλυση «bottom - up», δηλαδή οι κατηγορίες ανάλυσης αναδύθηκαν από τα δεδομένα. Τέλος, έγινε η καταμέτρηση των ΜΑ κάθε κατηγορίας και προέκυψαν τα αντίστοιχα ποσοτικά αποτελέσματα.
Για την εγκυρότητα και την αξιοπιστία της ανάλυσης των αποτελεσμάτων, δύο ερευνήτριες της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών συζητούσαν με την πρώτη ερευνήτρια, τα επιμέρους ευρήματα του κάθε βήματος. Η ανάλυση ολοκληρώθηκε όταν διαπιστώθηκε πλήρης συμφωνία μεταξύ των τριών ερευνητριών.

3. Αποτελέσματα

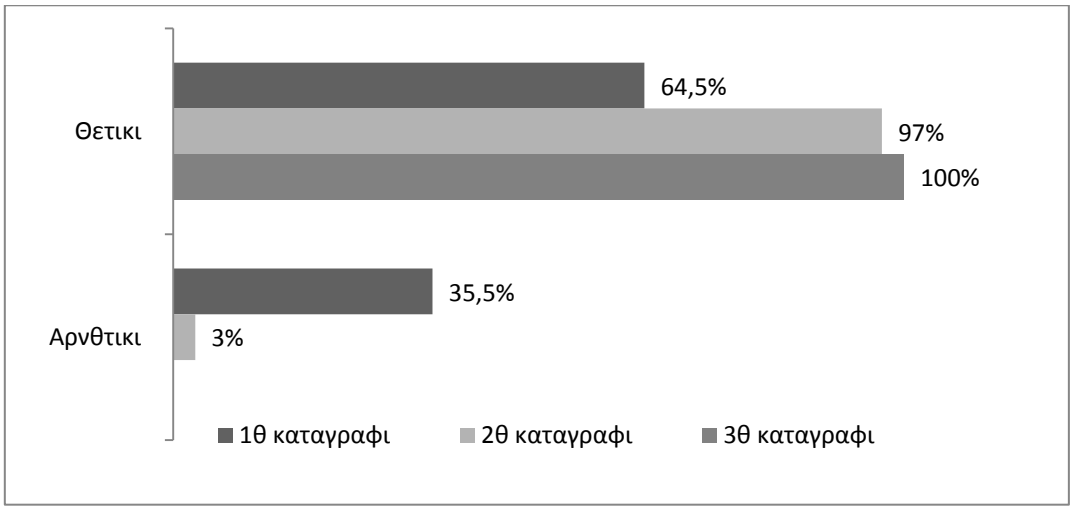
Να διευκρινιστεί ότι οι κατηγορίες δεν είναι αμοιβαία αποκλειόμενες μεταξύ τους, δηλαδή μια ΜΑ μπορεί να εμπίπτει σε παραπάνω από μια κατηγορίες. Στο διάγραμμα 1 φαίνονται τα αποτελέσματα για το πρώτο ερευνητικό ερώτημα. Στις τρεις καταγραφές φαίνεται να

ικανοποιούνται και οι τρεις ψυχολογικές ανάγκες της εκπαιδευτικού με την *Επάρκεια* να κατέχει τις περισσότερες ΜΑ. Στην 3η καταγραφή παρουσιάζεται άνοδος του ποσοστού των ΜΑ και στις δύο άλλες κατηγορίες (*Αυτονομία, Κοινωνική Αλληλεπίδραση*).

Διάγραμμα 1: Ικανοποίηση των ψυχολογικών αναγκών

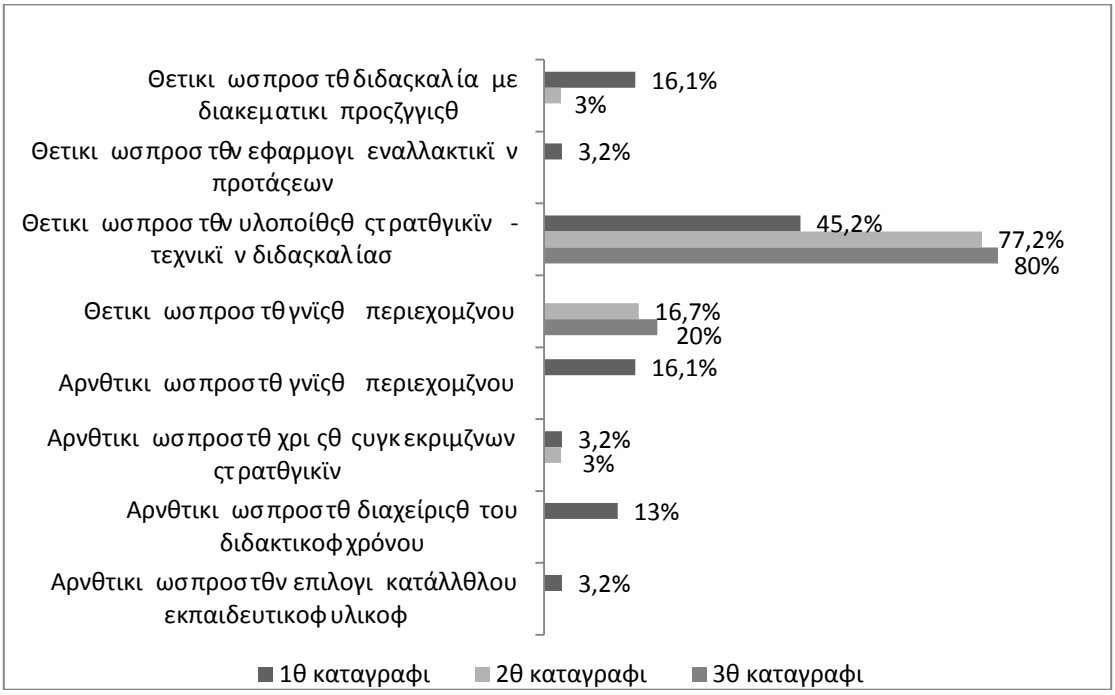


Διάγραμμα 2: Θετικές και Αρνητικές εκφράσεις για την Επάρκεια/Αυτό-αποτελεσματικότητα



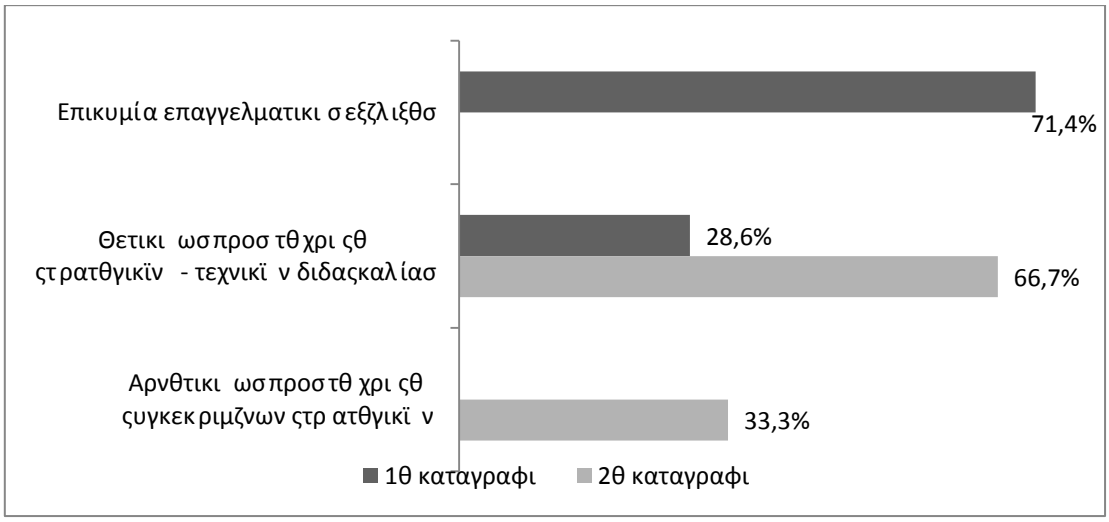
Στα διαγράμματα 2 και 3 φαίνονται ειδικότερα αποτελέσματα που αφορούν την κατηγορία της *Επάρκειας/Αυτό-αποτελεσματικότητας*. Στο διάγραμμα 2 παρατηρείται ότι οι θετικές εκφράσεις έχουν υψηλό ποσοστό από την πρώτη καταγραφή (64,5%), ενώ στην τρίτη καταγραφή όλες οι εκφράσεις ήταν θετικές. Στο διάγραμμα 3, παρατηρούμε ότι στην 1η καταγραφή, η πλειοψηφία των θετικών ΜΑ αφορούν την υλοποίηση στρατηγικών-τεχνικών διδασκαλίας καθώς και τη διαθεματική διδασκαλία. Και στις δύο επόμενες καταγραφές η Νηπιαγωγός συνεχίζει και σε υψηλότερο ποσοστό να εκφράζεται θετικά ως την ικανότητά της να είναι επαρκής στην υλοποίηση στρατηγικών-τεχνικών διδασκαλίας. Μικρές θετικές αλλαγές αναγνωρίζουμε στην υποκατηγορία που αφορά τη γνώση περιεχομένου, δηλαδή αρχικά αναγνωρίστηκαν 16.1% αρνητικές εκφράσεις για το εάν νομίζει ότι είναι επαρκής στις γνώσεις της για τις Φυσικές Επιστήμες και στη συνέχεια οι σχετικές εκφράσεις «μετασχηματίζονται» σε θετικές με ανώτερο ποσοστό το 20% (3η μέτρηση).

Διάγραμμα 3: Υποκατηγορίες της *Επάρκειας/Αυτό-αποτελεσματικότητας*



Στο διάγραμμα 4 φαίνονται οι υποκατηγορίες της *Αυτονομίας*. Στην πρώτη καταγραφή αναγνωρίστηκε η ανάγκη της Νηπιαγωγού να εξελιχτεί επαγγελματικά, π.χ. *«στεναχωριέμαι που δεν είχα την ευκαιρία να μπω σε κάποιο άλλο πρόγραμμα για να πάω… θεωρώ, ότι όποιο πρόγραμμα και να πάρω θα μάθω νέα πράγματα και θα εξελιχθώ»*. Στη 2η καταγραφή, η Νηπιαγωγός εκφράζεται κυρίως ως προς την αυτονομία της να διδάξει με συγκεκριμένες τεχνικές διδασκαλίας, π.χ. *«Προσπαθώ, προσπαθώ να δουλέψω σε ομάδες χωρίς να μου έχει διδάξει κάποιος πως δημιουργούνται αυτές οι ομάδες»*.

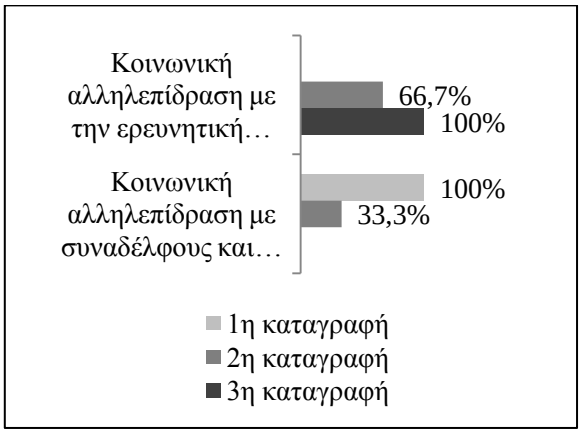
Διάγραμμα 4: Υποκατηγορίες της Αυτονομίας



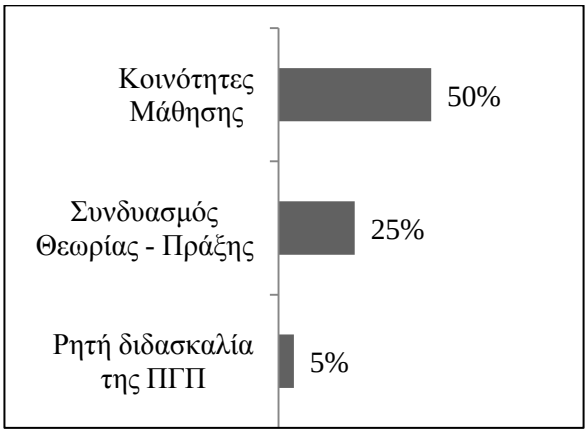
Στο διάγραμμα 5 φαίνονται οι υποκατηγορίες της *Κοινωνικής Αλληλεπίδρασης*. Στην πρώτη καταγραφή το σύνολο των ΜΑ αφορούσε τη σχέση της με τους συναδέλφους και τους γονείς.

Στην δεύτερη καταγραφή παρουσιάζεται ένα ποσοστό ΜΑ που αφορούσαν την αλληλεπίδραση με την ερευνητική ομάδα, ενώ στην τρίτη καταγραφή όλες οι ΜΑ αφορούν την αλληλεπίδραση της εκπαιδευτικού με την ερευνητική ομάδα.

Διάγραμμα 5: Υποκατηγορίες της Κοινωνικής αλληλεπίδρασης



Διάγραμμα 6: Τα χαρακτηριστικά που συνέβαλλαν στην εξέλιξη



Όσον αφορά το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα σχετικά με τα χαρακτηριστικά του προγράμματος που επηρέασαν την εξέλιξη της αυτό-αποτελεσματικότητας της Νηπιαγωγού, στο διάγραμμα 6 φαίνονται τα τρία χαρακτηριστικά που ανέφερε η ίδια η εκπαιδευτικός. Την πλειοψηφία των ΜΑ (50%) καταλαμβάνει το χαρακτηριστικό της Κοινότητας Μάθησης, που αφορούσε την δράση της εκπαιδευτικού μέσα σε αυτό το πλαίσιο.

4. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της έρευνας που παρουσιάστηκαν παραπάνω συνάγεται ότι ικανοποιούνται και οι τρεις Ψυχολογικές Ανάγκες της εκπαιδευτικού στις 3 καταγραφές που έγιναν. Επίσης φάνηκε ότι οι αναφορές της εκπαιδευτικού στην *Επάρκεια* έχουν τα μεγαλύτερα ποσοστά. Επίσης προέκυψε ότι οι περισσότερες ΜΑ αναγνωρίζονται στην υποκατηγορία της *Επάρκειας* ως προς την υλοποίηση στρατηγικών-τεχνικών διδασκαλίας στην οποία παρουσιάζεται και η μεγαλύτερη θετική εξέλιξη. Η παραπάνω διαπίστωση φαίνεται να είναι σε συμφωνία με την αύξηση του ποσοστού των θετικών ΜΑ στην ανάγκη της *Αυτονομίας*, στην υποκατηγορία της θετικής έκφρασης ως προς τη χρήση στρατηγικών-τεχνικών διδασκαλίας (από την 1η στη 2η καταγραφή). Ως εκ τούτου εκτιμούμε ότι η εκπαιδευτικός μετά το πρόγραμμα νιώθει ότι είναι περισσότερο επαρκής ως προς την υλοποίηση σύγχρονων στρατηγικών-τεχνικών διδασκαλίας. Ακόμη, η ανάλυση έδειξε ότι τα χαρακτηριστικά του προγράμματος λειτούργησαν θετικά στην επαγγελματική αυτό-αποτελεσματικότητα της εκπαιδευτικού. Η συμμετοχή της σε μια κοινότητα μάθησης (συνάδελφοι, ερευνητές, σχολική σύμβουλος) αναδείχτηκε ως το ισχυρότερο χαρακτηριστικό. Η εργασία αυτή θεωρούμε ότι συμβάλλει στη βελτίωση των προγραμμάτων επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών στο χώρο της Εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών προς ποικίλες κατευθύνσεις, οι οποίες πηγάζουν από τις ειδικές υποκατηγορίες των Ψυχολογικών Αναγκών που προέκυψαν. Για παράδειγμα, κατά το σχεδιασμό ενός ανάλογου προγράμματος θα μπορούσαν να αναπτυχθούν δραστηριότητες που θα στόχευαν στην ικανοποίηση αυτών των υποκατηγοριών.

5. Βιβλιογραφία

Μάνου, Λ., Σπύρτου, Α., Χατζηκρανιώτης, Ε., Καριώτογλου, Π. (2015). Βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου της διδασκαλίας της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας στις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης. Στα Πρακτικά, Δ., Ψύλλος, Α., Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη (Εκδ.), *9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, 203-211, Θεσσαλονίκη: http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr.

Τζιώλη, Μ. & Σπύρτου Α. (2017). "Όταν η Χιονάτη βρέθηκε στο Νανόκοσμο": Πιλοτική εφαρμογή στοιχείων της Νανοτεχνολογίας στο Νηπιαγωγείο. Αναρτημένη ανακοίνωση στο 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση, Ρέθυμνο 7-9 Απριλίου.

Χαϊτίδου, Μ., Σπύρτου, Α., Δημητριάδου, Κ. (2015). Μελέτη της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου για τις Φυσικές Επιστήμες σε πρωτοβάθμιους εκπαιδευτικούς. Στα Πρακτικά Ψύλλος, Δ., Μολοχίδης, Α. & Καλλέρη, Μ. (Εκδ.), *9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές,* 121-127, Θεσσαλονίκη.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York, NY: W.H. Freeman.

Cherrington, S. & Thornton, K (2013). Continuing professional development in early childhood education in New Zealand, *Early Years, 33:2*, 119-132.

Deci, E. & Ryan, R. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist, 55 (1)*, 68-78.

Deci, E., Vallerant, R., Pelletier, L. & Ryan, R. (1991). Motivation and Education: The Self-Determination Perspective. *Educational Psychologist, 26, 3&4*, 325-346.

Hunzicker, J (2011). Characteristics of Effective Professional Development: a checklist. *Professional Development in Education, 37:2*, 177–179.

Sandholtz, J. H. & Ringstaff, C. (2014). Inspiring Instructional Change in Elementary School Science: The Relationship between Enhanced Self-Efficacy and Teacher Practice. *Journal of Science Teacher Education, 25*, 729-751.

Schachter, R. E. (2015). An Analytic Study of the Professional Development Research in Early Childhood Education, *Early Education and Development, 26:8*, 1057-1085.

Η ΧΡΗΣΗ ΟΠΤΙΚΩΝ – ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΥΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ, ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ

Μαρία Βλαχολιά[1], Στέλλα Βοσνιάδου[2], Κατερίνα Σάλτα[3], Πέτρος Ρούσσος[4], Σμαράγδα Καζή[5], Μιχάλης Σιγάλας[6], Χρύσα Τζουγκράκη[1]
[1]Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[2]Flinders University
[3]Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Ηλιούπολης
[4]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[5]Τμήμα Ψυχολογίας, Πάντειο Πανεπιστήμιο
[6]Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη
Στην παρούσα έρευνα διερευνήσαμε την υιοθέτηση οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών από λύτες διαφορετικής εμπειρίας κατά την επίλυση προβλημάτων αντίληψης συντακτικών τύπων οργανικών ενώσεων. Επιπλέον, διερευνήσαμε την ικανότητα των λυτών να χρησιμοποιούν αναλυτικές στρατηγικές σε περιπτώσεις όπου απαιτείται να αγνοηθεί η διαισθητική απάντηση που επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο VACT, η εφαρμογή του οποίου έδειξε ότι η υιοθέτηση των αναλυτικών στρατηγικών στη Οργανική Χημεία προϋποθέτει την απόκτηση εμπειρίας στο συγκεκριμένο πεδίο. Η μετάβαση από τον οπτικό στον αναλυτικό συλλογισμό συνοδεύεται από την αναστολή της διαίσθησης που, επίσης, αποκτάται με την εμπειρία.

Abstract
In this research we investigated the adoption of visual and analytic strategies by individuals of different level of expertise when solving problems concerning the conception of organic compounds structural formulas. Furthermore, we investigated individuals' ability to use analytic strategies in cases where the inhibition of intuitive response strongly suggested by the visual inspection is required. To achieve our purposes, we used the instrument VACT, the administration of which showed that the adoption of analytic strategies in organic chemistry requires expertise in this field. The change from visual to analytic reasoning co-occurs with the inhibition of intuition, also achieved by expertise.

1. Εισαγωγή

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μετάβαση των λυτών προβλημάτων Οργανικής Χημείας από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών, καθώς η εφαρμογή των αναλυτικών στρατηγικών έχει συνδεθεί με την απόκτηση εμπειρίας (Hegarty et al. 2013, Stieff 2007, Stieff 2011, Stieff & Raje 2008). Οι οπτικές στρατηγικές στηρίζονται στην κατασκευή μιας εσωτερικής οπτικοχωρικής αναπαράστασης ενός μορίου ή μίας κατάστασης που δίνεται στο πρόβλημα και εμπεριέχουν νοητικές διεργασίες από τις οποίες απορρέει η λύση του προβλήματος, ενώ οι αναλυτικές στρατηγικές εμπεριέχουν την εφαρμογή κανόνων και ευρετικών συλλογισμών οι οποίοι εφαρμόζονται σε χωρικές πληροφορίες που

προκύπτουν από ένα διάγραμμα ή από την εκφώνηση ενός προβλήματος (Hegarty et al. 2013).
Ειδικότερα, έχει βρεθεί ότι κατά την επίλυση προβλημάτων στερεοχημείας οι φοιτητές, που αποτελούν τους αρχάριους λύτες, χρησιμοποιούν οπτικές στρατηγικές παρά το γεγονός ότι έχουν διδαχθεί την εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών για την επίλυση των συγκεκριμένων προβλημάτων (Stieff 2007). Εφαρμόζουν αναλυτικές στρατηγικές και χρησιμοποιούν γνώσεις Χημείας μόνο μετά από απευθείας διδασκαλία στη χρήση κανόνων και ευρετικών συλλογισμών. Αντίθετα, οι έμπειροι χημικοί προτιμούν να ακολουθούν αναλυτικές και όχι οπτικές στρατηγικές. Η Hegarty και οι συνεργάτες της (2013) έδειξαν ότι κατά την απόκτηση γνώσεων Χημείας οι φοιτητές μεταβάλλουν τις στρατηγικές που εφαρμόζουν, εύρημα που απέδωσαν σε αλλαγές στα σχετικά με τη μοριακή δομή νοητικά τους μοντέλα.
Αναδεικνύοντας μια άλλη διαφορά των άπειρων και έμπειρων λυτών σχετικά με τις στρατηγικές που υιοθετούν, οι Stieff και Raje (2008, 2010) βρήκαν ότι οι έμπειροι χημικοί όχι μόνο δείχνουν προτίμηση στη χρήση αναλυτικών στρατηγικών, αλλά εφαρμόζουν ένα εύρος οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών όταν καλούνται να επιλύσουν προβλήματα Οργανικής Χημείας που προορίζονται για την αξιολόγηση φοιτητών. Αντίθετα, οι φοιτητές προσκολλούνται σε μια συγκεκριμένη στρατηγική την οποία ακολουθούν για να επιλύσουν τα προβλήματα με τα οποία έρχονται αντιμέτωποι στις εξετάσεις τους (Stieff 2011).
Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση: 1) της υιοθέτησης οπτικών ή αναλυτικών στρατηγικών από ομάδες με διαφορετική εμπειρία στην επίλυση προβλημάτων που αφορούν στη μοριακή δομή οργανικών ενώσεων και 2) της εφαρμογής των αναλυτικών στρατηγικών σε περιπτώσεις όπου απαιτείται να αγνοηθεί η διαισθητική απάντηση η οποία επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση.

2. Μεθοδολογία / Ερευνητικά Ερωτήματα

Συμμετέχοντες

Στην παρούσα έρευνα συμμετείχαν συνολικά 285 λύτες οι οποίοι άνηκαν σε τέσσερις ομάδες. Την πρώτη ομάδα συνιστούσαν 127 μαθητές (56 αγόρια και 71 κορίτσια) της Β΄ τάξης Γενικής Παιδείας Ημερήσιων Γενικών Λυκείων (ΓΕΛ) της χώρας μας (εύρος ηλικίας = 16,36 - 18,36, Μ.Ο. = 16,90, Τ.Α. = 0,37 έτη). Οι μαθητές βρίσκονταν στον πέμπτο μήνα διδασκαλίας στην Οργανική Χημεία και είχαν διδαχθεί Χημεία τα προηγούμενα τρία σχολικά έτη (από την Β΄ Γυμνασίου έως την Α΄ Λυκείου), ενώ προέρχονταν από αστικά σχολεία και από οικογένειες μέσου κοινωνικοοικονομικού επιπέδου.
Τη δεύτερη ομάδα αποτελούσαν 71 πρωτοετείς φοιτητές, 18 άνδρες και 53 γυναίκες (εύρος ηλικίας = 18,34 - 20,66, Μ.Ο. = 18,98, Τ.Α. = 0,46 έτη), του τμήματος Χημείας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ) οι οποίοι είχαν διδαχθεί Χημεία επί πέντε σχολικά έτη στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Στην παρούσα έρευνα πήραν μέρος κατά τον πρώτο μήνα της φοίτησής τους στο πανεπιστήμιο στα πλαίσια του μαθήματος της Ανόργανης Χημείας.
Στην τρίτη ομάδα ανήκαν 61 τριτοετείς φοιτητές, 24 άνδρες και 37 γυναίκες (εύρος ηλικίας = 20,62 – 24,79, Μ.Ο. = 21,43, Τ.Α. = 0,86 έτη), του τμήματος Χημείας του ΕΚΠΑ οι οποίοι βρίσκονταν στο τρίτο και τελευταίο εξάμηνο της φοίτησής τους στο μάθημα της Οργανικής Χημείας.
Την τέταρτη και πιο έμπειρη ομάδα αποτελούσαν 26 εκπαιδευτικοί, 10 άνδρες και 16 γυναίκες (εύρος ηλικίας από 26 έως 53 ετών) που δίδασκαν το μάθημα της Χημείας Γενικής Παιδείας σε μαθητές της Β΄ τάξης ΓΕΛ ιδιωτικών και δημοσίων της χώρας μας. Οι εκπαιδευτικοί ήταν κάτοχοι του πτυχίου Χημείας πανεπιστημίων της χώρας μας και διέθεταν ένα μεγάλο εύρος εμπειρίας στη διδασκαλία, από 4 έως 26 έτη.

Υλικό

Για την επίτευξη του σκοπού της έρευνας αυτής χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο VACT (Visual Analytic Chemistry Task) το οποίο αποτελείται από 20 ερωτήματα (Vlacholia et al. 2017). Σε κάθε ερώτημα ο λύτης καλείται να αποφασίσει αν οι δύο συντακτικοί τύποι που του δίνονται αναπαριστούν το ίδιο ή διαφορετικό μόριο. Για τη διερεύνηση των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών το VACT περιέχει δύο υποκλίμακες ερωτημάτων, I και II. Η υποκλίμακα I περιέχει 10 ερωτήματα των οποίων η επίλυσή είναι συνεπής με την υιοθέτηση είτε οπτικών είτε αναλυτικών στρατηγικών και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται και ως «Συνεπή» ερωτήματα. Τα υπόλοιπα 10 ερωτήματα ανήκουν στην υποκλίμακα II και απαιτούν για την ορθή επίλυσή τους την εφαρμογή μόνο αναλυτικών στρατηγικών και γνώσεων Χημείας. Τα ερωτήματα αυτά αναφέρονται και ως «Ασυνεπή» ερωτήματα καθώς η επίλυσή τους είναι ασυνεπής με τη χρήση οπτικών στρατηγικών αφού η εφαρμογή αυτών των στρατηγικών οδηγεί σε λανθασμένη απάντηση. Τα ερωτήματα της υποκλίμακας I ανήκουν εξίσου σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες: (α) Στην κατηγορία «Φαινομενικότητα + / Πραγματικότητα +», όπου τα δύο μόρια που δίνονται φαίνεται να είναι και είναι όντως όμοια και (β) Στην κατηγορία «Φαινομενικότητα - / Πραγματικότητα -», όπου τα δύο μόρια ούτε φαίνεται να είναι και ούτε είναι όμοια. Πέντε από τα 10 ερωτήματα της υποκλίμακας II κατατάσσονται στην κατηγορία (γ) «Φαινομενικότητα + /Πραγματικότητα -», όπου τα δύο μόρια που δίνονται, ενώ φαίνονται να είναι όμοια, δεν είναι. Τα υπόλοιπα 5 ερωτήματα της υποκλίμακας II ανήκουν στην κατηγορία (δ) «Φαινομενικότητα - / Πραγματικότητα +», όπου τα δύο μόρια, ενώ δεν φαίνεται να είναι όμοια, εν τούτοις είναι. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται ενδεικτικά ερωτήματα από κάθε υποκλίμακα.

Πίνακας 1: Παραδείγματα ερωτημάτων του VACT

Υποκλίμακα	I	«Συνεπή» ερωτήματα	**Κατηγορία (α)** Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό ☐ Λάθος ☐
			Κατηγορία (β) Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό ☐ Λάθος ☐
	II	«Ασυνεπή» ερωτήματα	**Κατηγορία (γ)** Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό ☐ Λάθος ☐
			Κατηγορία (δ) Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η υψηλότερη επίδοση των λυτών στα ερωτήματα της υποκλίμακας Ι σε σχέση με αυτά της υποκλίμακας ΙΙ θα υποδηλώνει τη χρήση οπτικών στρατηγικών. Αντίθετα, η ικανότητα τα λυτών να επιλύουν τα ερωτήματα και των δύο υποκλιμάκων θα υποδεικνύει ότι οι λύτες έχουν πραγματοποιήσει τη μετάβαση από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών. Προκειμένου να διερευνήσουμε την ικανότητα των λυτών να αγνοούν την διαισθητική απάντηση η οποία επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση, κάποια ερωτήματα της υποκλίμακας ΙΙ και συγκεκριμένα αυτά της κατηγορίας (γ) έχουν ισχυρότερη επίδραση στο να παρασύρουν τον λύτη προς την κατεύθυνση της λανθασμένης απάντησης σε σχέση με την επίδραση των ερωτημάτων της κατηγορίας (δ).

Διαδικασία

Το VACT χορηγήθηκε ως γραπτή δοκιμασία διάρκειας 30 λεπτών στους μαθητές της Β΄ τάξης Γενικής Παιδείας ΓΕΛ, καθώς και στους πρωτοετείς και τριτοετείς φοιτητές. Οι μαθητές έλαβαν το VACT ως δοκιμασία αξιολόγησης κατά τη διάρκεια του μαθήματος της Χημείας Γενικής Παιδείας, ενώ οι φοιτητές το συμπλήρωσαν κατά τη διάρκεια των εργαστηριακών μαθημάτων της Ανόργανης και της Οργανικής Χημείας αντίστοιχα. Οι εκπαιδευτικοί έλαβαν το VACT ηλεκτρονικά, μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, και το συμπλήρωσαν κατά τη διάρκεια επιμόρφωσης τους σε εκπαιδευτικά λογισμικά παρουσία ενός από τους ερευνητές. Η χορήγηση του VACT πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τους κανόνες δεοντολογίας (Taber 2014).

Ερευνητικά Ερωτήματα

Στην παρούσα έρευνα επιχειρήσαμε να απαντήσουμε στα παρακάτω ερωτήματα:
1) Υπάρχει διαφοροποίηση των λυτών διαφορετικού επιπέδου εμπειρίας στην Οργανική Χημεία ως προς την επίδοσή τους στα ερωτήματα του VACT που μπορούν να επιλυθούν με την εφαρμογή οπτικών στρατηγικών και στα ερωτήματα που απαιτούν για τη σωστή επίλυσή τους την εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών;
2) Υπάρχει διαφοροποίηση των λυτών διαφορετικού επιπέδου εμπειρίας στην Οργανική Χημεία ως προς την ικανότητα τους να εφαρμόζουν αναλυτικές στρατηγικές σε περιπτώσεις όπου επιβάλλεται να αγνοηθεί η διαισθητική απάντηση η οποία επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση;

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της πολυμεταβλητής ανάλυσης διακύμανσης [$F(6, 558) = 16{,}78$, $p < 0{,}001$, *Wilk's* $\Lambda = 0{,}718$, $\eta^2_p = 0{,}15$] έδειξαν μια στατιστικά σημαντική επίδραση του τύπου της ομάδας στην επίδοση των λυτών στις υποκλίμακες Ι και ΙΙ. Όπως φαίνεται στον πίνακα 2, οι ομάδες με μεγαλύτερη εμπειρία στην Οργανική Χημεία παρουσίασαν καλύτερη επίδοση σε σχέση με τις ομάδες μικρότερης εμπειρίας στο συγκεκριμένο πεδίο.
Επιπλέον, η επίδοση των λυτών τόσο στα ερωτήματα της υποκλίμακας Ι [$F(3, 280) = 5{,}97$, $p = 0{,}001$, $\eta^2_p = 0{,}06$], όσο και στα ερωτήματα της υποκλίμακας ΙΙ [$F(3, 280) = 35{,}38$, $p < 0{,}001$, $\eta^2_p = 0{,}28$] επηρεάστηκε από την ομάδα στην οποία ανήκαν οι λύτες, δηλαδή από το επίπεδο της εμπειρίας τους στην Οργανική Χημεία. Σύμφωνα με τον πίνακα 2, οι διαφορές μεταξύ των ομάδων ως προς την επίδοσή τους στην υποκλίμακα Ι, αν και υπαρκτές, ήταν μάλλον μικρές (όλες οι ομάδες είχαν επίδοση μεγαλύτερη από 90%) και το μέγεθος της επίδρασης ήταν μέτριο ($\eta^2_p = 0{,}06$) υποδεικνύοντας ότι μόνο το 6% της διακύμανσης της επίδοσης των λυτών μπορεί να αποδοθεί στην ομάδα που αυτοί ανήκαν. Αντίθετα, ο τύπος

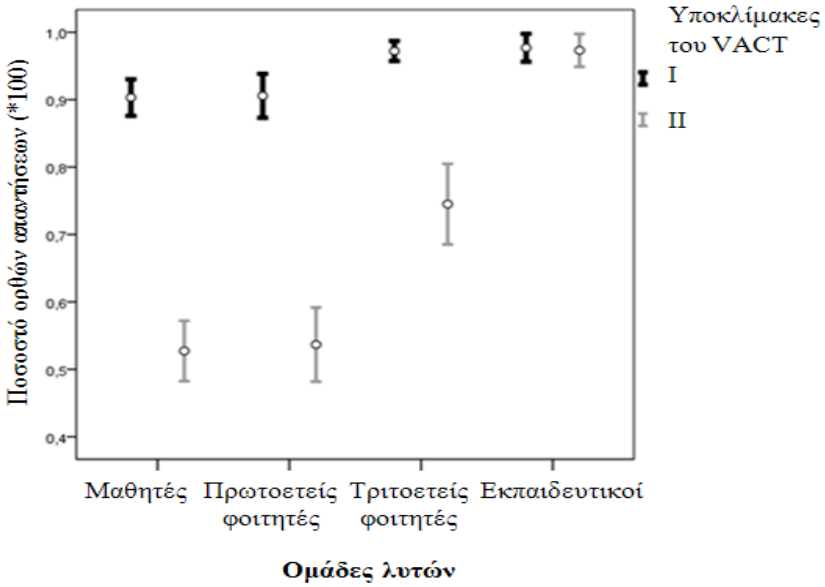
της ομάδας είχε μεγαλύτερη επίδραση στην επίδοση των λυτών στην υποκλίμακα ΙΙ (η^2_p= 0,28), υποδεικνύοντας ότι η επίδοση στα συγκεκριμένα ερωτήματα αυξάνεται με την απόκτηση εμπειρίας. Στον πίνακα 2 που ακολουθεί παρουσιάζεται η επίδοση κάθε ομάδας στις υποκλίμακες Ι και ΙΙ του VACT.

Πίνακας 2: Επιδόσεις των ομάδων στις υποκλίμακες Ι και ΙΙ του VACT.

		Υποκλίμακα Ι του VACT		Υποκλίμακα Ι του VACT	
Τύπος ομάδας	Ν (πλήθος)	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Μαθητές	126	0,90	0,15	0,53	0,25
Πρωτοετείς φοιτητές	71	0,91	0,14	0,54	0,23
Τριτοετείς φοιτητές	61	0,97	0,06	0,75	0,23
Εκπαιδευτικοί	26	0,98	0,05	0,97	0,06

Η εφαρμογή του παραμετρικού κριτηρίου t για εξαρτημένα δείγματα έδειξε μια στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις υποκλίμακες Ι και ΙΙ του VACT για: τους μαθητές [$t(125)$ = 17,38, p < 0,001, d = 1,79], τους πρωτοετείς φοιτητές [$t(70)$ = 13,43, p < 0,001, d = 1,94] και τους τριτοετείς φοιτητές [$t(60)$ = 8,07, p < 0,001, d = 1,31]. Αυτές οι τρεις ομάδες είχαν καλύτερη επίδοση στην υποκλίμακα Ι σε σχέση με την υποκλίμακα ΙΙ και το μέγεθος της μέσης διαφοράς ανάμεσα στις δύο υποκλίμακες του VACT ήταν μεγάλο (d> 0,8) τόσο για τους μαθητές, όσο και για τους φοιτητές. Αντίθετα, οι εκπαιδευτικοί δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντική διαφορά στην επίδοσή τους σε αυτές τις δύο υποκλίμακες [$t(25)$= 0,27, p = 0,788], υποδεικνύοντας ότι είχαν την ικανότητα να εφαρμόζουν τόσο οπτικές όσο και αναλυτικές στρατηγικές κατά την επίλυση των προβλημάτων στην Οργανική Χημεία. Τα παραπάνω αποτελέσματα παρουσιάζονται στο σχήμα 1.

Σχήμα 1: Διάγραμμα σφαλμάτων των ποσοστών των σωστών απαντήσεων (95% CIs) στις υποκλίμακες Ι και ΙΙ του VACT



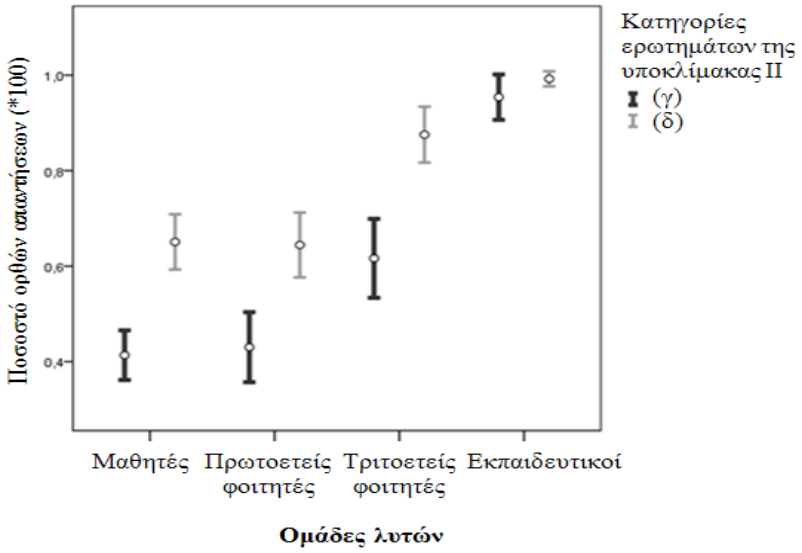
Ανάμεσα στους μαθητές και τους φοιτητές, οι τριτοετείς φοιτητές έδειξαν να έχουν μειώσει τη διαφορά ανάμεσα στην επίδοσή τους στις δύο υποκλίμακες του VACT, κάτι που δείχνει

ότι βρίσκονταν στη διαδικασία απόκτησης της αναλυτικής σκέψης. Αυτό το συμπέρασμα προέκυψε από την εφαρμογή του κριτηρίου t ανεξάρτητων δειγμάτων που έδειξε ότι η διαφορά των τριτοετών φοιτητών ανάμεσα στις δύο υποκλίμακες σε σχέση με τους μαθητές και τους πρωτοετείς φοιτητές ήταν στατιστικά μικρότερη [$t(185) = 4{,}05$, $p < 0{,}001$, $d = 0{,}65$] και [$t(130) = 3{,}59$, $p < 0{,}001$, $d = 0{,}62$] αντίστοιχα.
Τα αποτελέσματα της πολυμεταβλητής ανάλυσης διακύμανσης [$F(6, 556) = 17{,}41$, $p < 0{,}001$, *Wilk's Λ*= 0,709, η^2_p= 0,16] έδειξαν, επίσης, μια στατιστικά σημαντική επίδραση του τύπου της ομάδας στην επίδοση των λυτών στις κατηγορίες (γ) και (δ) της υποκλίμακας ΙΙ. Η επίδοση των λυτών τόσο στα ερωτήματα της κατηγορίας (γ) [$F(3, 279) = 28{,}81$, $p < 0{,}001$, η^2_p= 0,24], όσο και στα ερωτήματα της κατηγορίας (δ) [$F(3, 279) = 18{,}37$, $p < 0{,}001$, η^2_p= 0,17] επηρεάστηκε από την ομάδα στην οποία άνηκαν οι λύτες και πιο συγκεκριμένα αυξήθηκε με την απόκτηση της εμπειρίας (πίνακας 3).

Πίνακας 3: Επιδόσεις των ομάδων στις κατηγορίες ερωτημάτων (γ) και (δ) της υποκλίμακας ΙΙ του VACT.

		Κατηγορία (γ) της υποκλίμακας ΙΙ του VACT		Κατηγορία (δ) της υποκλίμακας ΙΙ του VACT	
Τύπος ομάδας	Ν (πλήθος)	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση	Μέσος Όρος	Τυπική Απόκλιση
Μαθητές	125	0,41	0,29	0,65	0,33
Πρωτοετείς φοιτητές	71	0,43	0,31	0,64	0,29
Τριτοετείς φοιτητές	61	0,62	0,32	0,88	0,23
Εκπαιδευτικοί	26	0,95	0,12	0,99	0,04

Σχήμα 3: Διάγραμμα σφαλμάτων των ποσοστών των σωστών απαντήσεων (95% CIs) στις κατηγορίες (γ) και (δ) της υποκλίμακας ΙΙ του VACT



Όπως φαίνεται στο σχήμα 3, οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν την ίδια επίδοση στα ερωτήματα των δύο κατηγοριών της υποκλίμακας ΙΙ, που σημαίνει ότι είχαν την ικανότητα να αγνοούν τη διαισθητική απάντηση, ακόμα και όταν αυτή ήταν ισχυρή, και να επιλύουν σωστά τα ερωτήματα. Πράγματι, η εφαρμογή του παραμετρικού κριτηρίου t για εξαρτημένα δείγματα

έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στη επίδοση των εκπαιδευτικών ανάμεσα στις κατηγορίες (γ) και (δ) [$t(25) = 1{,}55$, $p = 0{,}134$]. Αντίθετα, η επίδοση στα ερωτήματα της κατηγορίας (δ) ήταν σημαντικά καλύτερη σε σχέση με αυτή της κατηγορίας (γ) για: τους μαθητές [$t(124) = 7{,}26$, $p < 0{,}001$, $d = 0{,}77$], τους πρωτοετείς φοιτητές [$t(70) = 4{,}78$, $p < 0{,}001$, $d = 0{,}70$] και τους τριτοετείς φοιτητές [$t(60) = 6.56$, $p < .001$, $d = .93$]. Αυτές οι τρεις ομάδες έδειξαν να μην μπορούν να αγνοήσουν την ισχυρή φαινομενική ομοιότητα ανάμεσα στις δύο αναπαραστάσεις των μορίων στα ερωτήματα της κατηγορίας (γ) και συνεπώς οδηγήθηκαν στη εφαρμογή οπτικών στρατηγικών που έχει ως αποτέλεσμα να απαντήσουν λανθασμένα. Αυτό συνέβαινε ακόμα και αν οι λύτες διέθεταν τις αντίστοιχες χημικές γνώσεις που απαιτούνταν για την εφαρμογή των αναλυτικών στρατηγικών, όπως φάνηκε από την επίδοση των τριτοετών φοιτητών οι οποίοι δεν διέφεραν από τους εκπαιδευτικούς στα ερωτήματα της κατηγορίας (δ) (μέση διαφορά = 0,12, $p = 0{,}290$, $d = 0{,}61$) αλλά διέφεραν από αυτούς στα ερωτήματα της κατηγορίας (γ) (μέση διαφορά = 0,34, $p < 0{,}001$, $d = 1{,}21$).

4. Συμπεράσματα

Από την παρούσα έρευνα προέκυψε ότι τα προβλήματα που μπορούν να επιλυθούν με την εφαρμογή οπτικών στρατηγικών αντιμετωπίζονται εύκολα από όλους τους λύτες ανεξάρτητα από την εμπειρία τους στην επίλυση τέτοιων προβλημάτων. Αντίθετα, η υιοθέτηση των αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας είναι μια ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία που απαιτεί την συστηματική απόκτηση γνώσεων στο πεδίο αυτό. Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Stieff 2007, Stieff & Raje 2008) και είναι συνεπή με την άποψη ότι υπάρχει μια συστηματική μεταβολή στη χρήση των στρατηγικών με την απόκτηση της εμπειρίας. Το εύρημα ότι οι μαθητές και οι φοιτητές που σπουδάζουν Χημεία δεν υιοθετούν αναλυτικές στρατηγικές, παρόλο που κυρίως αυτές είναι οι στρατηγικές που διδάσκονται, υποδεικνύει ότι η εκπαίδευση στο πεδίο της Οργανικής Χημείας δεν είναι απολύτως επιτυχής. Αυτό δεν είναι κάτι καινοφανές, καθώς είναι σε συμφωνία με προηγούμενα ερευνητικά ευρήματα που αφορούν στην εκπαίδευση της Χημείας (Stieff 2007), αλλά και άλλων επιστημών, όπως της Γεωμετρία (Kospentaris et al. 2016). Καθώς υπάρχει η άποψη ότι η μεταβολή από τις οπτικές στις αναλυτικές στρατηγικές απαιτεί μεταβολές στις υπάρχουσες νοητικές αναπαραστάσεις και στα νοητικά μοντέλα των διδασκομένων, ίσως θα προσέφερε στη έρευνα να διερευνηθεί η μεταβολή στη χρήση των στρατηγικών κάτω από το πρίσμα της εννοιολογικής αλλαγής (Hegarty et al. 2013).

Ένα νέο και σημαντικό εύρημα της παρούσας έρευνας είναι η επίδραση της διαισθητικής απάντησης όταν αυτή καθοδηγείται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι απαιτούνται πολλά χρόνια εμπειρίας προκειμένου να ξεπεραστεί αυτού του τύπου η επίδραση. Φάνηκε ότι, εκτός από την απόκτηση γνώσεων στην Οργανική Χημεία, η υιοθέτηση των αναλυτικών στρατηγικών εξαρτάται και από το βαθμό της φαινομενικής ομοιότητας που υπάρχει ανάμεσα στις αναπαραστάσεις των ερωτημάτων της υποκλίμακας ΙΙ. Ιδιαίτερα, από την επίδοση των τριτοετών φοιτητών προέκυψε ότι η αποτυχία της χρήσης των αναλυτικών στρατηγικών δεν οφείλεται αποκλειστικά στη έλλειψη γνώσεων Χημείας, αλλά και στην αδυναμία τους να αγνοήσουν το περιεχόμενο των ερωτήσεων, όταν αυτό ευνοεί τη χρήση οπτικών στρατηγικών. Το γεγονός αυτό συνιστά ένα σημείο στο οποίο πρέπει να επικεντρωθεί η διδασκαλία. Προς την κατεύθυνση αυτή, θα πρέπει οι εκπαιδευτικοί να εντάσσουν στη διδασκαλία και στο εκπαιδευτικό τους υλικό ρητά παραδείγματα ερωτημάτων, όπου οι απαντήσεις που επιβάλλονται από την οπτική παρατήρηση θα είναι λανθασμένες και που μόνο η εφαρμογή των αναλυτικών στρατηγικών θα οδηγεί στη σωστή επίλυση. Επιπλέον, οι δοκιμασίες αξιολόγησης και η κατ’ οίκον εξάσκηση θα μπορούσαν να

περιέχουν τέτοια παραδείγματα που να προβληματίζουν τους διδασκομένους μετά από τη διόρθωση και την ανατροφοδότηση. Έτσι, οι μαθητές μέσω της εκπαιδευτικής διαδικασίας θα μπορέσουν να κατανοήσουν ότι μια οπτική στρατηγική μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένη απάντηση και ότι θα πρέπει επομένως να ελέγχουν την ορθότητα των απαντήσεών τους με την εφαρμογή των αναλυτικών στρατηγικών.

Τέλος, η παρούσα έρευνα εγείρει έναν προβληματισμό σχετικά με το είδος των στρατηγικών στο οποίο θα πρέπει να εξασκούνται οι διδασκόμενοι. Καθώς η έρευνα έχει δείξει ότι η εξάσκηση στη χρήση των οπτικών στρατηγικών συνδέεται με την επιτυχία των διδασκομένων γενικά στις επιστήμες STEM και ειδικότερα στη Χημεία και ότι η απόκτηση εμπειρίας απαιτεί τη χρήση αναλυτικών στρατηγικών, φαίνεται ότι η βέλτιστη διδασκαλία θα πρέπει να περιλαμβάνει την εξάσκηση των διδασκομένων τόσο στις οπτικές, όσο και στις αναλυτικές στρατηγικές (Stull & Hegarty 2016).

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο - ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» του Εθνικού Στρατηγικού Πλαισίου Αναφοράς (ΕΣΠΑ) – Ερευνητικό Χρηματοδοτούμενο Έργο: ΘΑΛΗΣ. Επένδυση στην κοινωνία της γνώσης μέσω του Ευρωπαϊκού Κοινωνικού Ταμείου.

5. Βιβλιογραφία

Hegarty, M., Stieff, M. & Dixon, B. L. (2013). Cognitive change in mental models with experience in the domain of organic chemistry. *Journal of Cognitive Pshchology, 25 (2)*, 220-228.

Kospentaris, G., Vosniadou S., Kazi S. & Thanou E. (2016). Visual and Analytic Strategies in Geometry, *Frontline Learning Research, 4 (1)*, 40-58.

Stieff, M. (2007). Mental rotation and diagrammatic reasoning in science. *Learning and Instruction, 17*, 219-234.

Stieff, M. (2011). When is a molecule three dimensional? A task-specific role for imagistic reasoning in advanced chemistry. *Science Education, 95 (2)*, 310-336.

Stieff, M. & Raje, S. (2008). Expertise & Spatial Reasoning in Advanced Scientific Problem Solving, *Proceedings of the 8th international conference on International conference for the learning sciences. 2*, 366-373.

Stieff, M. & Raje, S. (2010). Expert algorithmic and imagistic problem solving strategies in advanced chemistry. *Spatial Cognition & Computation., 10*, 53-81.

Stull, A.T. & Hegarty M. (2016). Model manipulation and learning: Fostering representational competence with virtual and concrete models. *Journal of Educational Psychology, 108 (4)*, 509-527.

Taber, K. S. (2014). Ethical considerations of chemistry education research involving 'human subjects'. *Chemistry Education Research and Practice, 15*, 109-113.

Vlacholia, M. P., Vosniadou, S., Roussos, P., Salta, K., Kazi, S., Sigalas, M. & Tzougraki, C. (2017). Changes in visual/spatial and analytic strategy use in organic chemistry with the development of expertise. *Chemistry Education Research and Practice*, DOI: 10.1039/c7rp00036g.

ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΩΝ ΒΙΟΜΟΡΙΩΝ ΣΤΗ Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Γεωργία Χουλιαρά, Ντία Γαλανοπούλου
Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία μελετώνται τα αποτελέσματα της διδασκαλίας των Βιομορίων στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (Γ' Γυμνασίου) με τη χρήση διαθεματικής προσέγγισης. Προς τούτο, οργανώθηκε διαθεματικό μάθημα με σκοπό να διδαχτούν οι μαθητές τα βιομόρια ανεξαρτήτως μαθήματος, Βιολογίας ή Χημείας, και καταρτίστηκαν ερωτηματολόγια ανοικτού τύπου, τα οποία οι μαθητές συμπλήρωσαν πριν και μετά το μάθημα. Από τη μελέτη αυτή προκύπτει πως μια διαθεματική προσέγγιση στη διδασκαλία των βιομορίων βοηθά τους μαθητές στην κατανόηση των εννοιών αυτών, είναι δε ανεξάρτητη από το μάθημα στο πλαίσιο του οποίου τις μελετούν.

Abstract
In the present study, teaching of biomolecules was carried out for students in the third year of Secondary Education, using an interdisciplinary approach. In order to teach biomolecules, regardless whether students studied Biology or Chemistry, they had to attend an interdisciplinary course which was specifically created for this study. In addition, open-ended questionnaires were distributed to them before and after the teaching. The study shows that the interdisciplinary approach for teaching biomolecules helps students to understand the subject and it is independent of the course framework.

1. Εισαγωγή

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) είναι βασική συνιστώσα των προγραμμάτων σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στις περισσότερες χώρες του κόσμου και προετοιμάζει τους μαθητές για δημιουργική δράση μέσα στην κοινωνία, στην οποία τόσο οι επιστημονικές έννοιες και οι εφαρμογές τους όσο και ο τρόπος σκέψης που καλλιεργούν οι ΦΕ παίζουν σημαντικό ρόλο. Ο σκοπός της διδασκαλίας των ΦΕ δεν μπορεί παρά να εντάσσεται στους γενικότερους σκοπούς της εκπαίδευσης, δηλαδή στην ολοκλήρωση του ατόμου με την ανάπτυξη κριτικού πνεύματος και διάθεσης για ενεργοποίηση και δημιουργία τόσο σε ατομικό επίπεδο, όσο και σε συνεργασία με άλλα άτομα ή ομάδες.
Στο ελληνικό πρόγραμμα σπουδών, αλλά και σε διεθνές επίπεδο, γίνεται διδασκαλία των βιομορίων στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (ΔΕ) με χρήση διαφόρων διδακτικών εργαλείων και τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την καλύτερη κατανόηση του θέματος. Στις τεχνικές αυτές ανήκουν και διαθεματικές προσεγγίσεις διδασκαλίας, που καταργούν τα διακριτά μαθήματα ως πλαίσια οργάνωσης της γνώσης και επιτρέπουν δημιουργικότερη συμμετοχή των μαθητών στο μάθημα. Παράλληλα, διευκολύνουν και τη σύνδεση του διδασκόμενου θέματος (εδώ, των βιομορίων) με την καθημερινή ζωή. Παραδείγματα μιας ποικιλίας τέτοιων προσεγγίσεων από τη διεθνή βιβλιογραφία δίνονται στη συνέχεια.
Οι Barak και συνεργάτες (2013) μελέτησαν την κατανόηση των τρισδιάστατων δομών και λειτουργιών των βιομορίων με διδακτική που περιλαμβάνει απεικονίσεις τους με κινούμενα σχέδια (animations). Τα ευρήματα της μελέτης αυτής έδειξαν ότι η συγκεκριμένη προσέγγιση

ενίσχυσε την κατανόηση των μαθητών σχετικά με τη δομή και τη λειτουργία των βιομορίων, όπως και την ικανότητα τους να μεταφέρουν την κατανόηση αυτή και σε άλλους τομείς της Χημείας.

Τα βιομόρια μπορούν να διδαχτούν και όταν συνδεθούν με την καθημερινή ζωή και τη διατροφή. Σύμφωνα με έρευνα των Rosander και συνεργατών (2013), έγινε μελέτη για να διερευνηθεί η σύσταση των γευμάτων, που κατανάλωναν οι μαθητές, σε θρεπτικά συστατικά. Παρουσιάζοντας και συζητώντας τα αποτελέσματα με τους μαθητές, επιτυγχάνεται όχι μόνο η κατανόηση των εννοιών των θρεπτικών συστατικών (βιομορίων), αλλά και η σύνδεση τους με την καθημερινότητα των μαθητών.

Μια ακόμα μελέτη έδειξε πως η σύνδεση αυτή μπορεί να γίνει μέσω των ασθενειών. Τη σύνδεση οι μαθητές κατανοούν μέσω μαθημάτων που περιλαμβάνουν διαλέξεις, βίντεο, ερευνητική εργασία, εργαστηριακό πείραμα και project. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι υπάρχει σαφής βελτιώση στην κατανόηση των βιομορίων μετά τη διεξαγωγή των μαθημάτων αυτών (Bethel et al. 2014).

Τέλος, σε πρόσφατη μελέτη, ομάδες συζήτησης αντικατέστησαν το παραδοσιακό μάθημα για τη δομή και το μεταβολισμό των βιομορίων, αποδεικνύοντας ότι, με τον τρόπο αυτό, οι μαθητές εργάζονται περισσότερο για να αποκτήσουν γνώσεις και λιγότερο για να επιτύχουν υψηλή βαθμολογία ενώ, παράλληλα, ενισχύθηκε και το ενδιαφέρον τους για τη Βιοχημεία (Cicuto et al. 2016).

Η διδασκαλία των βιομορίων δεν περιορίζεται μόνο στους γνωστικούς στόχους, αλλά μπορεί να επεκταθεί και σε ψυχοκινητικούς. Έρευνα που έγινε για τα βιομόρια με διδακτικό εργαλείο ένα παιχνίδι καρτών έδειξε ότι η ομαδοσυνεργατικότητα των μαθητών αύξησε την παρατηρητικότητά τους και τελικά τους έκανε να μάθουν τα βιομόρια μέσα από ένα απλό παιχνίδι (Costa 2007).

Στην παρούσα εργασία μελετήσαμε τη διδασκαλία των βιομορίων στην ελληνική ΔΕ. Η προσέγγισή μας στο θέμα των βιομορίων περιελάμβανε ειδική διαθεματική διδασκαλία και ερωτηματολόγια ανοιχτού τύπου με σκοπό να εξαχθούν συμπεράσματα για την κατανόηση της ενότητας των βιομορίων ανεξάρτητα από το πλαίσιο στο οποίο διδάσκονται. Τα βιομόρια που μελετήθηκαν ταξινομούνται σε 4 θεματικές ενότητες, στις πρωτεΐνες, τους υδατάνθρακες, τα λιπίδια και τα νουκλεϊκά οξέα, ενώ στα ερωτηματολόγια υπήρχαν ερωτήσεις και για τα βιομόρια (γενικά) ή/και τις θρεπτικές ύλες.

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά ερωτήματα

Στην παρούσα εργασία, αρχικά έγινε συστηματική μελέτη των βιβλίων της Χημείας και της Βιολογίας Γυμνασίου και Λυκείου όσον αφορά τα βιομόρια, εντοπίστηκαν τα κεφάλαια στα οποία αυτά αναφέρονται και επελέγη για τη διδασκαλία η Γ’ Γυμνασίου. Συγκεντρώθηκαν επίσης οι στόχοι από το βιβλίο του μαθητή, το βιβλίο του καθηγητή και το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών στο συγκεκριμένο κεφάλαιο των βιομορίων, μελετήθηκαν τα αντίστοιχα κεφάλαια από πανεπιστημιακά συγγράμματα και, με βάση το υλικό αυτό, καταγράφηκαν οι επιστημονικά αποδεκτές θέσεις (statements) που θα στήριζαν τη διδασκαλία, ανεξάρτητα από το αν, τυπικά, ανήκουν στο μάθημα της Χημείας ή το μάθημα της Βιολογίας. Με βάση τις επιστημονικά αποδεκτές θέσεις, διευκρινίστηκε «τι πρέπει να γνωρίζουν οι μαθητές» συνολικά και στα δυο μαθήματα για κάθε κατηγορία βιομορίων. Αυτή η προσέγγιση βοήθησε ώστε να προετοιμαστεί τόσο η διαθεματική διδασκαλία, όσο και τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν στους μαθητές. Το μάθημα έγινε σε δείγμα 76 μαθητών της Γ’ Γυμνασίου 5 τμημάτων 2 διαφορετικών σχολικών μονάδων της Αττικής. Ετοιμάστηκαν δυο ερωτηματολόγια ανοιχτού τύπου με εννέα ερωτήσεις, συμπεριλαμβανομένων και ερωτήσεων στην ενότητα Βιομόρια/Θρεπτικές ύλες, τα οποία μοιράστηκαν στους μαθητές πριν και μετά

το μάθημα. Το μετά το μάθημα ερωτηματολόγιο περιελάμβανε επιπλέον τρεις ερωτήσεις στάσης. Η βαθμολογία των απαντήσεων στα ερωτηματολόγια έγινε με κλίμακα 3 βαθμών (0-1-2) και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων με το σύστημα SPSS 12.0 (2005).

3. Αποτελέσματα

Όπως αναφέρθηκε, τα βιομόρια που μελετήθηκαν ταξινομούνται σε 5 συνολικά θεματικές ενότητες. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται, ενδεικτικά, τα ερωτηματολόγια της θεματικής ενότητας των πρωτεϊνών (Χουλιαρά 2015).

Πίνακας 1: Ερωτήσεις της θεματικής ενότητας των πρωτεϊνών

Ερωτηματολόγιο πριν
4. Τι είναι τα αμινοξέα; Ποια σχέση έχουν με τις πρωτεΐνες;
5. Τι είναι τα ένζυμα;
8. Τι είναι τα απαραίτητα αμινοξέα; Τι είναι τα απαραίτητα λιπαρά οξέα;
9. Τι είναι το DNA; Ποια σχέση έχει το DNA με τις πρωτεΐνες;

Ερωτηματολόγιο μετά
4. Από τι αποτελούνται οι πρωτεΐνες; Από τι εξαρτάται η δράση τους;
5. Να αναφέρετε παραδείγματα πρωτεϊνών από την καθημερινή σας ζωή. Γιατί επιλέξατε τις συγκεκριμένες πρωτεΐνες;
6. Τι είναι τα ένζυμα; Ποια είναι λειτουργία τους στον οργανισμό;
9. Ποια είναι τα νουκλεϊκά οξέα και από τι αποτελούνται; Πώς συνδέεται το DNA με τις πρωτεΐνες;

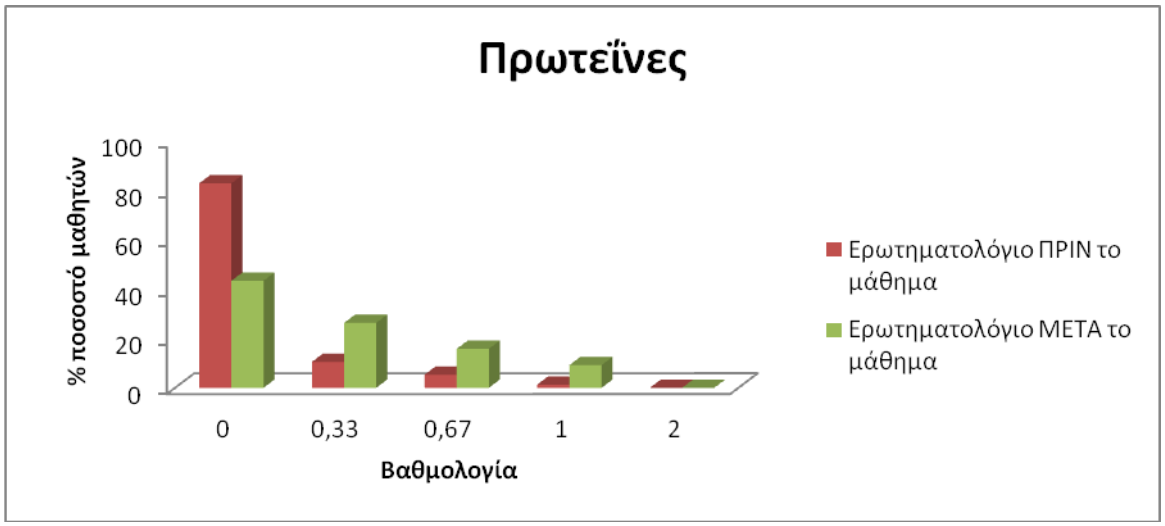
Κάποιες ερωτήσεις στον πίνακα 1 αφορούν ειδικά τα αμινοξέα και τη σχέση τους με τις πρωτεΐνες.

Πριν: *Τι είναι τα αμινοξέα; Ποια σχέση έχουν με τις πρωτεΐνες;*
Το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών δεν απάντησε (61,0% και 85,7% στα δυο σχολεία, αντίστοιχα). Σωστά και ολοκληρωμένα στην ερώτηση (βαθμός 2) απάντησε το 2,4% και 2,9%, αντίστοιχα, των μαθητών. Μερικώς σωστή απάντηση (απάντηση στο ένα σκέλος της ερώτησης, βαθμός 1) έδωσε το 14,6% (και στα δυο σχολεία), που ανέφερε πως τα αμινοξέα συνθέτουν τις πρωτεΐνες.
Μετά: *Από τι αποτελούνται οι πρωτεΐνες; Από τι εξαρτάται η δράση τους;*
Το ποσοστό των μαθητών που απάντησε ολοκληρωμένα και σωστά ότι οι πρωτεΐνες αποτελούνται από αμινοξέα και η δράση τους εξαρτάται από τη σειρά που αυτά ενώνονται (βαθμός 2) είναι 17,1% και 4,9%, αντίστοιχα. Αύξηση της βαθμολογίας παρατηρείται και στο ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σωστά ότι οι πρωτεΐνες αποτελούνται από αμινοξέα

(25,7% και 41,5%, αντίστοιχα), χωρίς όμως να απαντούν από τι εξαρτάται η δράση τους (βαθμός 1).

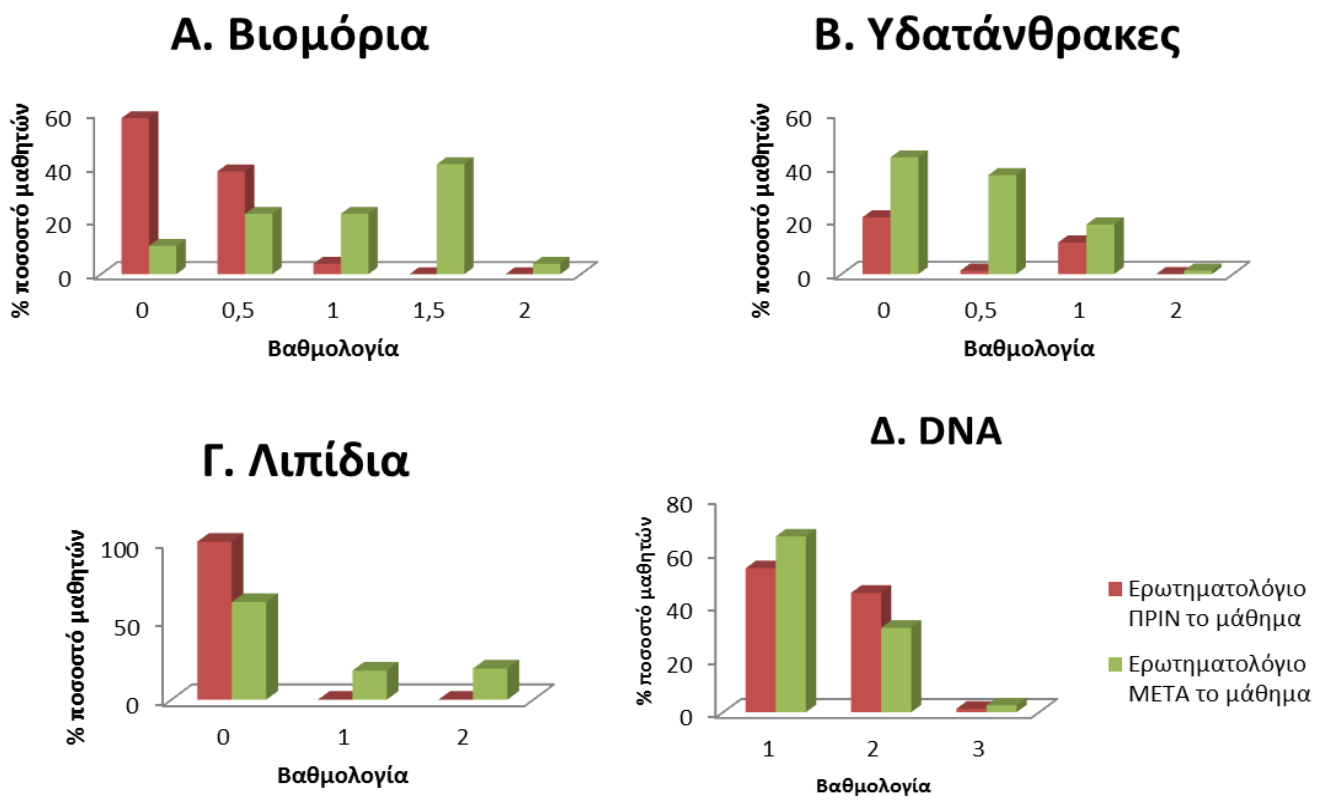
Η **διασταυρούμενη ανάλυση** που πραγματοποιήθηκε στις απαντήσεις των ερωτήσεων της θεματικής ενότητας των πρωτεϊνών (ερωτήσεις 4, 5, 8, 9 του ερωτηματολογίου πριν και 4, 5, 6, 9 του ερωτηματολογίου μετά) έδωσε τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στο σχήμα 1: το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν λάθος ή δεν απάντησαν καθόλου μειώνεται σχεδόν στο μισό και από 82,9% κατεβαίνει στο 43,4%, ενώ αύξηση παρατηρείται και στο ποσοστό των μαθητών που βαθμολογήθηκαν με 1 (από 1,3% σε 9,2%). Είναι ενδιαφέρον ότι, ειδικά τις πρωτεΐνες, οι μαθητές τις συνδέουν ευκολότερα απ' ότι τα άλλα βιομόρια με την καθημερινή τους ζωή (τροφή, διατροφή, υγεία/ασθένειες) (Χουλιαρά 2015).

Σχήμα 1: % ποσοστό των μαθητών, όπως βαθμολογήθηκαν πριν και μετά το μάθημα, στην ενότητα των πρωτεϊνών



Η τάση αυτή βελτίωσης της βαθμολογίας, όπως έδειξε η διασταυρούμενη ανάλυση των απαντήσεων στα δυο ερωτηματολόγια, παρατηρείται και στις ενότητες των βιομορίων και των λιπιδίων (σχήμα 2Α και 2Γ). Στην ενότητα, ωστόσο, των υδατανθράκων (σχήμα 2Β) δεν φαίνεται να διαφοροποιήθηκαν τα ποσοστά με την παρέμβαση της διδασκαλίας, ενώ πτώση στην απόδοση των μαθητών εμφανίζει η ενότητα του DNA (σχήμα 2Δ) παρ' όλο που, όταν ρωτήθηκαν τι τους έκανε ιδιαίτερη εντύπωση στο μάθημα (πίνακας 2, ερώτηση 12), οι μαθητές στην πλειοψηφία τους απάντησαν: το DNA και όσα σχετίζονται με αυτό. Είναι φανερό ότι οι μεγάλες δυσκολίες που εμφανίζουν οι μαθητές στην κατανόηση των εννοιών που σχετίζονται με το γενετικό υλικό (Carvalho et al. 2012) δεν είναι δυνατό να ανατραπούν με μάθημα μιας ώρας. Αντίθετα, ένα τέτοιο μάθημα, που αφορά και τις τέσσερις τάξεις των βιομορίων συγχρόνως, είναι πιθανό να επιτείνει τις δυσκολίες αυτές.

Σχήμα 2: % ποσοστό των μαθητών, όπως βαθμολογήθηκαν πριν και μετά το μάθημα, στις ενότητες των βιομορίων/θρεπτικών υλών (Α), υδατανθράκων (Β), λιπιδίων (Γ) και DNA (Δ). Η ενότητα των βιομορίων περιελάμβανε 2 ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο πριν το μάθημα (ερωτήσεις 1 και 2) και 3 ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο μετά (ερωτήσεις 1, 2 και 10). Η ενότητα των υδατανθράκων περιελάμβανε 3 ερωτήσεις στο ερωτηματολόγιο πριν (3, 6 και 7) και 2 στο ερωτηματολόγιο μετά (3 και 7). Στην ενότητα των λιπιδίων οι ερωτήσεις περιορίζονται σε μια σε καθένα από τα ερωτηματολόγια (8 και 8, αντίστοιχα). Το ίδιο ισχύει και για την ενότητα των νουκλεϊκών οξέων (ερωτήσεις 9 και 9, αντίστοιχα)

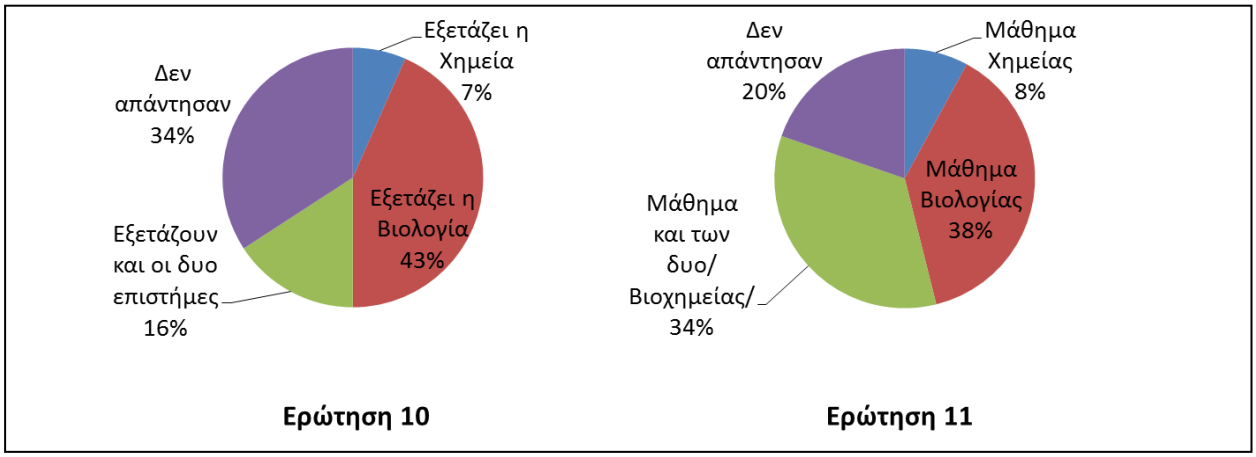


Όπως αναφέρθηκε, το μετά το μάθημα ερωτηματολόγιο περιελάμβανε επιπλέον τρεις ερωτήσεις στάσης (πίνακας 2). Οι απαντήσεις στις δυο από τις ερωτήσεις αυτές συνοψίζονται στο σχήμα 3 και θεωρούμε ότι παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον.

Πίνακας 2: Ερωτήσεις στάσης

Ερωτηματολόγιο μετά
10. Οι 4 τάξεις των βιομορίων (υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια, νουκλεϊκά οξέα) είναι ενώσεις που εξετάζει η Χημεία ή η Βιολογία; Ποιο από τα βιομόρια σας φαίνεται πιο σημαντικό και γιατί; 11. Νομίζετε ότι το μάθημα που παρακολουθήσατε ήταν μάθημα Χημείας ή μάθημα Βιολογίας; 12. Τι σας έκανε μεγαλύτερη εντύπωση στο μάθημα αυτό;

Σχήμα 3: Απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις «Οι 4 τάξεις των βιομορίων είναι ενώσεις που εξετάζει η Χημεία ή η Βιολογία;» (ερώτηση 10) και «Νομίζετε ότι το μάθημα που παρακολουθήσατε ήταν μάθημα Χημείας ή μάθημα Βιολογίας» (ερώτηση 11)



Στο σχήμα 3 φαίνεται ότι, σχετικά με το ποιό μάθημα εξετάζει τα βιομόρια, οι περισσότερες απαντήσεις «έδειξαν» τη Βιολογία (43%), με ένα σεβαστό ποσοστό μαθητών (16%) να διαλέγει και τις δυο επιστήμες μαζί. Όσον αφορά το είδος του μαθήματος που παρακολούθησαν, οι μαθητές το χαρακτήρισαν περισσότερο μάθημα Βιολογίας (38%) ή, εν τέλει, ένα μάθημα ανάμεσα στη Χημεία και τη Βιολογία (34%). Φαίνεται λοιπόν ότι, μετά τη συγκεκριμένη διδασκαλία, τους μαθητές δεν απασχολεί το «πλαίσιο» (Χημεία ή Βιολογία), αλλά το περιεχόμενο της διδασκαλίας.

4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να μελετηθεί, με τη βοήθεια ειδικής διαθεματικής διδασκαλίας και ερωτηματολογίων ανοιχτού τύπου που διανεμήθηκαν στους μαθητές πριν και μετά το συγκεκριμένο μάθημα, η κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με τα βιομόρια, ανεξάρτητα από το πλαίσιο μαθήματος (Χημεία ή Βιολογία) στο οποίο οι έννοιες αυτές διδάσκονται στη Γ' Γυμνασίου. Η προσπάθεια αυτή απέδωσε βαθμολογική βελτίωση, στην κατανόηση κυρίως όσων σχετίζονται γενικά με τα βιομόρια (αλλά και τις θρεπτικές ύλες), με τις πρωτεΐνες και με τα λιπίδια (με τρεις, δηλαδή, από τις πέντε υπό εξέταση ενότητες). Ειδικά για τις πρωτεΐνες, τις οποίες οι μαθητές συνδέουν ευκολότερα απ' ότι τα άλλα βιομόρια με την καθημερινή τους ζωή, π.χ. διατροφή ή ασθένειες, οι απαντήσεις στο μετά το μάθημα ερωτηματολόγιο έδειξαν σαφή βελτίωση της κατανόησης (αν και θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα βιβλία Χημείας και Βιολογίας της Γ' Γυμνασίου αντιμετωπίζουν τις πρωτεΐνες με σχετική «διαθεματικότητα») (Θεοδωρόπουλος κ.ά. 2007, Μαυρικάκη κ.ά. 2008).

Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη ήταν ανοικτού τύπου, η επεξεργασία δε του περιεχομένου των απαντήσεων των μαθητών (Χουλιαρά 2015) έδωσε πρόσθετες πληροφορίες που προτρέπουν σε διαθεματικές προσεγγίσεις, κυρίως θεμάτων που συναντώνται συγχρόνως σε βιβλία Χημείας και σε βιβλία Βιολογίας. Για παράδειγμα, παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον ο τρόπος που δικαιολογούν την απάντηση τους στην ερώτηση «Ποιο από τα βιομόρια σας φαίνεται πιο σημαντικό και γιατί». Στην ίδια κατεύθυνση δείχνουν και οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις στάσης του μετά το μάθημα ερωτηματολογίου. Το αν οι προσεγγίσεις αυτές θα έχουν τη μορφή παραδοσιακής

διδασκαλίας ή κάποια από τις μορφές που προτείνονται στην Εισαγωγή του παρόντος είναι ένα θέμα που αξίζει να διερευνηθεί, κυρίως σε συνάρτηση με όσα η ελληνική πραγματικότητα της ΔΕ επιτρέπει.

5. Βιβλιογραφία

Θεοδωρόπουλος, Π., Παπαθεοφάνους, Π. & Σιδέρη, Φ. (2007). Χημεία Γ' Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. & Καμπούρη, Α. (2008). Βιολογία Γ' Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Χουλιαρά, Γ. (2015). Διαθεματική προσέγγιση της διδασκαλίας των βιομορίων στη Γ' Γυμνασίου. *Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης*, ΔιΧηΝΕΤ, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.

Norusi, M. (2005). Οδηγός ανάλυσης δεδομένων με το SPSS 12.0. Μετάφραση/επιμέλεια Περάκης, Γ.Κ. Εκδόσεις Κλειδάριθμος, Αθήνα.

Barak, M. & Hussein-Farraj, R. (2013). Integrating model-based learning and animations for enhancing students' understanding of proteins structure and function**.** *Research in Science Education, 43,* 619-636.

Bethel, C.M. & Lieberman, R.L. (2014). Protein structure and function: An interdisciplinary multimedia-based guided-inquiry education module for the High School Science classroom. *Journal of Chemical Education, 91,* 52-55.

Carvalho, V., Joaquim, L.M. & El-Hani, C.N. (2012). Hybrid deterministic views about genes in Biology textbooks: A key problem in genetics teaching. *Science and Education 21,* 543-578.

Cicuto, C.A.T. & Torres B.B. (2016). Implementing an active learning environment to influence students' motivation in Biochemistry. *Journal of Chemical Education, 93,* 1020-1026.

Costa, M.J**.** (2007). CARBOHYDECK: A card game to teach the stereochemistry of carbohydrates. *Journal of Chemical Education, 84,* 977-978.

Rosander, U., Licentiate, D., Rumpunen, K., Lindmark-Mansson, H., Gullberg, B., Paulsson, M. & Holm, I. (2013). Nutrient content of consumed elementary school lunches: A pilot study from Sweden.

Ο ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΩΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΙΔΕΩΝ ΤΟΥΣ ΣΕ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Ελένη Κίτσιου, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης
ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη
Με την παρούσα εργασία διερευνάται η σύνδεση των πιθανών εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών/ριών του Παιδαγωγικού με τον επιστημονικό γραμματισμό αυτών στις Φυσικές Επιστήμες. Ο γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες σημαίνει ικανότητα κατανόησης και ερμηνείας του φυσικού κόσμου, επίλυσης προβλημάτων, ανάγνωσης και κατανόησης άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά, παρακολούθησης και συμμετοχής σε σχετικές συζητήσεις, λήψης προσωπικών αποφάσεων σε θέματα Φυσικών Επιστημών και τεχνολογίας. Για την επίτευξη των ερευνητικών σκοπών διενεργήθηκε έρευνα και διενεμήθη γραπτό ερωτηματολόγιο, όπου το ερευνητικό ερώτημα ήταν αν το δείγμα κατέχει γνώσεις Μηχανικής, σε ποιο βαθμό κι αν κατέχει στον ίδιο βαθμό γνώσεις σε βασικές, καθημερινές έννοιες των Φυσικών Επιστημών.

Abstract
In the present study we investigated the association of possible alternative ideas for students of the Department with the students' scientific literacy in Sciences. Literacy in Sciences refers to the ability to understand and interpret the natural world, solve problems, read and understand the articles in scientific journals follow and participate in the discussions, take the personal decisions concerning sciences and technology. To achieve our research goals a survey was conducted and we distributed a written questionnaire, where the research question was whether the sample holds engineering knowledge, to what extent and whether they hold as much knowledge in basic, everyday concepts of Sciences.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η εκπαιδευτική έρευνα έχει στρέψει το ενδιαφέρον της στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών κι επιπλέον γίνεται προσπάθεια για βελτίωση της διδασκαλίας, καθότι ο σωστός τρόπος διδασκαλίας τους βοηθάει τους μαθητές να αποκτήσουν ορθό τρόπο σκέψης και να κατακτήσουν την επιστημονική μέθοδο. «Φυσικές Επιστήμες ονομάζονται οι επιστήμες που έχουν ως αντικείμενο τη μελέτη των φυσικών φαινομένων, καθώς και τον προσδιορισμό των αρχών τους, με τη διεξαγωγή παρατηρήσεων, πειραμάτων και τον σχηματισμό υποθέσεων» (Μόκας 2011, σ. 7). Η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία, η Γεωλογία, η Αστρονομία, η Μετεωρολογία, η Σεισμολογία, οι Περιβαλλοντικές Επιστήμες αποτελούν κλάδους αυτών.

> *"Οι Φυσικές Επιστήμες περιγράφονται ως ένας τομέας μελέτης, ο οποίος ασχολείται με έναν αλληλοσυσχετιζόμενο αριθμό αληθειών που μπορούν να αποδειχθούν ή με πειραματικά δεδομένα συστηματικά ταξινομημένα, που τις*

περισσότερες φορές συσχετίζονται με το να φέρονται κάτω από γενικούς νόμους και που περιλαμβάνουν αξιόπιστες μεθόδους για την ανακάλυψη νέων αληθειών στη φύση. (Oxford English Dictionary, όπ. αναφ. στον Κώτση 2005, σ. 37)"

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες εμφανίσθηκε στο χώρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ο «επιστημονικός αλφαβητισμός»· μια τάση που οδηγεί σε μια νέα αντίληψη στο χώρο όπου διαφαίνεται μια μετακίνηση από τον καθαρά ακαδημαϊκό προσανατολισμό της διδακτικής σε μια νέα προοπτική που λαμβάνει υπόψη τη χρησιμότητα της γνώσης στην καθημερινή ζωή (Χατζηγεωργίου & Έξαρχος 2004, Χατζηγεωργίου 2006). Ο επιστημονικός αλφαβητισμός περιλαμβάνει ειδικούς τύπους ικανοτήτων, όπως το να μπορεί ένα πρόσωπο να ρωτά, να βρίσκει ή να προσδιορίζει απαντήσεις σε ερωτήματα που προέρχονται από την περιέργεια για καθημερινές εμπειρίες· να περιγράφει, να εξηγεί και να προβλέπει φυσικά φαινόμενα· να διαβάζει και να κατανοεί επιστημονικά άρθρα του λαϊκού τύπου και να συμμετέχει σε κοινωνικές συζητήσεις για την ισχύ των συμπερασμάτων (Σιάχος & Σπηλιωτοπούλου 2002). Το σχολείο της επιστημονικής εκπαίδευσης συμβάλλει στους ευρύτερους στόχους της εκπαίδευσης παρέχοντας στους εκπαιδευόμενους μια επιστημονική κατανόηση του φυσικού κόσμου μέσα από τη γνώση των βασικών εννοιών των επιστημών, των επιστημονικών τρόπων έρευνας, τη φύση της επιστημονικής προσπάθειας και των ιστορικοκοινωνικών και πνευματικών πλαισίων εντός των οποίων ασκείται η εκάστοτε επιστήμη (Trowbridge et al. 2000)· η ικανότητα εφαρμογής αυτών των επιστημονικών γνώσεων για τις πτυχές της προσωπικής και πολιτικής ζωής κάποιου αναφέρεται ως Επιστημονικός Γραμματισμός (Trowbridge et al. 2000). Η Λυμπουρίδου (2012) θεωρεί τον επιστημονικό γραμματισμό ως το σύνολο των γνώσεων και των δεξιοτήτων που πρέπει να κατέχει ο σύγχρονος πολίτης ώστε να μπορεί να συμμετέχει στη λήψη αποφάσεων για την κοινωνικοπολιτική δράση. Επιπροσθέτως, «ο επιστημονικός αλφαβητισμός προϋποθέτει την ικανότητα των ατόμων να δημιουργούν και να αξιολογούν επιχειρήματα που βασίζονται σε αποδείξεις και να εφαρμόζουν με τρόπο κατάλληλο τα συμπεράσματα από τέτοιου είδους επιχειρήματα» (Στύλος 2014).

Αν βασικός σκοπός της εκπαίδευσης είναι η προετοιμασία ενεργών πολιτών σε μια δημοκρατική κοινωνία, τότε η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών πρωτοστατεί, καθότι συμβάλλει στην απόκτηση ορθής και κριτικής σκέψης για τη λήψη αποφάσεων (Κόκκοτας 2009). Ο επιστημονικός γραμματισμός συνιστά έναν από τους κύριους λόγους για τους οποίους διδάσκονται όλοι οι μαθητές Φυσικές Επιστήμες και μπορεί να διακριθεί σε είδη - Practical, Civic, Cultural, Public, Nominal, Functional, Conceptual and Procedural, Multidimensional Scientific Literacy και Scientific Illiteracy- (Κίτσιου 2015). Σύμφωνα με το πλαίσιο αξιολόγησης του PISA 2006, ο εγγραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες αναφέρεται:

- στην επιστημονική γνώση του μαθητή και την ικανότητα του να χρησιμοποιεί αυτήν τη γνώση για να αναγνωρίζει τα επιστημονικά ζητήματα, να αποκτά νέα γνώση, να εξηγεί φαινόμενα με επιστημονικό τρόπο και να οδηγείται σε συμπεράσματα βασισμένα σε επιστημονικά τεκμήρια για θέματα σχετικά με τις Φυσικές Επιστήμες και τη τεχνολογία·
- στην κατανόηση της επιστήμης ως μορφής ανθρώπινης γνώσης και διερεύνησης·
- στην επίγνωση του πώς η επιστήμη και η τεχνολογία διαμορφώνουν το υλικό, πνευματικό και πολιτισμικό περιβάλλον·
- στην προθυμία του να ασχοληθεί και να συμμετάσχει ενεργά ως πολίτης σε ζητήματα που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες. (Στύλος 2014, σ. 79-80)

Ο γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες σημαίνει ικανότητα για κατανόηση κι ερμηνεία του φυσικού κόσμου, για επίλυση προβλημάτων, για διάβασμα και κατανόηση άρθρων σε επιστημονικά περιοδικά, για παρακολούθηση και συμμετοχή σε σχετικές συζητήσεις, για λήψη προσωπικών αποφάσεων σε θέματα Φυσικών Επιστημών και τεχνολογίας κ.ο.κ. (Καρύδας, 2013, όπ. αναφ. στον Σταμούλη 2014).

Τέλος, τα παιδιά πριν έρθουν στο σχολείο έχουν διαμορφώσει τις δικές τους ιδέες, αντιλήψεις, νοητικές και γνωστικές δομές για τα φυσικά φαινόμενα και τον κόσμο που τα περιβάλλει μέσω των αισθητηριακών εμπειριών του περιβάλλοντός τους (Σπυροπούλου-Κατσάνη 2005). Βέβαια συνήθως αυτές δεν συμβαδίζουν με τις επιστημονικές απόψεις. Έτσι μέσω της διδασκαλίας γίνεται παρέμβαση με απώτερο στόχο την εννοιολογική αλλαγή και αντικατάσταση των πρώτων από τις δεύτερες. Οι απόψεις των μαθητών για τα φαινόμενα ομαδοποιούνται και μπορούν να αναφερθούν ως προαντιλήψεις (preconceptions), παρανοήσεις ή εσφαλμένες αντιλήψεις (misconceptions), εναλλακτικές ιδέες (alternative conceptions), αυθόρμητες αντιλήψεις ή νοητικά μοντέλα. Μάλιστα δεν είναι απλές παρανοήσεις που οφείλονται σε κακή πληροφόρηση, αλλά δημιουργούνται από ερμηνευτικά σχήματα που αυτά διαθέτουν και τα οποία τα βοηθούν να αντιλαμβάνονται οτιδήποτε συμβαίνει γύρω τους (Κόκκοτας 2009), στον τρόπο που παρατηρούν και στο πώς καταλήγουν σε συμπεράσματα (Κώτσης 2005). Συνοψίζοντας, στην Εικόνα 1 παριστάνονται σχηματικά οι παράγοντες που επιδρούν και συντελούν στην ανάπτυξη αυτών των ιδεών.

Εικόνα 1: Παράγοντες που επηρεάζουν ή διαμορφώνουν τις ιδέες των ανθρώπων (Καρανίκας 1996)

2. Μεθοδολογία

Η παρούσα έρευνα αποτελεί απόσπασμα μιας εμπειρικής έρευνας για τις αντιλήψεις των φοιτητών/-ριών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου

Ιωαννίνων σε έννοιες της Μηχανικής, καθώς επίσης και σε καθημερινές έννοιες από κλάδους των Φυσικών Επιστημών. Το δείγμα αποτελούνταν από τα τέσσερα έτη του Παιδαγωγικού, 552 άτομα συνολικά. Ως δειγματοληπτική μέθοδος χρησιμοποιήθηκε η απλή τυχαία δειγματοληψία σε συνδυασμό με τη δειγματοληψία κατά συστάδες, για γεωγραφικούς λόγους. Κάθε φοιτητής/-ρια είχε ίση πιθανότητα να συμπεριληφθεί στο δείγμα.
Η σπουδαιότητα της έρευνας έγκειται και στο γεγονός ότι τα άτομα του δείγματος αποτελούν το μελλοντικό εκπαιδευτικό δυναμικό, που θα καλεστεί να προκαλέσει εννοιολογική αλλαγή στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών του. Στην ουσία είναι τα άτομα που θα πρωτοδιδάξουν έννοιες της Μηχανικής κι όχι μόνο, θα πρέπει να μεταδώσουν τις γνώσεις τους σε μαθητές του Δημοτικού, να τους εξηγήσουν την καθημερινότητα μέσω της επιστήμης και φυσικά να μη διαιωνίσουν τις δικιές τους εναπομένουσες εναλλακτικές ιδέες.
Για την επίτευξη των ερευνητικών μας σκοπών επιλέχθηκε, διαμορφώθηκε και διενεμήθη -τον Μάρτιο του 2014- γραπτό ερωτηματολόγιο, το οποίο αποτέλεσε και τον πυρήνα της έρευνάς μας. Περιείχε τυποποιημένες ερωτήσεις κι αποτελούνταν από τρεις ενότητες. Η πρώτη ενότητα του ερωτηματολογίου περιελάμβανε 12 ερωτήσεις (κλειστές κι ανοιχτές) αναφορικά με τα δημογραφικά στοιχεία των συμμετεχόντων, όπου δεν υπήρχαν σωστές ή λανθασμένες απαντήσεις. Η δεύτερη περιείχε 19 κλειστές ερωτήσεις Μηχανικής πολλαπλής επιλογής, όπου εξετάστηκε σε ποιο βαθμό έχουν γίνει κατανοητές έννοιες όπως είναι η μελέτη της κίνησης, η κίνηση των βλημάτων και των δορυφόρων, οι νόμοι του Νεύτωνα, η ορμή, η ενέργεια, η περιστροφική κίνηση και η παγκόσμια έλξη –κεφάλαια της μηχανικής σύμφωνα με τον Hewitt (1997)-. Από όλους τους κλάδους της Φυσικής, επιλέχθηκε αυτός της Μηχανικής γιατί περιέχει τις περισσότερες έννοιες και θεωρείται το σημαντικότερο κεφάλαιο από πολλούς. Οι Carson & Rowlands (2005, όπ. αναφέρεται στον Κώτση 2011) υποστηρίζουν:

> *Η μηχανική αποτελεί έναν τομέα της Φυσικής, ο οποίος έχει εξέχουσα θέση, μεταξύ των άλλων τομέων της, όπως του φωτός, του ήχου, της θερμότητας, του ηλεκτρισμού κλπ. Αυτό ισχύει, διότι οι εν λόγω τομείς ορίζονται από τη μηχανική, υπό την έννοια ότι, χωρίς τους νόμους της κίνησης, για παράδειγμα, δε θα υπήρχε κινητική θεωρία των αερίων ή δεν θα υπήρχε ηλεκτρομαγνητική θεωρία. (σ. 39)*

Και τέλος, η τρίτη ενότητα αποτελούνταν από 19 ερωτήσεις επιστημονικού γραμματισμού πολλαπλής επιλογής, όπου διερευνώνται οι γνώσεις των φοιτητών/-ριών σε βασικές έννοιες Φυσικών Επιστημών, οι οποίες στην πλειοψηφία τους άπτονται της καθημερινότητας.
Αναφορικά με την εγκυρότητα και την αξιοπιστία έγινε έλεγχος Cronbach's Alpha και προέκυψε υψηλός δείκτης αξιοπιστίας (0,860). Τέλος χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 18.0 για την κωδικοποίηση, στατιστική επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων.

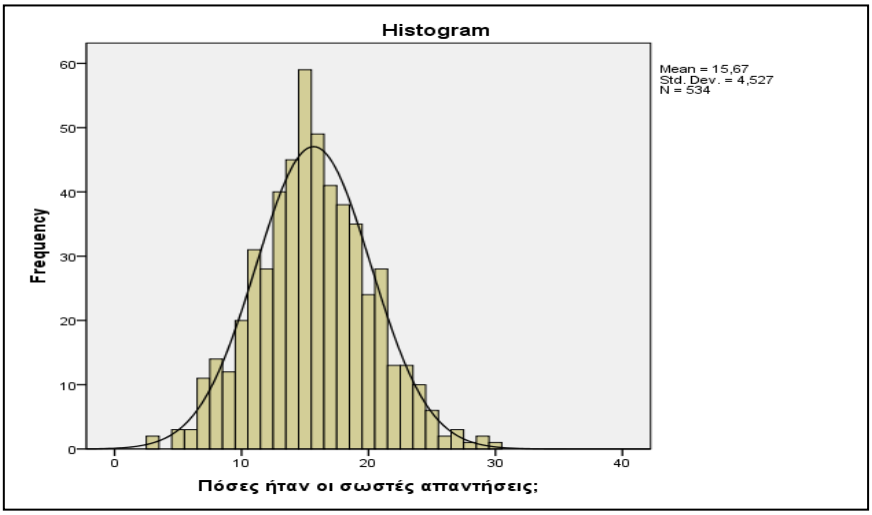
3. Αποτελέσματα

Οι ερωτήσεις εστίαζαν στην εννοιολογική κατανόηση εννοιών και νόμων, τόσο της Φυσικής, όσο και των υπόλοιπων Φυσικών Επιστημών, που αποτελούν αντικείμενο της καθημερινής ζωής των συμμετεχόντων. Το 25% του δείγματος απάντησε ορθά σε 3 έως 12 ερωτήσεις και το 25% σε 19 έως 30, με τα περισσότερα άτομα (11%) να απαντούν σωστά σε 15. Όσον αφορά τον συνολικό μέσο όρο ανέρχεται στις 15,67 ορθές απαντήσεις σύμφωνα με την επιστημονική άποψη (Διάγραμμα 1), όταν οι επιμέρους είναι 8,05 (μέρος Β΄) και 7,63 (μέρος Γ΄ του ερωτηματολογίου). Από τα Διαγράμματα 2 & 3 παρατηρούμε:

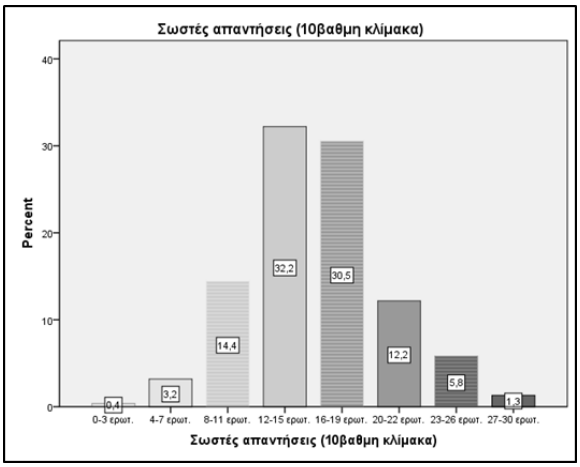
- Το 32,2% (172 άτομα) απάντησε ορθά σε 12 ως 15 ερωτήσεις και το 30,5% (163 άτομα) σε 16 ως 19.

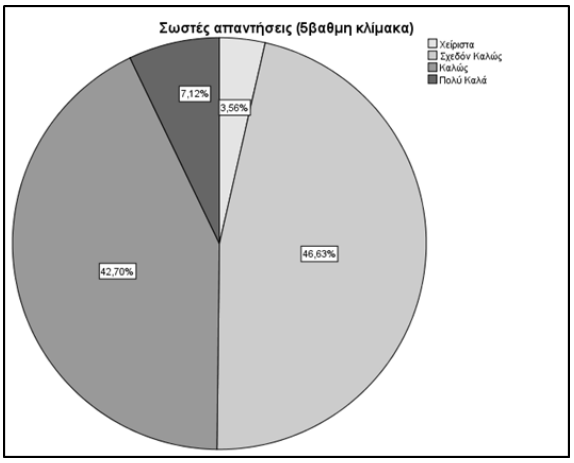
- Το μισό δείγμα βρίσκεται σε επίπεδο κάτω του μετρίου, καθότι 249 άτομα (46,6%) έχουν δώσει 8 ως 15 σωστές απαντήσεις και 19 άτομα (3,6%) το πολύ 7 επιστημονικά ορθές απαντήσεις.
- Σε μέτριο επίπεδο (16-22 σωστές απαντήσεις) βρίσκεται το 42,7% του δείγματος (228 άτομα).
- Άνω του μετρίου επιπέδου βρίσκεται μόλις το 7,1% (38 άτομα), απαντώντας από 23 ως και 30 ερωτήσεις σωστές· χωρίς όμως να υπάρχει κανείς με 31 κι άνω ορθές απαντήσεις σύμφωνα με την επιστημονική άποψη.

Σχήμα 1: Ιστόγραμμα κατανομής τους δείγματος ως προς τη μεταβλητή «αριθμός σωστών απαντήσεων».



Σχήμα 2 & Σχήμα 3: Ραβδόγραμμα κατανομής τους δείγματος ως προς τη μεταβλητή «αριθμός σωστών απαντήσεων σε 10βαθμη κλίμακα» & Κυκλικό διάγραμμα κατανομής τους δείγματος ως προς τη μεταβλητή «αριθμός σωστών απαντήσεων σε 5βαθμη κλίμακα».





Στις ερωτήσεις μηχανικής, το μεγαλύτερο ποσοστό (82,2%) ορθών απαντήσεων σημειώθηκε στην ερώτηση:

«*Όταν χτυπώ με δύναμη το χέρι μου στο τραπέζι, το χέρι μου πονάει. Γιατί;*

- *Επειδή εγώ ασκώ δύναμη στο τραπέζι.*

- *Επειδή το τραπέζι ασκεί δύναμη σε 'μένα.*
- *Δε γνωρίζω.»·*

εφαρμογή του 3ου Νόμου του Νεύτωνα. Ενώ το μικρότερο ποσοστό (17,4%) στην ερώτηση: «*Μια γυναίκα βρίσκεται μέσα σε επιβραδυνόμενο ανελκυστήρα. Η δύναμη που ασκούν τα πόδια της στο δάπεδο του ανελκυστήρα:*

- *ισούται με το βάρος της γυναίκας.*
- *είναι μεγαλύτερη από το βάρος της γυναίκας.*
- *είναι μικρότερη από το βάρος της γυναίκας.*
- *Δε γνωρίζω.*».

Σε αυτό το μέρος οι περισσότεροι (74 άτομα ή 13,9% του δείγματος) έδωσαν 8 σωστές απαντήσεις με το 0,2% να απαντά ορθά σε μόνο 1 ερώτηση και το 0,2% σε 17. Συνοπτικά:

- Τα 257 άτομα (48,1%) βρίσκονται σε μέτριο επίπεδο (8-11 σωστές απαντήσεις).
- Σε άριστο (16-19 σωστές απαντήσεις) και πολύ καλό επίπεδο (12-15) βρίσκεται το 10%.
- Κάτω του μετρίου (0-7σωστές απαντήσεις) βρίσκεται το 41,9% του δείγματος με 131 άτομα (24,5%) να δίνουν 6 ή 7 σωστές απαντήσεις και 68 άτομα (12,7%) 4 ή 5.

Αντίστοιχα από τις ερωτήσεις επιστημονικού γραμματισμού το υψηλότερο ποσοστό (84,1%) σημειώθηκε σε ερώτηση που αφορά άμεσα το γυναικείο φύλο και προφανώς σε αυτό συνέβαλε το γεγονός ότι το Παιδαγωγικό είναι γυναικοκρατούμενη σχολή. Η ερώτηση ήταν:

«*Μια γυναίκα έγκυος επιτρέπεται να βγάλει ακτινογραφία, αν έχει χτυπήσει το χέρι της;*

- *Ναι, επιτρέπεται.*
- *Όχι, απαγορεύεται.*
- *Δε γνωρίζω.*»

Και το χαμηλότερο (4,7%) στην ερώτηση:

«*Τα σύννεφα αποτελούνται από υδρατμούς.*

- *Συμφωνώ*
- *Διαφωνώ*
- *Δε γνωρίζω*»

Εδώ φαίνεται ότι η εναλλακτική ιδέα είναι πολύ ισχυρή. Λοιπόν, στο μέρος Γ΄, 79 άτομα (14,8%) απάντησαν ορθά σε 8 ερωτήσεις, 0,2% έδωσε 15 ορθές απαντήσεις και 0,2% καμία. Οι ερωτήσεις Επιστημονικού Γραμματισμού δυσκόλεψαν ελαφρώς το δείγμα, καθώς:

- Τα 230 άτομα (43,1%) βρίσκονται σε μέτριο επίπεδο (8-11 σωστές απαντήσεις).
- Σε πολύ καλό επίπεδο (12-15 σωστές απαντήσεις) βρίσκεται το 7,9% του δείγματος, ενώ σε άριστο (16-19 σωστές απαντήσεις) κανείς.
- Κάτω του μετρίου (0-7σωστές απαντήσεις) βρίσκεται το 49,1% του δείγματος με 143 άτομα (26,8%) να δίνουν 6 ή 7 σωστές απαντήσεις και 94 άτομα (17,6%) 4 ή 5.

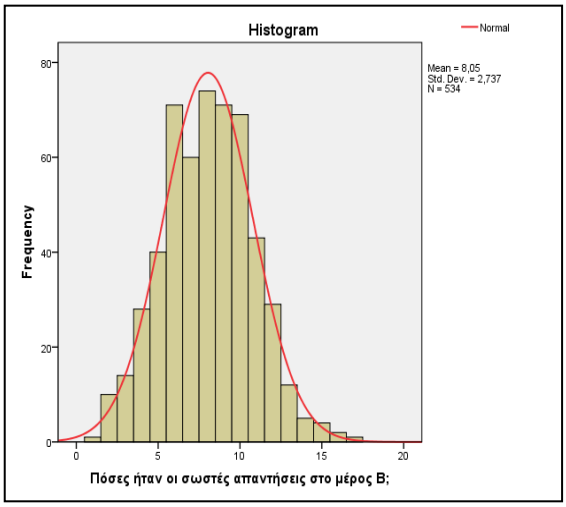
Οι κύριες ερευνητικές υποθέσεις ήταν:

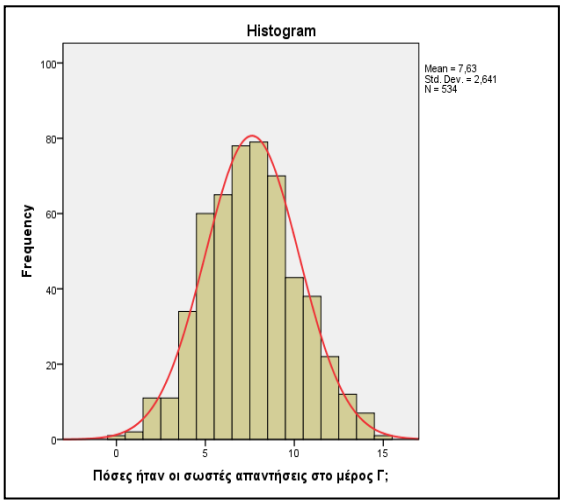
H_0: Πολλές σωστές απαντήσεις στο μέρος Β΄ δεν συνεπάγεται πολλές σωστές απαντήσεις στο μέρος Γ΄.

H_1: Πολλές σωστές απαντήσεις στο μέρος Β΄ συνεπάγεται πολλές σωστές απαντήσεις στο μέρος Γ΄.

Ο αριθμός σωστών απαντήσεων μέρους Β΄ και ο αριθμός σωστών απαντήσεων μέρους Γ΄ αποτελούν συνεχείς μεταβλητές κι ακολουθούν τη κανονική κατανομή (Διαγράμματα 4 & 5).

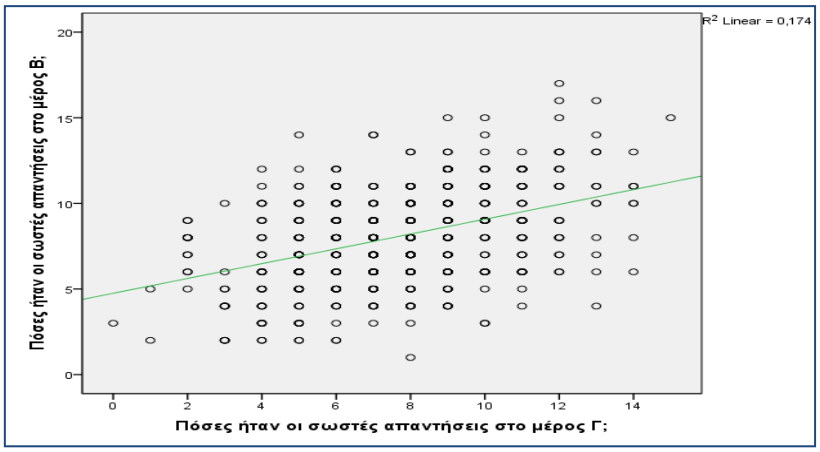
Σχήμα 4 & Σχήμα 5: Ιστογράμματα κατανομής τους δείγματος ως προς τις μεταβλητές «αριθμός σωστών απαντήσεων μέρους Β» & «αριθμός σωστών απαντήσεων μέρους Γ».





Όσον αφορά τη γραμμικότητα, υπάρχει θετική γραμμική σχέση (Διάγραμμα 6). Επομένως τηρούνται οι προϋποθέσεις εφαρμογής του συντελεστή συσχέτισης Pearson r.

Σχήμα 6: Διάγραμμα σκεδασμού για τη σχέση μεταξύ αριθμού σωστών απαντήσεων μέρους Β΄ και αριθμού σωστών απαντήσεων μέρους Γ΄.



Ο συντελεστής συσχέτισης μεταξύ του αριθμού σωστών απαντήσεων του μέρους Β΄ και του αριθμού σωστών απαντήσεων του μέρους Γ΄ είναι 0,417 και μάλιστα σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας α=0,01 (Πίνακας 1). Επομένως υπάρχει θετική μέτρια σχέση (0,41<0,417<0,60) μεταξύ των δυο μεταβλητών. Ακόμη η τιμή p ισούται με 0,000 (Πίνακας

1), πολύ μικρότερη από το επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας α=5%. Συνεπώς απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση.

Πίνακας 4: Ανάλυση συσχέτισης για τις μεταβλητές «αριθμός σωστών απαντήσεων μέρους Β'» και «αριθμός σωστών απαντήσεων μέρους Γ'».

		Πόσες ήταν οι σωστές απαντήσεις στο μέρος Β;	Πόσες ήταν οι σωστές απαντήσεις στο μέρος Γ;
Πόσες ήταν οι σωστές απαντήσεις στο μέρος Β;	Pearson Correlation	1	,417**
	Sig. (2-tailed)		,000
	N	534	534
Πόσες ήταν οι σωστές απαντήσεις στο μέρος Γ;	Pearson Correlation	,417**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	
	N	534	534

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

4. Συμπεράσματα

Απορρίπτοντας τη μηδενική υπόθεση, συμπεραίνουμε ότι η ύπαρξη σωστών απαντήσεων στο μέρος Β΄ του ερωτηματολογίου σχετίζεται θετικά με την ύπαρξη σωστών απαντήσεων στο μέρος Γ΄. Δηλαδή καθώς αυξάνονται οι σωστές απαντήσεις στο ένα μέρος αυξάνεται και ο αριθμός σωστών απαντήσεων στο άλλο. Με άλλα λόγια, οι συμμετέχοντες που απαντούν σωστά σε πολλές ερωτήσεις Μηχανικής έχουν την τάση να απαντούν σωστά σε περίπου ίδιο ποσοστό και σε γενικές ερωτήσεις Φυσικών Επιστημών. Επομένως οι φοιτητές/ριες του Παιδαγωγικού Ιωαννίνων είναι επιστημονικά εγγράμματοι σε έννοιες Φυσικών Επιστημών σε αναλογία ίδια με αυτή που απαντούν ορθά σε ερωτήσεις σχετικές με έννοιες Μηχανικής.
Ο σύγχρονος άνθρωπος καλείται να αναπτύξει επιπλέον και Κριτικό Γραμματισμό, διαμορφώνοντας κριτική στάση απέναντι στην επιστήμη και το ρόλο της στην κοινωνία (Λυμπουρίδου, 2012). Προτείνεται να γίνει μελλοντική έρευνα για τη σχέση αυτού με την εννοιολογική κατανόηση.

5. Βιβλιογραφία

Hewitt, P. G. (1997). *Οι έννοιες της Φυσικής* (5η έκδ., τομ. 1) (μτφ.: Ε. Σηφάκη). Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης. (έτος έκδοσης πρωτότυπου 1985).

Καρανίκας, Ι. (1996). *Μελέτη των προβλημάτων της διδασκαλίας των Θερμικών Φαινομένων. Πρόταση για εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία και τη μάθηση των Θερμικών Φαινομένων στους 4/ετείς φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε.* (Αδημοσίευτη διδακτορική διατριβή). Ε.Κ.Π.Α./ Π.Τ.Δ.Ε., Αθήνα.

Κίτσιου, Ελ. (2015). *Ο επιστημονικός γραμματισμός φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. ως συνάρτηση των εναλλακτικών ιδεών σε έννοιες της Φυσικής* (Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων/Π.Τ.Δ.Ε., Ιωάννινα.

Κόκκοτας, Π. Β. (2009). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (4η έκδ., τόμ. 2). Αθήνα: Γρηγόρη.

Κώτσης, Κ. Θ. (2011). *Ερευνητική προσέγγιση του διαχρονικού χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών στη διδακτική της Φυσικής*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

Κώτσης, Κ. Θ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής & Πείραμα*. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Λυμπουρίδου, Χ. (2012, Νοέμβριος). *Επιστημονικός γραμματισμός και κριτικός γραμματισμός: Θεωρητικές συγκλίσεις, παιδαγωγικές προσκλήσεις.* Άρθρο σε Ημερίδα της Κοινότητας Επιστημονικού Γραμματισμού Κύπρου. Ανακτήθηκε 23 Νοεμβρίου, 2013, από https://docs.google.com/file/d/0BwnT-koUdYbeV2Q5TVQydzF0c2c/edit.

Μόκας, Β. Ν. (2011). *Διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών Α' και Β' Λυκείου σε έννοιες της μηχανικής: Δύναμη, Ορμή, Έργο, Ισχύς* (Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων/Τμήμα Φυσικής, Ιωάννινα.

Σιάχος, Χ. & Σπηλιωτοπούλου, Β. (2002, Μάιος). *Διερεύνηση όψεων του επιστημονικού αλφαβητισμού: Η περίπτωση της νανοτεχνολογίας.* Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», Κρήτη. Ανακτήθηκε 30 Ιανουαρίου, 2014, από http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/3rd/contributions/337.pdf .

Σπυροπούλου-Κατσάνη, Δ. (2005). *Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Τυπωθήτω.

Σταμούλης, Ε. (2014). *Η Ιστορική και Φιλοσοφική διάσταση των Φυσικών Επιστημών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με τη βοήθεια των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας, μαθητών ηλικίας έως 12 ετών* (Διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων/ Π.Τ.Ν., Ιωάννινα.

Στύλος, Γ. Κ. (2014). *Στάσεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών* (Διδακτορική διατριβή). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

Χατζηγεωργίου, Ι. (2006, Ιανουάριος-Ιούνιος). Ο ρόλος της προσχολικής εκπαίδευσης στην ανάπτυξη του επιστημονικού αλφαβητισμού. *Τα εκπαιδευτικά*, 27-36.

Χατζηγεωργίου, Ι. & Έξαρχος, Ι. (2004, Νοέμβριος). *Προς μια λειτουργική έννοια του επιστημονικού αλφαβητισμού*. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση» (τόμ. 1), Αθήνα.

Trowbridge, L. W., Bybee, R. W. & Powell, J. C. (2000). *Teaching Secondary School Science. Strategies for Developing Scientific Literacy* (7nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.

Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ «ΑΤΟΜΟΥ» ΑΠΟ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΩΝ ΤΜΗΜΑΤΩΝ

Χριστίνα Αναστασιάδη[1], *Ευαγγελία Μαυρικάκη*[2]
[1]Δευτεροβάθμια εκπαίδευση
[2] ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη
Σε αυτήν την εργασία διερευνάται το κατά πόσο οι τελειόφοιτοι φοιτητές Παιδαγωγικών Τμημάτων, κατανοούν τα διάφορα νοήματα της λέξης «Άτομο» καθώς και το κατάλληλο πλαίσιο χρήσης της λέξης ανάλογα με το νόημα. Αρχικός βιβλιογραφικός έλεγχος οδήγησε στη διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων. Χρησιμοποιήθηκε η μεικτή μεθοδολογία ενώ τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω ερωτηματολογίου. Ποιοτική και ποσοτική επεξεργασία των δεδομένων και αποτελεσμάτων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι ενώ γενικά η λέξη στο πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών χρησιμοποιείται σωστά, εντούτοις εμφανίζεται ένα αυξημένο ποσοστό (58 %) παραδειγμάτων όπου το «Άτομο» χρησιμοποιείται λανθασμένα, κυρίως σε σχέση με έννοιες όπως Μόριο, Ένωση και Ύλη.

Abstract
This essay explores the degree to which final-year students in third-grade pedagogical institutions comprehend the scientific and everyday meanings of the word “Atom” as well as the appropriate context of use as it relates to its intended meaning. An initial literature review determined the research questions. A mixed methods research methodology was used. Data was collected using a questionnaire. Qualitative and quantitative processing of data and results lead to the conclusion that whereas in general the word “Atom” is used correctly, there’s a significant percentage (58 %) of sentences where it’s erroneously used, especially in relation to words such as Molecule, Compound and Matter.

1. Εισαγωγή

Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) η πολυσημία των λέξεων οδηγεί πολύ συχνά σε φαινόμενα παρανόησης εννοιών, φαινομένων κ.λπ. κυρίως επειδή το χρησιμοποιούμενο λεξιλόγιο, και πιο συγκεκριμένα το λεξιλόγιο της καθομιλουμένης και όχι το επιστημονικό, περιλαμβάνει αρκετές πολύσημες λέξεις. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη δημιουργία, τη διαιώνιση, τον εντοπισμό αλλά και την αντιμετώπιση τέτοιων φαινομένων είναι πολλοί και ποικίλοι, και εκτείνονται σε πολλές κατευθύνσεις (Eiss 1961, Cassels & Johnstone 1978 και 1984, Gabriela κ.ά. 1990, Brown & Spang 2008, Snow 2008, Jasien & Oberem 2002, Jasien, 2009, Song & Carheden 2014). Η συγκεκριμένη εργασία ασχολήθηκε με ένα μόνο παράγοντα που συμβάλλει στη δημιουργία τέτοιων φαινομένων, αυτόν του γνωστικού επιπέδου των φοιτητών Παιδαγωγικών Σχολών. Ο σκοπός της εργασίας, όπως εκφράστηκε μέσα από τα ερευνητικά ερωτήματα, ήταν να εξετασθούν τα ζητήματα της κατάρτισης των φοιτητών πάνω στις Φυσικές Επιστήμες και του τρόπου διδασκαλίας βασικών εννοιών των μαθημάτων αυτών σε επίπεδο Δημοτικού. Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν: 1) «Ποιά είναι τα κύρια (επιστημονικά και μη επιστημονικά) νοήματα που αποδίδουν στη λέξη "Άτομο" μέλλοντες δάσκαλοι;» και 2) «Θα μετέφεραν ορθά αυτά τα νοήματα στους μαθητές τους στο

πλαίσιο της διδασκαλίας του μαθήματος των Φυσικών όσο και στο πλαίσιο άλλων μαθημάτων;».

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων επιλέχθηκε η μεικτή έρευνα ως καταλληλότερη (Johnson, Onwuegbuzie & Turner 2007, Καλογεράκη 2013, Παπαναστασίου & Παπαναστασίου 2014). Σχεδιάστηκε ως ερευνητικό εργαλείο ένα ερωτηματολόγιο που πέρα από ερωτήσεις για δημογραφικά χαρακτηριστικά (φύλο, ηλικία κλπ.) ζητούσε από τους συμμετέχοντες να γράψουν τουλάχιστον μία πρόταση που πιστεύουν ότι θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν στο πλαίσιο της διδασκαλίας των ΦΕ και να αφορά την έννοια άτομο. Ταυτόχρονα τους ζητούνταν να δώσουν ένα παράδειγμα πρότασης στο πλαίσιο ενός ή περισσότερων από τα ακόλουθα μαθήματα (σημειώνοντας δίπλα στην κάθε πρόταση και το πλαίσιο): Γεωγραφία (ΓΕ), Κοινωνική και Πολιτική Αγωγή (ΚΠΑ), Γλώσσα (ΓΛ), Ιστορία (Ι), Θρησκευτικά (Θ).
Το ερωτηματολόγιο δόθηκε προς συμπλήρωση σε δείγμα εκατόν ογδόντα τριών (183) τελειόφοιτων (3^{ο} έτος και πλέον) φοιτητών Παιδαγωγικών Τμημάτων από όλη την Ελλάδα οι οποίοι βρίσκονταν στο πέμπτο και πλέον εξάμηνο του προγράμματος σπουδών τους και είχαν παρακολουθήσει μαθήματα Διδακτικής των ΦΕ για τουλάχιστον ένα εξάμηνο (βολική δειγματοληψία). Η διανομή έγινε σε δύο φάσεις: την πιλοτική (πενήντα επτά [57] φοιτητές) και την κυρίως έρευνα (εκατόν είκοσι έξι [126] φοιτητές). Τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας μας οδήγησαν σε τροποποίηση του εργαλείου, που στη συνέχεια διανεμήθηκε στο κυρίως δείγμα (οι φοιτητές της πιλοτικής δεν συμμετείχαν στην κυρίως έρευνα). Μετά τη συλλογή των ερωτηματολογίων έγινε επεξεργασία των δεδομένων βάσει ποιοτικής και ποσοτικής επαγωγικής ανάλυσης περιεχομένου (Mayring 2000). Σημειώνεται ότι το δείγμα των συμμετεχόντων παρουσίασε τους εξής περιορισμούς: 1) Στη συντριπτική πλειοψηφία τους ήταν γυναίκες 2) Στη συντριπτική πλειοψηφία τους προέρχονταν από τη Θεωρητική Κατεύθυνση (Ανθρωπιστικών Σπουδών) της Δευτεροβάθμια Εκπαίδευσης.

3. Αποτελέσματα

Για να εξασφαλιστεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων της έρευνας, τα συμπληρωμένα ερωτηματολόγια του κυρίως δείγματος ελέγχθηκαν από δύο ξεχωριστούς κωδικογράφους ώστε να εξεταστεί το ποσοστό της συμφωνίας σχετικά με την κατάταξη των προτάσεων σε κατηγορίες. Για τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας η συμφωνία των κωδικογράφων ήταν της τάξεως του 95%.
Τα παραδείγματα που έδωσαν τα υποκείμενα της έρευνας τα αξιολογήσαμε ως προς το περιεχόμενό τους και ως προς την ορθότητά τους, οπότε προέκυψαν δύο Πίνακες. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι κατηγορίες στις οποίες εντάξαμε τα παραδείγματα προτάσεων που έδωσαν τα υποκείμενα της μελέτης μαζί με συγκεκριμένα παραδείγματα από το δείγμα προτάσεων. Στον Πίνακα 2 φαίνεται το συνολικό αποτέλεσμα κατανομής των παραδειγμάτων ανά κατηγορία και ορθότητα.

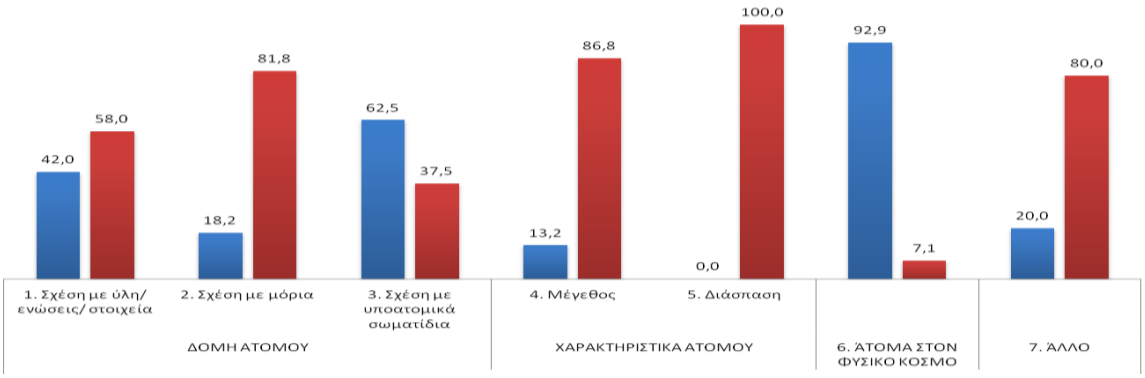
Πίνακας 1. Παραδείγματα χρησιμοποιούμενων προτάσεων για τη λέξη «άτομο» στα δύο κύρια πλαίσια (ΦΕ και Διαφορετικό).

Κατηγορίες και Υποκατηγορίες Προτάσεων			**Παραδείγματα Προτάσεων**
1. ΠΛΑΙΣΙΟ ΦΕ	**ΔΟΜΗ ΑΤΟΜΟΥ**	**1. Σχέση με ύλη/ ενώσεις/ στοιχεία**	*Η ύλη αποτελείται από άτομα.*
		2. Σχέση με μόρια	*Το μόριο αποτελείται από άτομα.*
		3. Σχέση με υποατομικά σωματίδια	*Στον πυρήνα ενός ατόμου υπάρχουν πρωτόνια και νετρόνια.*
	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΤΟΜΟΥ	**4. Μέγεθος**	*Το άτομο δεν το βλέπουμε.*
		5. Διάσπαση	-
	6. ΑΤΟΜΑ ΣΤΟΝ ΦΥΣΙΚΟ ΚΟΣΜΟ		*Όλα τα αντικείμενα γύρω μας αποτελούνται από άτομα.*
	7. ΑΛΛΟ		-
	8. ΚΕΝΟ (0) / ΕΛΛΙΠΕΣ (1)		*Τα σώματα αποτελούνται από ύλη.*

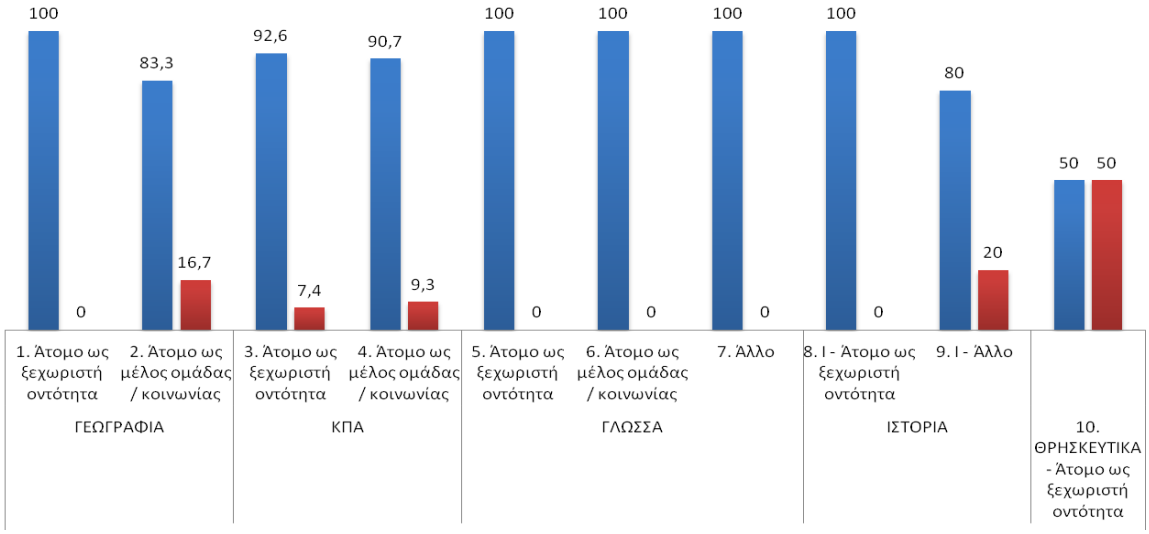
Πίνακας 2. Κατανομή (πλήθος, ν και ποσοστό, %) των παραδειγμάτων της κατηγορίας στην οποία εντάχθηκαν και της ορθότητάς τους.

			Σωστά ν (%)	**Λάθος ν (%)**	**ΣΥΝΟΛΟ ν (%)**
1. ΠΛΑΙΣΙΟ ΦΕ	**ΔΟΜΗ ΑΤΟΜΟΥ**	**1. Σχέση με ύλη/ ενώσεις/ στοιχεία**	21 (42)	29 (58)	50 (100)
		2. Σχέση με μόρια	4 (18,2)	18 (81,8)	22 (100)
		3. Σχέση με υποατομικά σωματίδια	15 (62,5)	9 (37,5)	24 (100)
	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΤΟΜΟΥ	**4. Μέγεθος**	5 (13,2)	33 (86,8)	38 (100)
		5. Διάσπαση	0 (0)	6 (100)	6 (100)
	6. ΑΤΟΜΑ ΣΤΟΝ ΦΥΣΙΚΟ ΚΟΣΜΟ		13 (92,9)	1 (7,1)	14 (100)
	7. ΑΛΛΟ		1 (20)	4 (80)	5 (100)
2. ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	**ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ**	**1. Άτομο ως ξεχωριστή οντότητα**	3 (100)	0 (0)	3 (100)
		2. Άτομο ως μέλος ομάδας / κοινωνίας	5 (83,3)	1 (16,7)	6 (100)
	ΚΠΑ	**3. Άτομο ως ξεχωριστή οντότητα**	25 (92,6)	2 (7,4)	27 (100)
		4. Άτομο ως μέλος ομάδας / κοινωνίας	49 (90,7)	5 (9,3)	54 (100)
	ΓΛΩΣΣΑ	**5. Άτομο ως ξεχωριστή οντότητα**	4 (100)	0 (0)	4 (100)
		6. Άτομο ως μέλος ομάδας / κοινωνίας	7 (100)	0 (0)	7 (100)
		7. Άλλο	8 (100)	0 (0)	8 (100)
	ΙΣΤΟΡΙΑ	**8. Ι - Άτομο ως ξεχωριστή οντότητα**	4 (100)	0 (0)	4 (100)
		9. Ι - Άλλο	4 (80)	1 (20)	5 (100)
	10. ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΑ - Άτομο ως ξεχωριστή οντότητα		1 (50)	1 (50)	2 (100)

Γράφημα 1. Κατανομή των παραδειγμάτων αναλόγως της ορθότητάς τους ανά κατηγορία στο πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών.



Γράφημα 2. Κατανομή των παραδειγμάτων αναλόγως της ορθότητάς τους ανά κατηγορία στα πλαίσια εκτός Φυσικών Επιστημών.



4. Συμπεράσματα

Το αυξημένο ποσοστό λανθασμένων προτάσεων για το «Άτομο» στο πλαίσιο των ΦΕ μπορεί να εξηγηθεί βάσει των πολύ παραπλήσιων νοημάτων της λέξης. Το «Άτομο» γίνεται αντιληπτό ως ανεξάρτητη οντότητα και ως ένα σημείο η αντίληψη αυτή οδηγεί στη δημιουργία σωστών προτάσεων στο πλαίσιο των ΦΕ (Niaz et al. 2002, Papageorgiou & Sakka 2000, Valanides 2000, Cokelez & Dumon 2005, Βασιλείου 2008). Ωστόσο βασιζόμενοι στο πιο κατανοητό μη επιστημονικό (καθημερινό) νόημα του ατόμου αλλά παραλείποντας το επιστημονικό νόημα, τότε η χρήση της λέξης αυτής σε προτάσεις που αφορούν τις συσχετίσεις του Ατόμου με έννοιες όπως Μόριο, Στοιχείο και Ύλη παρουσιάζει σημαντικά λάθη, ελλείψεις και παρανοήσεις (π.χ. ότι το άτομο αποτελείται από μόρια, ή ότι μόριο και άτομο είναι συνώνυμα). (Gabriela et al. 1990, Taber 2001, Niaz et al. 2002, Cokelez & Dumon 2005, Carrier 2013).

Από τα αποτελέσματα της έρευνας καθίσταται εμφανής η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα του προγράμματος σπουδών των Παιδαγωγικών Σχολών όσον αφορά τη Διδακτική των Φ.Ε. Άλλες έρευνες (Papageorgiou & Sakka 2000) υποστηρίζουν την ανάγκη αυτή, ενώ άλλες

(Carrier 2013, Hanson 2015) έχουν καταλήξει σε θετικά αποτελέσματα σχετικά με τη χρήση επιμορφωτικών προγραμμάτων για τη βελτίωση της ορθότητας της χρήσης του επιστημονικού λεξιλογίου γενικότερα στα πλαίσια της διδασκαλίας των ΦΕ σε επίπεδο Δημοτικού.

5. Βιβλιογραφία

Βασιλείου, Μ. Α. (2008). *Πολύσημες Λέξεις στις Φυσικές Επιστήμες: Εντοπισμός, Ανάλυση και Έρευνα της επιστημονικής σημασίας τους από μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Χημείας. ΔΔΠΜΣ – ΔιΧηΝΕΤ.

Καλογεράκη, Σ. (2013). Εφαρμογές μεικτών μεθόδων έρευνας: Ο διερευνητικός ακολουθιακός σχεδιασμός στην κατασκευή εργαλείων μέτρησης κοινωνικών ερευνών. Στο Μ. Πουρκός (Επιμ.), *Δυνατότητες και Όρια της Μείξης των Μεθοδολογιών στην Κοινωνική, Ψυχολογική και Εκπαιδευτική Έρευνα: Επιστημολογικά και Μεθοδολογικά Ζητήματα των Προοπτικών Διεύρυνσης του Ερευνητικού Σχεδιασμού* (σελ.293-317). Αθήνα: Ίων

Παπαναστασίου, Κ. & Παπαναστασίου, Ε. Κ. (2014). Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας. *Λευκωσία: Printco Ltd*. (Πρώτη έκδοση 2005)

Carrier, S. J. (2013). Elementary preservice teachers' science vocabulary: Knowledge and application. *Journal of Science Teacher Education*, *24*(2), 405-425.

Cokelez, A. & Dumon, A. (2005). Atom and molecule: upper secondary school French students' representations in long-term memory. *Chemistry Education Research and Practice*, *6*(3), 119-135.

Gabriela, M., Ribeiro, T. C., Costa Pereira, D. J. & Maskill, R. (1990). Reaction and spontaneity: the influence of meaning from everyday language on fourth year undergraduates' interpretations of some simple chemical phenomena. *International Journal of Science Education*, *12*(4), 391-401.

Griffiths, A. K. & Preston, K. R. (1992). Grade- 12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science teaching*, *29*(6), 611-628.

Hanson, R. (2015). Identifying Students' Alternative Concepts in Basic Chemical Bonding–A Case Study of Teacher Trainees in the University of Education, Winneba. *International Journal of Innovative Research and Development*, *4*(1), 2278-0211.

Johnson, R. B., Onwuegbuzie, A. J. & Turner, L. A. (2007). Toward a definition of mixed methods research. *Journal of mixed methods research*, *1*(2), 112-133.

Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, 1(2), Art. 20.

Niaz, M., Aguilera, D., Maza, A. & Liendo, G. (2002). Arguments, contradictions, resistances, and conceptual change in students' understanding of atomic structure. *Science Education*, *86*(4), 505-525.

Papageorgiou, G. & Sakka, D. (2000). Primary school teachers' views on fundamental chemical concepts. *Chemistry Education Research and Practice*, *1*(2), 237-247.

Taber, K. S. (2001). When the analogy breaks down: modelling the atom on the solar system. *Physics Education*, *36*(3), 222.

Valanides, N. (2000). Primary student teachers' understanding of the particulate nature of matter and its transformations during dissolving. *Chemistry Education Research and Practice*, *1*(2), 249-262.

«ΟΜΟΙΟΠΟΛΙΚΟΣ ΔΕΣΜΟΣ. ΠΑΡΑΝΟΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΟΦΥΓΗ ΑΥΤΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ CLIL»

Κώστας Χαρίτος, Στέλλα Βολυράκη
Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε το πώς επιδρά στις παρανοήσεις των μαθητών η διδασκαλία μιας έννοιας της Χημείας με τη μέθοδο CLIL(Context and Language Integrated Learning). Η έννοια που εξετάστηκε ήταν αυτή του «ομοιοπολικού δεσμού», όπου διαπιστώσαμε ότι ο όρος «ομοιοπολικός» δημιουργεί παρανοήσεις στους μαθητές. Επίσης, φαίνεται ότι η διδασκαλία αυτής της έννοιας ως γλωσσικό μάθημα στα Αγγλικά, πριν αυτή διδαχθεί στο μάθημα της Χημείας, ευνοεί την αποφυγή αυτών των παρανοήσεων τόσο όσο αφορά στο επιστημονικό όσο και στο λεκτικό περιεχόμενο της.

Abstract
The present study aimed to explore how the teaching of a certain notion in Chemistry through CLIL(Context and Language Integrated Learning) can help students avoid misconceptions that might occur. The notion under question was that of 'covalent bonding' and as we ascertained, the term "homopolar" leads to student's misconceptions. It seems that the teaching of this notion as an English language lesson before the Chemistry lesson, could help students avoid these misconceptions both in terms of science terminology and in terms of verbal content.

1. Εισαγωγή

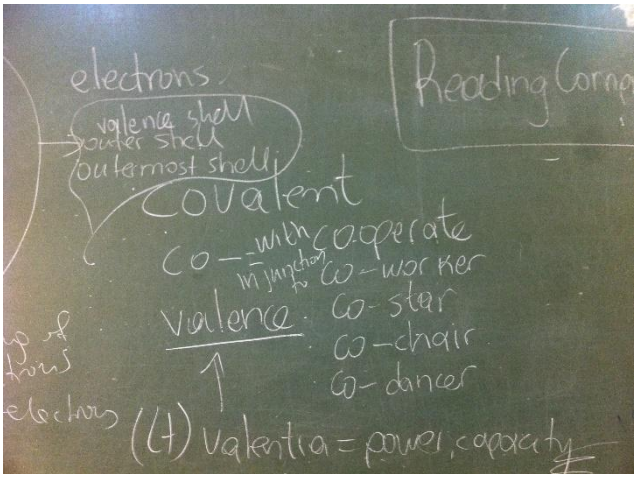
Η έννοια των παρανοήσεων και των προηγούμενων ιδεών είναι γνωστή εδώ και χρόνια (Taber 2002) και έχει αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη της εποικοδομητικής προσέγγισης της διδασκαλίας. Μία πηγή παρανοήσεων είναι η γλώσσα. Πολλές φορές δημιουργείται σύγχυση στους μαθητές όταν τα βιβλία ή οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν καθημερινές φράσεις για την εξήγηση χημικών φαινομένων, υποθέτοντας ότι οι μαθητές κατανοούν την ειδική χρήση του όρου στο συγκεκριμένο πλαίσιο του μαθήματος (Schmidt 1997). Για παράδειγμα, το επίθετο pure (καθαρός) δημιουργεί παρανοήσεις γιατί χρησιμοποιείται με διαφορετικό τρόπο στην καθημερινή ζωή απ' ότι στην επιστήμη της Χημείας (Chittleborough 2004). Το ίδιο συμβαίνει και με λέξεις όπως το «διαλύω», η οποία είναι σαφής για τους εκπαιδευτικούς αλλά όχι για τους μαθητές με ανεπαρκή εμπειρία, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται προβλήματα επικοινωνίας και κατανόησης την ώρα της διδασκαλίας (Fensham 1994). Μία ανάλογη περίπτωση είναι ο «ομοιοπολικός δεσμός». Μία ανασκόπηση στη βιβλιογραφία (Χηνιάδης 2014) έχει δείξει ότι ο όρος «ομοιοπολικός» είναι απόδοση του αγγλικού όρου *homopolar* ο οποίος εισάχθηκε πριν γίνει κατανοητή η πραγματική φύση του δεσμού. Ο σύγχρονος όρος στα αγγλικά είναι *covalent*, ο οποίος αποδίδει τη σχέση τού δεσμού με τη συνεισφορά των ηλεκτρονίων σθένους, εν αντιθέσει με τον ελληνικό όρο που δεν αντανακλά αυτή τη σχέση. Στην βιβλιογραφία, δεν υπάρχει κάποια έρευνα για τον τρόπο που επηρεάζει τις ιδέες των μαθητών αυτή η αναντιστοιχία όρου και φυσικής σημασίας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε μια μελέτη για τις παρανοήσεις

των μαθητών που σχετίζονται με αυτήν την αναντιστοιχία. Επίσης, παρουσιάζουμε μια πρόταση για έναν εναλλακτικό τρόπο διδασκαλίας με σκοπό την αποφυγή αυτών των παρανοήσεων, η οποία βασίζεται σε μια σύγχρονη προσέγγιση της διδασκαλίας, δηλ. την μεθοδολογία CLIL (Marsh 2000). Η μεθοδολογία αυτή προτείνει τη συνεργασία των εκπαιδευτικών ξενόγλωσσων μαθημάτων με αυτούς των άλλων διδακτικών αντικειμένων, με σκοπό την ενεργοποίηση των μαθητών, την καλύτερη εκμάθηση της γλώσσας αλλά και την πληρέστερη κατανόηση του περιεχομένου των υπολοίπων μαθημάτων.

2. Μεθοδολογία

Το ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε ήταν αν η πρωθύστερη διδασκαλία της ενότητας ομοιοπολικός δεσμός σε διαφορετικό πλαίσιο (ως μάθημα γλώσσας στα Αγγλικά) επηρεάζει τη μεταγενέστερη διδασκαλία στο πλαίσιο του μαθήματος της Χημείας. Με σκοπό να ανιχνεύσουμε τις παρανοήσεις που δημιουργεί ο όρος *ομοιοπολικός*, αξιοποιήσαμε την διαφορετική επιλογή ξένης γλώσσας από τους μαθητές τη Α' Λυκείου. Έτσι, οι μαθητές τεσσάρων τμημάτων (106 συνολικά) χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η ομάδα Α (31 μαθητές), αρχικά διδάχθηκε στα Αγγλικά μία ενότητα η οποία αναφερόταν στον ομοιοπολικό δεσμό, δίνοντας έμφαση στην κατανόηση του ως κείμενο με τη βοήθεια λεξιλογικών ασκήσεων και στην ανάλυση της ετυμολογίας του όρου *covalent*. Το κείμενο που επεξεργάστηκαν οι μαθητές ήταν μια προσαρμογή του αντίστοιχου κειμένου που διδάσκονται οι μαθητές στα σχολεία της Αγγλίας. Για να γίνει πιο σαφής ο τρόπος που επεξεργάστηκαν οι μαθητές την έννοια του ομοιοπολικού δεσμού στα αγγλικά, δίνεται μία εικόνα από τον πίνακα της τάξης, όπως προέκυψε στο στάδιο της αφόρμησης.

Εικόνα 1: Φωτογραφία από τον πίνακα της τάξης κατά την διάρκεια του μαθήματος για τον ομοιοπολικό δεσμό στο μάθημα των Αγγλικών



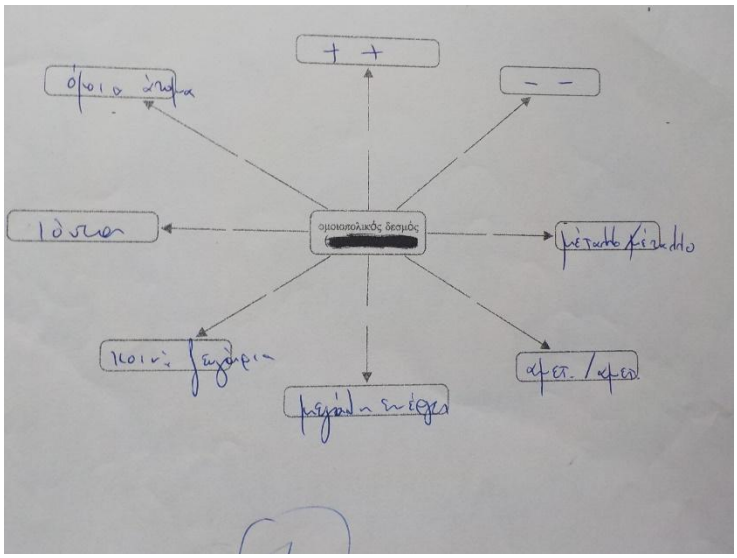
Ένα παράδειγμα των λεξιλογικών ασκήσεων που δόθηκαν στους μαθητές είναι το ακόλουθο:

Circle the word(s) that best describe the meaning of the words in bold. More than one word may be appropriate.
a. **form** (create – destroy – gain)
b. **donate** (gain – give – take)
c. **contain** (miss – have – give)

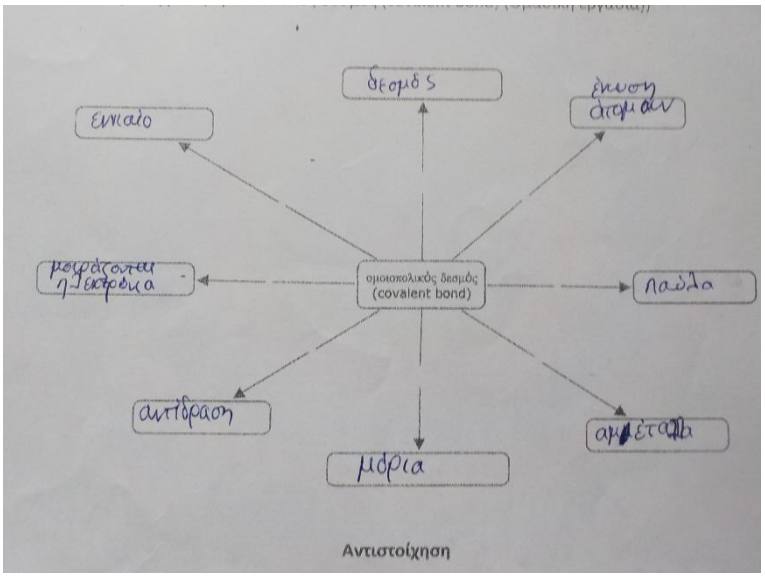
d. **bond**(v) (react – tie – loosen)
e. **outer shell of the atom** (valence shell – electron shell –inner shell)

Οι υπόλοιποι μαθητές (ομάδα Β) δεν διδάχθηκαν αυτήν την ενότητα στο ξενόγλωσσο μάθημα που είχαν επιλέξει. Στη συνέχεια όλοι οι μαθητές διδάχθηκαν την ενότητα του ομοιοπολικού δεσμού στο μάθημα της Χημείας. Πριν τη διδασκαλία στο μάθημα της Χημείας, δόθηκε στους μαθητές ένα σχεδιάγραμμα με τη φράση «ομοιοπολικός δεσμός (covalent bond)» στο κέντρο και τους ζητήθηκε να γράψουν με τη μορφή νοητικού χάρτη οτιδήποτε θεωρούσαν ότι συνδέεται με αυτή την έννοια. Στη συνέχεια δόθηκε το ίδιο σχεδιάγραμμα αμέσως μετά τη διδασκαλία της ενότητας. Στις εικόνες που ακολουθούν δίνεται ένα παράδειγμα από σχεδιαγράμματα που συμπλήρωσαν οι μαθητές πριν και μετά τη διδασκαλία:

Εικόνα 2: Σχεδιάγραμμα νοητικού χάρτη για την έννοια του ομοιοπολικού δεσμού πριν τη διδασκαλία του στο μάθημα της Χημείας



Εικόνα 3: Σχεδιάγραμμα νοητικού χάρτη για την έννοια του ομοιοπολικού δεσμού μετά τη διδασκαλία του στο μάθημα της Χημείας



Οι αναφορές των μαθητών χωρίστηκαν σε τέσσερις κατηγορίες. Η μία αφορούσε στον ομοιοπολικό δεσμό όπου ταξινομήθηκαν αναφορές όπως: μόρια, συνεισφορά ηλεκτρονίων σθένους κτλ. Η άλλη αφορούσε στον ιοντικό δεσμό και ταξινομήθηκαν αναφορές όπως: ιόντα, κατιόν κτλ. Οι δύο αυτές κατηγορίες βασίστηκαν στην κατηγοριοποίηση των αναφορών σε πανεπιστημιακά βιβλία (Παππά κ.α 2013). Η τρίτη κατηγορία περιλάμβανε αναφορές που σχετίζονται με την έννοια της ομοιότητας όπως: όμοια άτομα, ίδια στοιχεία κτλ. Η τελευταία κατηγορία περιλάμβανε αναφορές που δεν μπορούσαν να ταξινομηθούν στις τρεις πρώτες κατηγορίες με σαφή τρόπο όπως: χημικό στοιχείο, χημική ένωση κτλ. Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι τέσσερις κατηγορίες και οι λέξεις-φράσεις που ταξινομήθηκαν σε καθεμία από αυτές.

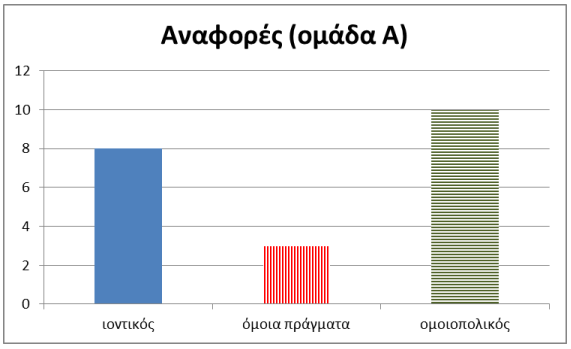
Πίνακας 1: Ταξινόμηση των αναφορών των μαθητών σε τέσσερις κατηγορίες.

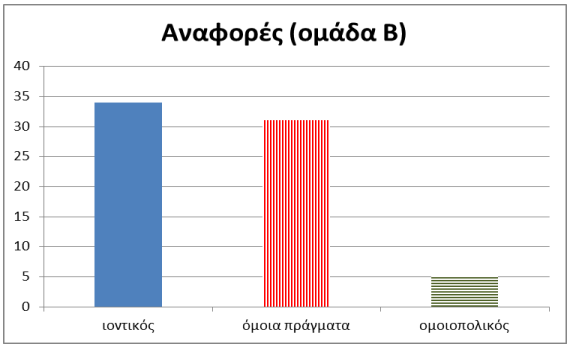
Ιοντικός δεσμός	**Ομοιοπολικός δεσμός**	**Ομοιότητα**	**Άλλο**
Ιόντα	Μόρια	Όμοια άτομα	Μαγνθτις μόσ
Ανιόν	Συνεισφορά θλεκτρονίων	Μζταλλο με μζταλλο	Χθμικό στοιχείο
Κατιόν	Αμζταλλο με αμζταλλο	Κδία στοιχεία	Χθμικι ζνωςθ
Μζταλλο με αμζταλλο	Μοίραςμα θλεκτρονίων	Όμοια ιόντα	Ευγενι αζρια
Κρυςταλλικό πλζγμα	Κοινό ηεφγοσ		Ζλξθ ι άπωςθ
Μεταφορά θλεκτρονίων			Χθμικι αντίδραςθ
(+) ι (-)			Δφναμθ
			Σφγκρουςθ
			Ενζργεια

3. Αποτελέσματα

Η ταξινόμηση των αναφορών των μαθητών, μετά τη διδασκαλία της ενότητας ως γλωσσικό μάθημα στα Αγγλικά και πριν τη διδασκαλία της στη Χημεία, παρατίθενται στο σχήμα 1.

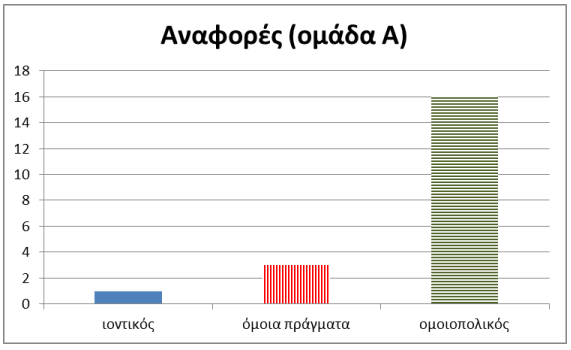
Σχήμα 1: Αναφορές των μαθητών των δύο ομάδων πριν τη διδασκαλία της ενότητας «ομοιοπολικός δεσμός» στο μάθημα της Χημείας.

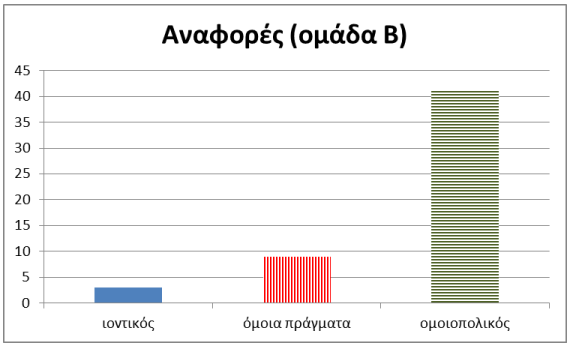




Παρατηρούμε ότι όλοι οι μαθητές κάνουν αρκετές αναφορές στην έννοια του ιοντικού δεσμού η οποία έχει διδαχθεί νωρίτερα στο μάθημα της Χημείας. Αυτή η παρατήρηση είναι συμβατή με την παρατήρηση ότι οι μαθητές που έχουν διδαχθεί πρώτα την έννοια του ομοιοπολικού δεσμού έχουν σχετικές παρανοήσεις όταν διδάσκονται για τον ιοντικό δεσμό (Taber, 2002). Αυτό που είναι αξιοσημείωτο είναι ότι οι μαθητές που έχουν διδαχθεί την ενότητα στα Αγγλικά (ομάδα Α) κάνουν λιγότερες αναφορές στον ιοντικό και περισσότερες στον ομοιοπολικό δεσμό σε σχέση με τους υπόλοιπους μαθητές (ομάδα Β). Ένα άλλο ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι οι μαθητές της ομάδας Α κάνουν σαφώς λιγότερες αναφορές σε παρανοήσεις που αφορούν την «ομοιότητα» στην οποία παραπέμπει ο όρος «ομοιοπολικός». Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι εστιάζουν στη λέξη *covalent* η οποία έχει γραφεί μαζί με το *ομοιοπολικός* στο σχεδιάγραμμα που τους δόθηκε αρχικά. Η ταξινόμηση των αναφορών των μαθητών αμέσως μετά τη διδασκαλία της ενότητας στη Χημεία παρατίθενται στο σχήμα 2.

Σχήμα 2: Αναφορές των μαθητών των δύο ομάδων μετά τη διδασκαλία της ενότητας «ομοιοπολικός δεσμός» στο μάθημα της Χημείας.





Παρατηρούμε ότι οι δύο ομάδες κάνουν παρόμοιες αναφορές στις τρεις κατηγορίες, σαφώς λιγότερες σε ιοντικό δεσμό και ομοιότητα, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην αποσαφήνιση της φύσης του δεσμού κατά τη διάρκεια του μαθήματος.
Εκτός από τις πολλές αναφορές σε θέματα ομοιότητας και ιοντικού δεσμού, παρατηρήσαμε ότι κάποιοι μαθητές έκαναν αναφορές και στον μαγνητισμό ή σχεδίασαν σχήματα με τη μορφή (+) (+) ή (+) (-), γεγονός που αποδίδουμε στις παρανοήσεις που προκαλεί στους μαθητές το συνθετικό «πόλος» του όρου «ομοιοπολικός».

4. Συμπεράσματα

Από την παρούσα μελέτη προέκυψε ότι ο όρος «ομοιοπολικός» δημιουργεί παρανοήσεις που σχετίζονται κυρίως με την «ομοιότητα» των στοιχείων που θα ενωθούν (π.χ. μέταλλο με μέταλλο). Αυτές οι παρανοήσεις φαίνεται να προέρχονται από το συνθετικό «όμοιο», της λέξης ομοιοπολικός. Οι μαθητές που είχαν διδαχθεί το κείμενο της ενότητας στα Αγγλικά, ως μάθημα γλώσσας, έκαναν λιγότερες αναφορές σε τέτοιου είδους παρανοήσεις, όπως και σε παρανοήσεις που σχετίζονται με τον ιοντικό δεσμό ο οποίος προηγήθηκε της διδασκαλίας του ομοιοπολικού. Μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έχει δείξει ότι η πρωθύστερη γνώση είναι χρήσιμη, αλλά δημιουργεί δυσκολίες στους μαθητές όταν εμπεριέχει παρανοήσεις (Dochy et. al. 1999). Επομένως, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η διδασκαλία ενοτήτων των φυσικών επιστημών, ακόμα και σε διαφορετικό πλαίσιο (π.χ. ως κατανόηση κειμένου σε ξένη γλώσσα), ίσως να οδηγεί στην εγκαθίδρυση χρήσιμης πρωθύστερης γνώσης. Επιπλέον, η χρήση της ξενόγλωσσης ορολογίας είναι πιθανόν να συνεισφέρει στην αποφυγή παρανοήσεων τις οποίες δημιουργεί ο αντίστοιχος ελληνικός όρος. Θεωρούμε ότι η επέκταση αυτής της μελέτης και σε άλλες έννοιες τις Χημείας στις οποίες η ελληνική και η αγγλική ορολογία εμφανίζουν διαφορές, όπως για παράδειγμα η έννοια της αναγωγής (reduction), τα αμέταλλα (nonmetals), οι αμφίδρομες αντιδράσεις (reversible reactions), θα βοηθούσε να συμπεράνουμε κατά πόσο η διδασκαλία της αγγλικής ορολογίας οδηγεί στην αποφυγή παρανοήσεων που πιθανόν να δημιουργεί ο ελληνικός όρος.

5. Βιβλιογραφία

Παππά, Ε., Τσαπαρλής, Γ. (2013). Η οργάνωση της γνώσης σε πανεπιστημιακά βιβλία γενικής χημείας και στην πρόταση SOMA για τη χημεία Α΄ λυκείου: Η περίπτωση του χημικού δεσμού, 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση.

Χηνιάδης, Δ. (2014). Η ιστορία της συγγένειας (affinity) και του σθένους (valence) και η εφαρμογή τους στη διδακτική της Χημείας, Διδακτορική διατριβή, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.

Chittleborough, D. G. (2004). The Role of Teaching Models and Chemical Representations in Developing Students' Mental Models of Chemical Phenomena, Dissertation Thesis, Curtin University of Technology.

Dochy. F., Segers, M., Buehl, M. M. (1999). The Relation Between Assessment Practices and Outcomes of Studies: The Case of Research on Prior Knowledge, *Review of Educational Research*, 69, 145-186.

Fensham, P. J. (1994). Beginning to teach chemistry. P. J. Fensham, R. F. Gunstone & R. T. White (Eds.), The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning. London: The Falmer Press.

Marsh, D. (2000). Using languages to learn and learning to use languages. Eds. D. Marsh - G. Langé. Finland: University of Jyväskylä.

Schmidt, H. J. (1997). Students' misconceptions - looking for a pattern. Science Education, 81(2), 123-135

Taber, K. (2002). Chemical misconceptions – prevention, diagnosis and cure, Royal Society of Chemistry.

ΜΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

Μαρία Καλλέρη[1], *Δημήτρης Ψύλλος*[2], *Βασίλης Τσελφές3,*
[1]Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[2]ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[3]ΤΕΑΠΗ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη
Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται μια επιστημολογική ανάλυση των πειραματικών σχεδιασμών μαθητών. Η ανάλυση χρησιμοποίησε ένα πλαίσιο που μας έδωσε την ευκαιρία να διαγνώσουμε αν στους σχεδιασμούς αυτούς προάγονται επιθυμητές συνδέσεις μεταξύ θεωρητικών ιδεών, τεκμηρίων και υλικού κόσμου που θεωρούνται απαραίτητες για την ανάπτυξη του 'επιστημονικώς σκέπτεσθαι' των μαθητών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές αντιμετώπισαν τις περισσότερες δυσκολίες τους στο αναπαραστατικό επίπεδο κυρίως όταν απαιτείτο να συνδέσουν τις ιδέες τους με τα τεκμήρια τόσο κατά τη σύνδεση των μεταβλητών με τις αναπαραστάσεις τους όσο και κατά τη διατύπωση υποθέσεων. Λιγότερες δυσκολίες αντιμετώπισαν στο παρεμβατικό επίπεδο οι οποίες όμως μπορεί να οφείλονται στη δυσκολία αναπαράστασης του υλικού κόσμου. Τα ευρήματα αυτά μπορεί να σημαίνουν ότι εμπλέκοντας τους μαθητές σε δραστηριότητες πειραματικού σχεδιασμού δεν οδηγεί απαραιτήτως στην ανάπτυξη του επιστημονικώς 'σκέπτεσθαι' καθώς το τελευταίο σχετίζεται με τις ικανότητες των μαθητών τόσο στο αναπαραστατικό όσο και στο παρεμβατικό επίπεδο.

Abstract
This paper presents an epistemological analysis of students' designs of experiments. The analysis used a framework that allowed us to discover whether the students' designs promoted desired connections between theoretical ideas, evidence and the material world, essential for developing students' scientific thinking. The results indicated that students faced more difficulties in the representational level mostly when they were required to link their ideas with evidence both when linking variables with their representations and when forming hypothesis. Students had fewer difficulties in the interventional level which, however, could be due to their weakness in representing the material world. These findings could mean that involving students in experimental design activities does not necessarily result in their scientific thinking, as the latter is related both to students' representational and interventional abilities.

1. Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός πειραμάτων στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) θεωρείται ως μια από τις πλέον σημαντικές δεξιότητες που συνδέονται με την επιστημονική διερεύνηση (Johnstone & Al-Shuaili 2001). Η ανάπτυξη αυτής της δεξιότητας θεωρείται ότι είναι ακόμη μεγαλύτερης

σημασίας και από την εκτέλεση ενός πειράματος καθώς σχετίζεται με την επιστημονική μεθοδολογία και επομένως με το 'επιστημονικώς σκέπτεσθαι'. Το τελευταίο εμπλέκεται στη διαδικασία σχεδιασμού πειραμάτων η οποία θεωρείται κρίσιμη για την προώθηση της κριτικής σκέψης (Garratt & Tomlinson 2001).

Από επιστημολογικής άποψης, ο Hacking (1995), αναλύοντας συστηματικά τις επιστημονικές εργαστηριακές δραστηριότητες πρότεινε ότι οι θεωρητικές Ιδέες, τα Τεκμήρια και ο υλικός Κόσμος είναι οντότητες ενυπάρχουσες/εσωτερικές στην επιστημονική διερεύνηση και ότι η πραγματοποίηση των συνδέσεων μεταξύ τους είναι χαρακτηριστικό της επιστημονικής πρακτικής. Ο συντονισμός τεκμηρίων και θεωρίας περιλαμβάνει δεξιότητες επιστημονικής διερεύνησης. Περιλαμβάνει επιστημονική σκέψη που βασίζεται τόσο στην εννοιολογική όσο και στη διαδικαστική γνώση. Η τελευταία είναι αυτή που «τείνουμε να έχουμε στο νου όταν μιλάμε για επιστημονική σκέψη ως αναλυτική και κριτική σκέψη ή ειδικά τη σκέψη που συνδέει τα τεκμήρια και τη θεωρία» (Eshach & Fried 2005, p. 327).
Με βάση το πλαίσιο του Hacking έχει προταθεί ότι σε εκπαιδευτικά περιβάλλοντα, η δυνατότητα δημιουργίας συνδέσεων μεταξύ των τριών οντοτήτων Ιδέες, Τεκμήρια και υλικός Κόσμος, συνδράμει ουσιαστικά στην κατανόηση των ΦΕ και το 'επιστημονικώς σκέπτεσθαι' των μαθητών (Psillos et al. 2004).

Παίρνοντας υπ' όψη τα παραπάνω και το γεγονός ότι σκοπός στην εκπαίδευση στις ΦΕ είναι, εκτός των άλλων, η κατανόηση από τους μαθητές του πώς οι επιστήμονες αναπαριστούν τον υλικό κόσμο καθώς και του πώς παρεμβαίνουν σε αυτόν εκφραζόμενα και τα δύο μέσα από τη σύνδεση των παραπάνω οντοτήτων, στην παρούσα μελέτη, διερευνούμε τη δυνατότητα των μαθητών να διαμορφώνουν τέτοιες συνδέσεις όταν συμμετέχουν σε δραστηριότητες πειραματικού σχεδιασμού. Αυτό θα μας δώσει τη δυνατότητα να διαγνώσουμε ποιες είναι οι διαδικασίες που ακολουθούν οι μαθητές όταν σχεδιάζουν πειράματα. Λίγα είναι γνωστά για τις διαδικασίες αυτές οι οποίες θα μπορούσαν να έχουν σημαντική χρησιμότητα στο να βοηθήσουμε τους μαθητές να αντιμετωπίσουν πιθανές αδυναμίες τους στον τομέα αυτό. Κάποιες μελέτες (π.χ. Beney & Sere 2002) που διερεύνησαν τις νοητικές διεργασίες των μαθητών κατά τη διάρκεια εργαστηριακών ασκήσεων σε μια προσπάθεια να ρίξουν φως στη σύνδεση των 'κάνω'-'σκέφτομαι'-'μαθαίνω', επικεντρώθηκαν μόνο στις πρακτικές διαδικασίες αφήνοντας κατά μέρος τον πειραματικό σχεδιασμό.

2. Ο σχεδιασμός της έρευνας

Η διερεύνηση της δυνατότητας των μαθητών να διαμορφώνουν συνδέσεις μεταξύ των τριών οντοτήτων Ιδέες, Τεκμήρια και υλικός Κόσμος όταν συμμετέχουν σε δραστηριότητες πειραματικού σχεδιασμού επιχειρείται στην παρούσα μελέτη μέσω της ανάλυσης και μοντελοποίησης των ευρημάτων μιας προηγούμενης μελέτης η οποία αξιολόγησε τις ικανότητες μαθητών ηλικίας 13-14 ετών να σχεδιάσουν μια πειραματική διαδικασία για την επίλυση του παρακάτω προβλήματος (Hatzikraniotis et al. 2011):

Η Κατερίνα έχει δύο κούπες μία γυάλινη (πυρέξ) και μία πήλινη (κεραμική).
Η Κατερίνα ισχυρίζεται ότι στο «ματάκι» της κουζίνας το γάλα της στη γυάλινη (πυρέξ) κούπα ζεσταίνεται πιο γρήγορα από ότι στην πήλινη (κεραμική) κούπα. Πώς θα βρεις ποιο είναι το σωστό; Μπορείς να κάνεις ένα πείραμα; Τι θα χρειαστείς για το πείραμά σου; Τι ακριβώς θα κάνεις;

Οι εν λόγω μαθητές είχαν παρακολουθήσει ένα καινοτόμο πρόγραμμα που αφορούσε τη θερμική αγωγιμότητα και ήταν προσανατολισμένο στην επιστημονική διερεύνηση. Η ενότητα, πλην των εννοιολογικών γνώσεων, αποσκοπούσε και στο να ενισχύσει την ικανότητα των μαθητών να σχεδιάζουν μια πειραματική διαδικασία, να ελέγχουν ή να απορρίπτουν μια υπόθεση, να πραγματοποιούν πειράματα, να εξοικειώνονται με τη χρήση τεκμηρίων που προέρχονταν από πειραματικές διαδικασίες για να λύνουν προβλήματα καθημερινής ζωής και να κατανοούν και διακρίνουν εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές. Στην παρούσα εργασία εστιάζουμε στην μετα-διδακτική αξιολόγηση της ικανότητας των μαθητών να σχεδιάσουν μια πειραματική διαδικασία για την επίλυση του παραπάνω έργου. Η αξιολόγηση αυτή χρησιμοποίησε ένα σύστημα 7 διαστάσεων με τους παρακάτω παράγοντες (βλέπε Lefkos et al. 2011):

(α) Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας: σχεδιασμός και καταγραφή δεδομένων.

(β) Διαχωρισμός των μεταβλητών: Προσδιορισμός των εμπλεκόμενων στο πείραμα μεταβλητών.

(γ) Χειρισμός και προσδιορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών.

(δ) Αρχικές συνθήκες πειράματος: Συνθήκες που καθορίζονται πριν από το πείραμα.

(ε) Συσκευές και όργανα απαραίτητα για το πείραμα.

(ζ) Αρχικές ρυθμίσεις συσκευών: καθορίζονται πριν από το πείραμα.

(η) Διαμόρφωση υπόθεσης.

Στη διαδικασία αξιολόγησης, χρησιμοποιώντας μια στρατηγική ποιοτικής βαθμολόγησης τριών επιπέδων για κάθε μία από τις παραπάνω πειραματικές διαστάσεις σχεδιασμού, οι αποδεκτές απαντήσεις χωρίστηκαν από τις μη αποδεκτές για κάθε μαθητή χωριστά. Τα επίπεδα χαρακτηρίστηκαν ως εξής: «απουσιάζουσα» (επίπεδο 1) - «μερικώς δηλωμένη» (επίπεδο 2) - «πλήρως δηλωμένη» (επίπεδο 3). Οι παραπάνω κατηγορίες χρησιμοποιήθηκαν τόσο για τα γραπτά πειραματικά σχέδια των μαθητών όσο και για την αξιολόγηση των απαντήσεών τους στις ατομικές συνεντεύξεις (Hatzikraniotis, et al. 2011, Lefkos at al. 2011).
Το πλαίσιο αξιολόγησης της παραπάνω μελέτης παρείχε πολύτιμες πληροφορίες για τις διαδικαστικές γνώσεις των μαθητών που αφορούσαν τον πειραματικό σχεδιασμό αλλά δεν έδινε τη δυνατότητα διερεύνησης πιθανών συνδέσεων μεταξύ σχεδιασμένων παρεμβατικών πρακτικών και επιστημονικών αναπαραστάσεων του υλικού κόσμου. Στην παρούσα εργασία, οι διαστάσεις του παραπάνω πλαισίου και τα σχετικά αποτελέσματα αναλύονται και μοντελοποιούνται χρησιμοποιώντας ένα νέο επιστημολογικό πλαίσιο το οποίο μας επιτρέπει να διαγνώσουμε αν, στα πειραματικά σχέδια των μαθητών, προωθούνται επιθυμητές συνδέσεις μεταξύ θεωρίας, τεκμηρίων και υλικού κόσμου που συνιστούν βασικές πτυχές της επιστημονικής διερεύνησης. Η θεωρητική θεμελίωση του νέου αυτού πλαισίου βασίζεται στις μελέτες του Hacking (1992, 1995), που θεωρεί ότι οι θεωρητικές ιδέες, τα τεκμήρια και ο υλικός κόσμος είναι εσωτερικές οντότητες της επιστημονικής διερεύνησης όπως αυτή εφαρμόζεται στο εκπαιδευτικό πλαίσιο (Psillos et al. 2004).

3. Μεθοδολογία

Το πλαίσιο ανάλυσης

Το πλαίσιο που παρουσιάζεται παρακάτω περιλαμβάνονται τρεις κατηγορίες οντοτήτων: Οι Ιδέες (Ideas: I), τα Τεκμήρια (Evidence: E) και ο πραγματικός Κόσμος (Cosmos: C) (βλέπε Psillos et al. 2004).
Η κατηγορία "Cosmos " περιλαμβάνει υλικά και αντικείμενα, όπως συσκευές, όργανα μέτρησης, δείγματα και αναγνώσεις οργάνων, τα οποία αποτελούν τα ακατέργαστα δεδομένα.
Η κατηγορία "Evidence" περιλαμβάνει αναπαραστάσεις οντοτήτων που έχουν προκύψει είτε από τις αισθήσεις είτε από μια συστηματική επεξεργασία ακατέργαστων δεδομένων, π.χ. την αναπαράστασή τους με συγκεκριμένους τρόπους, την ταξινόμησή τους σύμφωνα με επιλεγμένα κριτήρια, τη σύγκρισή τους με άλλα δεδομένα κ.λπ.
Η κατηγορία "Ideas" περιλαμβάνει συγκεκριμένες θεωρητικές οντότητες, όπως συστηματική θεωρία, μοντέλα ή έννοιες, μεθοδολογικές οντότητες που αποκτούν κάποια έννοια σε ένα συγκεκριμένο θεωρητικό πλαίσιο, όπως ερωτήσεις, υποθέσεις και άρρητες απόψεις, δηλαδή απόψεις για την πραγματικότητα, την αιτιότητα, και τη σχέση μεταξύ αντικειμένου γνώσης και εξωτερικού κόσμου, που μπορούν να επηρεάσουν τη διαμόρφωση της επιστημονικής γνώσης.
Κατά τη διάρκεια της επιστημονικής διερεύνησης, οι δραστηριότητες περιλαμβάνουν τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ των οντοτήτων του Κόσμου, των Τεκμηρίων και των Ιδεών σε αμφίδρομες αλληλεπιδράσεις (C↔I, C↔E, E↔I). Αυτές οι συνδέσεις μπορούν να διακριθούν σε εκείνες των παρεμβάσεων στον υλικό κόσμο (συνδέσεις I→C and E→C) και εκείνες των αναπαραστάσεων του υλικού κόσμου (συνδέσεις I→E, E→I, C→I και C→E). Επιπλέον είναι πιθανές συνδέσεις μεταξύ των ιδίων οντοτήτων όπως π.χ. (I→I) ή (E→E).

Η μοντελοποίηση των πειραματικών σχεδιασμών και τα ευρήματα

Η μοντελοποίηση διεξήχθη ως εξής: Αρχικά μοντελοποιήθηκαν οι επτά διαστάσεις του πλαισίου αξιολόγησης πειραματικού σχεδιασμού χρησιμοποιώντας το πλαίσιο CEI. Η μοντελοποίηση πραγματοποιήθηκε από μια ομάδα ερευνητών. Κάθε ένας από τους ερευνητές εργάστηκε ανεξάρτητα. Τα ευρήματα, δηλαδή οι συνδέσεις που διαμορφώθηκαν από κάθε ερευνητή μεταξύ των τριών οντοτήτων C, E, I, για κάθε διάσταση, συγκρίθηκαν μεταξύ τους. Στην περίπτωση που διαπιστώθηκαν διαφορές, αυτές συζητήθηκαν σε ομαδικές συναντήσεις και διαμορφώθηκε η τελική μοντελοποίηση των διαστάσεων.
Με βάση τις μοντελοποιημένες διαστάσεις προχωρήσαμε στη μοντελοποίηση των πειραματικών σχεδιασμών του κάθε μαθητή. Η ίδια διαδικασία με τη μοντελοποίηση των διαστάσεων ακολουθήθηκε τόσο για τα γραπτά πειραματικά σχέδια των μαθητών όσο και για τις απαντήσεις τους στις ατομικές συνεντεύξεις.
Στη συνέχεια, παρουσιάζουμε τη μοντελοποίηση των επτά διαστάσεων του μοντέλου αξιολόγησης των πειραματικών σχεδιασμών των μαθητών η οποία δείχνει τις διαδικασίες που αναμένονταν να ακολουθήσουν οι μαθητές όταν σχεδίαζαν πειράματα για το συγκεκριμένο έργο:

(α) *Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας: σχεδιασμός και καταγραφή δεδομένων*

Στη μελέτη μας, στο έργο που δόθηκε στους μαθητές, η δήλωση '*Η Κατερίνα ισχυρίζεται ότι στο «ματάκι» της κουζίνας το γάλα της στη γυάλινη (πυρέξ) κούπα ζεσταίνεται πιο γρήγορα από ότι στην πήλινη (κεραμική) κούπα',* αφορά ένα Τεκμήριο (E).

Στην περίπτωση λοιπόν που τα υποκείμενα σχεδιάζουν μια πειραματική διαδικασία η οποία θα παρέχει τα επιθυμητά τεκμήρια για τον ρυθμό θέρμανσης, θα πρέπει πρώτα να προχωρήσουν από την επεξεργασία των ιδεών τους (Ι), αυτές τις οποίες θα εφαρμόσουν στον υλικό κόσμο, στην κατασκευή ή επιλογή του υλικού κόσμου (C) ο οποίος θα παρέχει τα επιστημονικά τεκμήρια (Ε). Επομένως ο σχεδιασμός θα ακολουθήσει την εξής πορεία: μια σταθερή ροή θερμότητας (Ι) (η οποία ελέγχει το ρυθμό θέρμανσης) μπορεί να επιτευχθεί από την εστία που χρησιμοποιείται (C) η οποία προκαλεί το μετρήσιμο ρυθμό θέρμανσης (Ε). Αυτή η διαδικασία οδηγεί στην τελική σύνδεση των οντοτήτων Ι→C→Ε.

(β) Διαχωρισμός των μεταβλητών: Προσδιορισμός των εμπλεκόμενων στο πείραμα μεταβλητών

Για να προσδιορίσουν τις μεταβλητές που θα εμπλέκονται στο πείραμα θα πρέπει οι μαθητές να κατασκευάσουν μια επιστημονική αναπαράσταση του Κόσμου μέσα από τις ιδέες τους: C →Ι. Όλες οι ιδέες που χρησιμοποίησαν οι μαθητές ανάλογα με το θεωρητικό τους υπόβαθρο είναι πιθανές μεταβλητές. Αυτές που σχετίζονται με την ερώτηση μπορεί να είναι: θερμότητα, θερμοκρασία, ρυθμός μεταφοράς θερμότητας, χρόνος, μάζα νερού, κλπ.

(γ) *Χειρισμός και προσδιορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών*

Οι μεταβλητές είναι έννοιες και επομένως ιδέες (Ι). Ο προσδιορισμός των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών που εμπλέκονται σε ένα φαινόμενο είναι ουσιαστικά η θεωρητική επεξεργασία και σύνδεση των ιδεών στο μυαλό ενός ατόμου (Ι→Ι). Όμως για να γίνει αναλυτικά αυτή η διαδικασία απαιτείται από τους μαθητές μια προηγμένη και βαθιά κατανόηση του θεωρητικού μοντέλου που περιλαμβάνει τις μεταβλητές με ένα συγκεκριμένο τρόπο.
Έτσι θεωρούμε ότι διδακτικά αυτή η διαδικασία μπορεί να μετασχηματιστεί σε μια σειρά από πειράματα δοκιμής και πλάνης. Στα πειράματα αυτά οι ιδέες εφαρμόζονται στον κόσμο για να παράγουν τεκμήρια (Ι→C→Ε) τα αποτελέσματα των οποίων θα καταλήξουν να αποδώσουν στη δοκιμαζόμενη μεταβλητή το χαρακτηριστικό ανεξάρτητη ή εξαρτημένη, που ανήκει στον κόσμο των ιδεών, οδηγώντας έτσι στη σύνδεση (Ι→C→Ε→Ι).

(δ) Αρχικές συνθήκες πειράματος: Συνθήκες που καθορίζονται πριν από το πείραμα

Ο καθορισμός των αρχικών συνθηκών για την πειραματική διαδικασία αποτελεί παρέμβαση στον υλικό κόσμο. Για να λειτουργήσουν οι παράμετροι όπως επιθυμεί ο πειραματιστής, που στην προκειμένη περίπτωση είναι ο μαθητής, χρησιμοποιώντας τις επιστημονικές του ιδέες (Ι), πρέπει να κατασκευάσει ή επιλέξει ειδικά κομμάτια του υλικού κόσμου με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, συνδέοντας έτσι την οντότητα ιδέες με την οντότητα κόσμο ς (Ι→ C).

(ε) Συσκευές και όργανα απαραίτητα για το πείραμα

Όταν οι ανεξάρτητες και εξαρτημένες μεταβλητές που είναι βασικά ιδέες (Ι) έχουν προσδιοριστεί, θα πρέπει να προσδιοριστούν τα εργαστηριακά τεκμήρια (Ε) που τις αναπαριστούν και κατόπιν να προσδιοριστούν οι συσκευές που θα παράγουν τα κατάλληλα δεδομένα. Για να γίνουν αυτά απαιτείται η σύνδεση των ιδεών με τα τεκμήρια και τον υλικό κόσμο (Ι → Ε→ C).

(ζ) Αρχικές ρυθμίσεις συσκευών: καθορίζονται πριν από το πείραμα

Οι ρυθμίσεις των συσκευών αποτελούν τεκμήρια (Ε) με την έννοια ότι είναι ποσοτικές οντότητες οι οποίες μπορούν να αναγνωστούν στις συσκευές. Η επιλογή των ρυθμίσεων των συσκευών βασίζεται στις ιδέες (Ι) για το πώς θα γίνει ο χειρισμός των μεταβλητών κατά την παρέμβαση στον υλικό κόσμο (Ι → Ε→ C).

(η) Διαμόρφωση υπόθεσης

Η υπόθεση είναι μια δήλωση που διατυπώνεται για να εξηγήσει κάτι που συμβαίνει. Οι υποθέσεις ανήκουν στον νοητό κόσμο και επομένως αποτελούν ιδέες (Ι). Έτσι, η διαμόρφωση μιας υπόθεσης (Ι) θα πρέπει να ξεκινήσει από ένα τεκμήριο (Ε), και, συνδέοντας το με μία ιδέα (Ι), θα πρέπει να οδηγεί σε ένα τεκμήριο (Ε) κάνοντας τη σύνδεση μεταξύ των τριών οντοτήτων (Ε →Ι →Ε).

Όπως ήδη αναφέραμε, με βάση τις μοντελοποιημένες αυτές διαστάσεις, προχωρήσαμε στη μοντελοποίηση των πειραματικών σχεδιασμών του κάθε μαθητή. Τα ευρήματα της μοντελοποίησης των πειραματικών σχεδιασμών των μαθητών για κάθε ένα από τα επίπεδα αξιολόγησης και για όλες τις διαστάσεις του μοντέλου αξιολόγησης των πειραματικών σχεδιασμών παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Αναμενόμενες συνδέσεις σε κάθε μία από τις 7 διαστάσεις αξιολόγησης πειραματικού σχεδιασμού και ποσοστά των συνδέσεων που διαμόρφωσαν οι μαθητές σε καθένα από τα τρία επίπεδα αξιολόγησης.

Διαστάσεις	**Αναμενόμενες συνδέσεις**	**Ποσοστά απαντήσεων 3ου επιπέδου (πλήρως δηλωμένη)**	**Ποσοστά απαντήσεων 2ου επιπέδου (μερικώς δηλωμένη)**	**Ποσοστά απαντήσεων 1ου επιπέδου (απουσιάζουσα)**
(α) Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας	I-C-E	58%	25%	17%
(β) Διαχωρισμός μεταβλητών	C-I	33%	54%	13%
(γ) Χειρισμός μεταβλητών	I-C-E-I	42%	41%	17%
(δ) Αρχικές συνθήκες	I-C	37%	38%	25%
(ε) Συσκευές και όργανα	I-E-C	4%	66%	30%
(ζ) Αρχικές ρυθμίσεις συσκευών	I-E-C	12%	46%	42%
(η) Διαμόρφωση υπόθεσης	E-I-E	0% στο γραπτό έργο 12% στη συνέντευξη	0%	100%

4. Συζήτηση και συμπεράσματα

Η μοντελοποίηση των 7 διαστάσεων αξιολόγησης δείχνει ότι στον πειραματικό σχεδιασμό του συγκεκριμένου έργου μπορούν να σχηματιστούν όλες οι πιθανές συνδέσεις μεταξύ των τριών οντοτήτων C, E, I. Από τα αριθμητικά αποτελέσματα της μοντελοποίησης των πειραματικών σχεδιασμών των μαθητών φαίνεται ότι αυτοί των οποίων οι απαντήσεις χαρακτηρίστηκαν ως «πλήρεις» αντιμετώπισαν τις περισσότερες δυσκολίες τους στη διαμόρφωση της σύνδεσης μεταξύ Κόσμου και Ιδεών όπου αυτές περιλαμβάνονταν σε μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Αυτές ήταν α) η περιγραφή του Κόσμου βασισμένη στις Ιδέες όπου οι μαθητές καλούνταν ουσιαστικά να κατασκευάσουν μια επιστημονική αναπαράσταση του Κόσμου μέσω των ιδεών (C→I) και β) όπου οι μαθητές ήταν υποχρεωμένοι να επιλέξουν και να χρησιμοποιήσουν ένα κομμάτι του Κόσμου με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά με βάση τις δικές τους επιστημονικές ιδέες (I→C). Όμως, ο δεύτερος τύπος σύνδεσης εμφανίστηκε σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών όταν η συγκεκριμένη αλληλεπίδραση περιλαμβάνεται σε μια τριπλή σύνδεση οντοτήτων στην οποία συμμετέχει και η οντότητα Τεκμήρια.
Η ανάλυση επίσης έδειξε ότι οι συνδέσεις των Ιδεών με τα Τεκμήρια (I→E) εμφανίζονται σε ένα μικρό αριθμό των «πλήρων» απαντήσεων. Αυτό είναι ενδιαφέρον από την άποψη ότι ενώ σχεδόν οι μισοί μαθητές ήταν σε θέση να προσδιορίσουν το πώς γίνεται ο χειρισμός των μεταβλητών στο πείραμα, δεν μπόρεσαν να τις συνδέσουν με τις αναπαραστάσεις τους, δηλαδή με τα Τεκμήρια προκειμένου να παράγουν τα επιθυμητά αποτελέσματα.
Μια ακόμη δυσκολία εντοπίστηκε στη σύνδεση των Τεκμηρίων με τις Ιδέες (E→I) όταν οι μαθητές απέδωσαν στις μεταβλητές το χαρακτηριστικό της ανεξάρτητης ή εξαρτημένης ή όταν βασισμένοι στα αναμενόμενα τεκμήρια κλήθηκαν να διατυπώσουν υποθέσεις. Στην πρώτη περίπτωση λιγότεροι από τους μισούς μαθητές μπόρεσαν να ολοκληρώσουν αυτή την επιστημονική δραστηριότητα της σύνδεσης των ιδεών τους με τα Τεκμήρια βασισμένοι στα τελευταία, ενώ στη δεύτερη, κανείς δεν μπόρεσε να εκτελέσει αυτή την επιστημονική δραστηριότητα στους γραπτούς σχεδιασμούς του. Πρέπει να αναφέρουμε ότι στις συνεντεύξεις τρεις μαθητές μπόρεσαν να διατυπώσουν υποθέσεις κάνοντας επομένως τις εν λόγω συνδέσεις. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην επήρεια των ερωτήσεων του ερευνητή.
Όπως φαίνεται, οι περισσότερες δυσκολίες των μαθητών που διαμόρφωσαν «πλήρεις» πειραματικούς σχεδιασμούς, εντοπίζονται στο επίπεδο των αναπαραστάσεων με μικρότερες δυσκολίες στο επίπεδο των παρεμβάσεων στον υλικό κόσμο. Οι τελευταίες μπορεί όμως να οφείλονται στην αδυναμία αναπαράστασης του υλικού κόσμου.
Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, ερμηνευμένα στα πλαίσια της βιβλιογραφίας που ανασκοπήθηκε, μπορεί να σημαίνουν ότι η εμπλοκή των μαθητών σε δραστηριότητες πειραματικού σχεδιασμού δεν οδηγεί απαραίτητα στην ανάπτυξη του 'επιστημονικώς σκέπτεσθαι' των μαθητών, καθώς το τελευταίο σχετίζεται με τις ικανότητές τους σε αναπαραστατικό και παρεμβατικό επίπεδο.
Μια επιπλέον ερμηνευτική υπόθεση που θα μπορούσαμε να διατυπώσουμε με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα είναι ότι οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα, ακόμη και όταν δεν εμπλέκονται πρακτικά σε ένα πείραμα (όπως συμβαίνει στη διαδικασία σχεδιασμού) δεν απομακρύνονται από την εμπειρική αναπαράστασή του. Έτσι, μάλλον, αντιμετωπίζουν τις θεωρητικές τους Ιδέες (I) σχετικά αδιαφοροποίητες ως προς τα συνδεδεμένα με αυτές Τεκμήρια (E), με τα Τεκμήρια που προέρχονται από αισθητηριακές προσλήψεις να κυριαρχούν στους συλλογισμούς τους. Το αποτέλεσμα είναι, αφενός να μην εμφανίζονται συνδέσεις μεταξύ Ιδεών και Τεκμηρίων (μιας και όταν οι δύο διαφορετικές οντότητες τείνουν να ταυτίζονται) και αφετέρου, η σχεδιαστική διαχείριση των οντοτήτων του Κόσμου (C) να γίνεται κυρίως μέσω των Τεκμηρίων (E) και όχι μέσω των Ιδεών.

5. Βιβλιογραφία

Beney, M. &Sere, M-G. (2002). Sudents' intellectual activities during standard labwork atundergraduate level. In D. Psillos and H. Niedderer (Eds), *Teaching and Learning In the Science Laboratory*, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.

Eshach, H. & Fried, M. (2005). Should science be taught in early childhood?. *Journal of Science Education and Technology, 14*(3), 315–336.

Garratt, J. & Tomlinson, J. 2001. Experimental design –can it be taught or learned? *University Chemistry Education*, 5, 74–9.

Hacking, I. (1995). *Representing and intervening.* Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Hacking, I. (1992). The self-vindication of the laboratory sciences. In A. Pickering (Ed.), *Science as Practice and Culture* (pp. 29–64). Chicago, IL: University of Chicago Press.

Hatzikraniotis, E., Kallery, M., Molohidis, T., Psillos, D. (2011). Students' design of experiments: an inquiry module on the conduction of heat, *Physics Education*, 45 (4) 336-344.

Johnstone, A.H. & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory: Some thoughts from the literature. *University Chemistry Education* 5(1), 42–51.

Lefkos, I., Psillos, D. & Hatzikraniotis, E. (2011). Designing experiments on thermal interactions by secondary school students in a simulated laboratory environment. *Research in Science & Technological Education*, 29(2), 189–204.

Psillos, D., Tselfes, V. & Kariotoglou, P. (2004). An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching-learning sequences: The case of fluids. *International Journal of Science Education, 26*(5), 555–578.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ Β΄ ΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Κυρούλα Σακελλάρη[1], *Μιχαήλ Σκουμιός*[2]
[1]Πρωτοβάθμια εκπαίδευση
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Περίληψη
Η εργασία διερευνά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για τη θρέψη των φυτών στην ανάπτυξη της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση ερευνών σε μαθητές του δημοτικού σχολείου. Αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τη θρέψη των φυτών, το οποίο εφαρμόστηκε σε 17 μαθητές της Β΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, συγκροτήθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι είναι εφικτή η ανάπτυξη στους μαθητές της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση ερευνών, μέσω της διδακτικής παρέμβασης για τη θρέψη των φυτών.

Abstract
This study examines the impact of a teaching intervention about plant nutrition on primary school students' science practice of planning investigations. Instructional materials were developed and these materials were tested on 17 primary school students (second grade). In order to evaluate the learning outcomes, a questionnaire was created and completed by the students before and after the teaching intervention. The analysis of the data showed that through the teaching intervention about plant nutrition, the development of science practice of planning investigations to students is possible.

1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με τις εποικοδομητικές απόψεις για τη μάθηση, ο μαθητής κατασκευάζει ενεργητικά τη γνώση μέσα από γνωστικές, κοινωνικές και πολιτισμικές διαδικασίες και δεν την λαμβάνει παθητικά (Forbes et al. 2014). Μια βασική θέση τους είναι ότι οι μαθητές κατέχουν αντιλήψεις για το φυσικό κόσμο οι οποίες έχουν διαμορφωθεί από τις εμπειρίες τους (Driver et al. 1985). Έχει υποστηριχθεί ότι η διανοητική και πρακτική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αλλαγή των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές (science practices) (NRC 2012).
Ο όρος επιστημονικές πρακτικές αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον φυσικό κόσμο (NRC 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης (στ) συγκρότηση εξηγήσεων (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Ανάμεσα στις επιστημονικές πρακτικές που έχουν προταθεί για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες συμπεριλαμβάνεται η σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών. Μέσα από τη χρήση της πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση έρευνών επιδιώκεται οι μαθητές να είναι ικανοί να διατυπώνουν ερωτήματα και υποθέσεις, να πραγματοποιούν έλεγχο των μεταβλητών (ανεξάρτητη μεταβλητή, εξαρτημένη μεταβλητή και μεταβλητές ελέγχου) και να επινοούν και να περιγράφουν τις πειραματικές διαδικασίες που θα ακολουθήσουν προκειμένου να απαντήσουν στα ερωτήματα (NRC 2012).
Η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που εστιάζονται στην επιστημονική πρακτική της σχεδίασης ερευνών καταδεικνύει ότι οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες που σχετίζονται με τη αναγνώριση ερευνητικών ερωτημάτων, τον έλεγχο των μεταβλητών και την επινόηση και περιγραφή των πειραματικών διαδικασιών (Duggan & Gott 2000, Khishfe & Lederman 2006). Επίσης, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην ανάπτυξη των παραπάνω διαστάσεων αυτής της επιστημονικής πρακτικής (Roth & Roychoudhury 1993, Schneider et al. 2002, Zion et al. 2004). Επιπρόσθετα, οι παραπάνω έρευνες εστιάζουν σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και σε μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού σχολείου, ενώ απουσιάζουν έρευνες στις οποίες το δείγμα είναι μαθητές των μικρότερων τάξεων του δημοτικού σχολείου.

2. Μεθοδολογία / Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Η εργασία αυτή αποσκοπεί στη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για τη θρέψη των φυτών στην ανάπτυξη διαστάσεων της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση ερευνών σε μαθητές της Β΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Ειδικότερα, η εργασία επιδιώκει να απαντήσει στα ερευνητικά ερωτήματα:

(α) Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη της πρακτικής που αφορά στη διατύπωση ενός ερευνητικού ερωτήματος και μιας υπόθεσης σε μαθητές της Β΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

(β) Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη της πρακτικής που αφορά στην αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής, της εξαρτημένης μεταβλητής και των μεταβλητών ελέγχου σε μαθητές της Β΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

(γ) Ποια η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη της πρακτικής που αφορά στην επινόηση και την περιγραφή μιας πειραματικής διαδικασίας σε μαθητές της Β΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

Ερευνητική διαδικασία και δείγμα

Η εργασία αυτή είναι μια ποσοτική έρευνα και πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση (πιλοτική έρευνα), συγκροτήθηκε το εκπαιδευτικό υλικό και το εργαλείο συλλογής των δεδομένων (ερωτηματολόγιο). Στη δεύτερη φάση (κύρια έρευνα), εφαρμόστηκε το εκπαιδευτικό υλικό σε μαθητές και το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Στη συνέχεια αναλύθηκαν οι απαντήσεις τους.
Το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε εφαρμόστηκε σε 17 μαθητές και μαθήτριες της Β΄ τάξης ενός δημοτικού σχολείου της Ρόδου.

Το εκπαιδευτικό υλικό

Το εκπαιδευτικό υλικό για τη θρέψη των φυτών σχεδιάστηκε με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών. Για τη συγκρότησή του ακολουθήθηκε το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al. 2006) (βλ. Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Οι φάσεις διδασκαλίας με τις αντίστοιχες δραστηριότητες και τις επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκονται

Φάσεις διδασκαλίας	**Δραστηριότητες**	**Επιστημονικές πρακτικές**
Ενεργοποίηση	1	Υποβολή ερωτημάτων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.
Διερεύνηση	2, 3, 4, 5 και 6	Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.
Εξήγηση	7	Συγκρότηση εξηγήσεων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.
Εφαρμογή	9	Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Συγκρότηση εξηγήσεων. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία.
Αξιολόγηση	10 και 11	Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Στην πρώτη φάση («ενεργοποίηση»), στους μαθητές τέθηκε ένα πρόβλημα το οποίο τους ζητούσε να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις σχετικά με τη θρέψη των φυτών. Οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά και κατέγραψαν τις απαντήσεις τους. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές της ομάδας τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους. Η φάση αυτή ολοκληρώθηκε με συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης και τη διατύπωση από πλευράς μαθητών ερωτημάτων για έρευνα. Στη δεύτερη φάση («διερεύνηση») οι μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνες, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπήρχαν στα φύλλα εργασίας τους. Σε κάθε έρευνα διατύπωναν το ερώτημα, πρόβαιναν σε υποθέσεις, αναγνώριζαν τις μεταβλητές που υπεισέρχονταν στην έρευνα, εντόπιζαν την ανεξάρτητη μεταβλητή, την εξαρτημένη μεταβλητή και τις μεταβλητές ελέγχου, περιέγραφαν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν, συνέλεγαν τα υλικά, εκτελούσαν τα πειράματα είτε με φυσικά υλικά είτε μέσω εκπαιδευτικού λογισμικού και κατέγραφαν σε πίνακες τα δεδομένα. Στη τρίτη φάση («εξήγηση») οι μαθητές επεξεργάστηκαν τους πίνακες με τα δεδομένα, αναγνώρισαν τάσεις στα δεδομένα, εξήγαγαν από αυτούς συμπεράσματα και τα συνέκριναν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Στην τέταρτη φάση («εφαρμογή») οι μαθητές επεξεργάστηκαν προβλήματα διαφορετικά σε σχέση με αυτά που είχαν αρχικά διαπραγματευτεί. Κατά την υλοποίηση αυτών των δραστηριοτήτων οι μαθητές συζήτησαν τις απαντήσεις τους με τους συμμαθητές τους. Στην πέμπτη φάση («αξιολόγηση») ζητήθηκε από τους μαθητές να μελετήσουν τις απαντήσεις τους, στο πλαίσιο προβλημάτων που τους είχαν τεθεί στην αρχική φάση της διδασκαλίας. Οι μαθητές κλήθηκαν να συγκρίνουν τις αρχικές

τους απαντήσεις με τις τρέχουσες απαντήσεις τους. Συζήτησαν τις όποιες ομοιότητες ή διαφοροποιήσεις μεταξύ των απαντήσεών τους με τα μέλη της ομάδας τους.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Ως μέσο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο συγκροτήθηκε για τις ανάγκες της έρευνας. Αρχικά, το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε δέκα μαθητές (πιλοτική έρευνα). Πραγματοποιήθηκε μια συζήτηση με τους μαθητές για να εξαχθούν παρατηρήσεις. Επίσης, δόθηκε σε δύο ερευνητές, ώστε να ελεγχθεί η εσωτερική του εγκυρότητα και να διορθωθούν τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Στη συνέχεια διαμορφώθηκε το τελικό ερωτηματολόγιο, με βάση τις παρατηρήσεις που επισημάνθηκαν.
Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε έξι ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών (βλ. Παράρτημα). Πριν από τις ερωτήσεις υπήρχε ένα εισαγωγικό κείμενο. Ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν: το ερευνητικό ερώτημα που προκύπτει με βάση το εισαγωγικό κείμενο (ερώτηση 1), μια υπόθεση σχετική με το ερώτημα που θα ερευνηθεί (ερώτηση 2), τον παράγοντα που θα πρέπει να μεταβληθεί στη συγκεκριμένη έρευνα (ανεξάρτητη μεταβλητή) (ερώτηση 3), τους παράγοντες που θα πρέπει να παραμείνουν σταθεροί (μεταβλητές ελέγχου) (ερώτηση 4), τον παράγοντα που θα μετρηθεί στη συγκεκριμένη έρευνα (εξαρτημένη μεταβλητή) (ερώτηση 5) και την πειραματική διαδικασία η οποία αντιστοιχεί στη έρευνα που θα πρέπει να πραγματοποιηθεί (ερώτηση 6).
Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Υπολογίσθηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών. Οι απαντήσεις των μαθητών ταξινομήθηκαν σε δύο κατηγορίες (κατάλληλες, ενναλακτικές). Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκε το τεστ McNemar.

3. Αποτελέσματα

Αναγνώριση ερευνητικού ερωτήματος

Ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι πρότειναν ένα μη κατάλληλο με την έρευνα ερώτημα (70,6%), μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών αναγνώρισε το κατάλληλο ερώτημα (82,4%) (βλ. Πίνακα 2). Με το τεστ McNemar διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (χ^2=7,111, df=1, $p<0,05$).

Πίνακας 2: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση του ερευνητικού ερωτήματος πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%
Κατάλληλες	5	29,4	14	82,4
Εναλλακτικές	12	70,6	3	17,6

Αναγνώριση υπόθεσης

Σχετικά με την αναγνώριση μιας υπόθεσης, πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών δεν πρότεινε μια κατάλληλη με το ερευνητικό ερώτημα υπόθεση (58,8%), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν μια κατάλληλη υπόθεση (94,1%) (βλ. Πίνακα 3). Μάλιστα, προκύπτει -με το τεστ McNemar- ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (χ^2=6,125, df=1, p<0,05).

Πίνακας 3: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση μιας υπόθεσης πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%
Κατάλληλες	7	41,2	16	94,1
Εναλλακτικές	10	58,8	1	5,9

Αναγνώριση ανεξάρτητης μεταβλητής

Πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών πρότεινε μια μη κατάλληλη με την έρευνα ανεξάρτητη μεταβλητή (64,7%), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών (94,1%) αναγνώρισε την κατάλληλη ανεξάρτητη μεταβλητή (βλ. Πίνακα 4). Με το τεστ McNemar προκύπτει ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (χ^2=5,143, df=1, p<0,05).

Πίνακας 4: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%
Κατάλληλες	6	35,3	16	94,1
Εναλλακτικές	11	64,7	1	5,9

Αναγνώριση μεταβλητών ελέγχου

Ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν μη κατάλληλες με την έρευνα μεταβλητές ελέγχου ή μία κατάλληλη μεταβλητή ελέγχου (70,6%), μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών πρότειναν δύο ή περισσότερες κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (70,6%) (βλ. Πίνακα 5). Μάλιστα, με βάση το τεστ McNemar διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (χ^2=5,143, df=1, p<0,05).

Πίνακας 5: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση των μεταβλητών ελέγχου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%
Κατάλληλες	5	29,4	12	70,6
Εναλλακτικές	12	70,6	5	29,4

Αναγνώριση εξαρτημένης μεταβλητής

Σχετικά με τον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής, πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών δεν πρότεινε μια κατάλληλη με την έρευνα εξαρτημένη μεταβλητή (88,2%), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές αναγνώρισαν την κατάλληλη εξαρτημένη μεταβλητή (76,5%) (βλ. Πίνακα 6). Προκύπτει, με το τεστ McNemar, ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (χ^2=7,111, df=1, p<0,05).

Πίνακας 6: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση της εξαρτημένης μεταβλητής πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%
Κατάλληλες	2	11,8	13	76,5
Εναλλακτικές	15	88,2	4	23,5

Αναγνώριση πειραματικής διαδικασίας

Όσον αφορά στην αναγνώριση της περιγραφής της πειραματικής διαδικασίας, πριν τη διδακτική παρέμβαση οι πιο πολλοί μαθητές δεν αναγνώρισαν την κατάλληλη περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας (64,7%), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών αναγνώρισαν την κατάλληλη πειραματική διαδικασία (82,4%) (βλ. Πίνακα 7). Σύμφωνα με το τεστ McNemar, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση (χ^2=6,125, df=1, p<0,05).

Πίνακας 7: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση της πειραματικής διαδικασίας πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%
Κατάλληλες	6	35,3	14	82,4
Εναλλακτικές	11	64,7	3	17,6

4. Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα, προκύπτει ότι η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε συνέβαλε σημαντικά στην ανάπτυξη της επιστημονικής πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση έρευνας σε μαθητές της Β΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Τα ευρήματα της εργασίας αυτής είναι δυνατόν να αποδοθούν στις δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν. Οι δραστηριότητες αυτές έδιναν ευκαιρίες στους μαθητές να διατυπώνουν ερευνητικά ερωτήματα, να εκφέρουν υποθέσεις, να εντοπίζουν σε κάθε έρευνα την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου και την εξαρτημένη μεταβλητή, καθώς επίσης και να περιγράφουν την πειραματική διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί για να απαντηθεί ένα ερευνητικό ερώτημα. Τα αποτελέσματα της εργασίας συνάδουν με σύγχρονες απόψεις, σύμφωνα με τις οποίες: «σε αντίθεση με τις αντιλήψεις για την ανάπτυξη που ίσχυαν 30 ή 40 χρόνια πριν, τα μικρά παιδιά μπορούν να σκέπτονται τόσο συγκεκριμένα όσο και αφηρημένα» (Duschl et al. 2007, p. 3). Καταδεικνύεται συνεπώς η ανάγκη περαιτέρω έρευνας για τη διαμόρφωση ενός πλαισίου, που να υποστηρίζει εκπαιδευτικούς και μαθητές στη ανάπτυξη και τη χρήση επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές. Η παρούσα εργασία με τα ευρήματά της συνεισφέρει προς αυτή την κατεύθυνση.
Ωστόσο, στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 17 μαθητές ενός δημοτικού σχολείου και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος και των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν. Η παρούσα εργασία εστιάστηκε στη διερεύνηση της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε για τη θρέψη των φυτών στην εξέλιξη μιας επιστημονικής πρακτικής (σχεδίαση ερευνών). Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί η συμβολή αυτής της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη άλλων επιστημονικών πρακτικών (ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, συγκρότηση εξηγήσεων, εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία, απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών) σε μαθητές, καθώς επίσης και στην εξέλιξη των αντιλήψεών τους για τη θρέψη των φυτών.

5. Βιβλιογραφία

Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A. & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs.

Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). *Some features of children's ideas and their implications for teaching.* In R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds.), *Children's ideas in science* (pp. 193-201). Milton Keynes, UK: Open University Press.

Duggan, S. & Gott, R. (2000). Intermediate general national vocational qualification (GNVQ) science: A missed opportunity for a focus on procedural understanding? *Research in Science and Technological Education*, *18*(2), 201-214.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.

Forbes, C., Lange, K., Möller, K., Biggers, M., Laux, M. & Zangori, L. (2014). Explanation-construction in 4th-grade Classrooms in Germany and the United States: A Cross-national Comparative Video Study. *International Journal of Science Education*, *36*(14): 2367-2390.

Khishfe, R. & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*(4), 395-418.

National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

Roth, W. M. & Roychoudhury, A. (1993). The development of science process skills in authentic contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, *30*(2), 127-152.

Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R.W. & Soloway, E. (2002). Performance of students in project-based science classrooms on a national measure of science achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(5), 410-422.

Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., Mendelovici, R. & Valanides, N. (2004). Dynamic, open inquiry in biology learning. *Science Education*, *88*(5), 875-894.

6. Παράρτημα: Ερωτηματολόγιο

Στην Ελένη και τον Κώστα τους αρέσει πολύ να ασχολούνται με τον κήπο τους. Έχουν βάλει στοίχημα ότι μέχρι να έρθει η γιαγιά τους για επίσκεψη (σε ένα μήνα περίπου) τα φυτά τους θα έχουν ψηλώσει πάρα πολύ. Έχουν όμως μια διαφωνία. Η Ελένη υποστηρίζει ότι δε χρειάζεται να τα ποτίζουν με αρκετό νερό ενώ ο Κώστας λέει ότι τα φυτά πρέπει να ποτίζονται με αρκετό νερό για να ψηλώσουν. Για να δουν ποιος έχει δίκιο πήραν δυο ίδιες γλάστρες με τα ίδια ακριβώς φυτά και αποφάσισαν να κάνουν μια έρευνα.

Ερώτηση 1
Ποιο από τα παρακάτω ερωτήματα θα ερευνήσουν τα παιδιά;
- Η ποσότητα του νερού που παίρνει ένα φυτό επηρεάζει το χρώμα των φύλλων;
- Η ποσότητα του νερού που παίρνει ένα φυτό επηρεάζει το ύψος του φυτού;
- Η ποσότητα του χώματος της γλάστρας επηρεάζει το ύψος του φυτού;
- Ο χρόνος που μένει το φυτό στο φως επηρεάζει το ύψος του;

Ποιο άλλο;

Ερώτηση 2
Ποια από τις παρακάτω προτάσεις μπορεί να είναι η απάντηση στο ερώτημα που θα ερευνήσουν τα παιδιά;
- Η ποσότητα του νερού επηρεάζει το ύψος του φυτού και μάλιστα όταν αυξάνεται η ποσότητα του νερού τότε αυξάνεται και το ύψος του φυτού.
- Η ποσότητα του χώματος επηρεάζει το ύψος του φυτού και μάλιστα όταν αυξάνεται η ποσότητα του χώματος τότε αυξάνεται το ύψος του φυτού.
- Το ηλιακό φως επηρεάζει το ύψος του φυτού και μάλιστα όσο πιο πολύ το βλέπει ο ήλιος τόσο αυξάνεται το ύψος του.

Ποιο άλλη;

Ερώτηση 3
Τι θα αλλάξουν στην έρευνα που θα κάνουν;
- Την ποσότητα του χώματος
- Την ποσότητα του νερού
- Την ποσότητα του λιπάσματος
- Τον χρόνο που μένει στο φως το φυτό
- Το ύψος του φυτού

Ποιο άλλο;

Ερώτηση 4
Τι δε θα αλλάξουν στην έρευνα που θα κάνουν; [μπορείς να επιλέξεις περισσότερες από μια απαντήσεις]
- Την ποσότητα του χώματος
- Την ποσότητα του νερού
- Τον χρόνο που μένει στο φως το φυτό
- Το ύψος του φυτού
- Το είδος του φυτού

Ποιο άλλο;

Ερώτηση 5
Τι θα ελέγξουν (μετρήσουν) στην έρευνα που θα κάνουν;
- Την ποσότητα του νερού
- Το ύψος του φυτού
- Την ποσότητα του χώματος
- Την ποσότητα του λιπάσματος
- Τον χρόνο που μένει στο φως το φυτό

Ποιο άλλο;

Ερώτηση 6
Τι θα πρότεινες να κάνουν τα παιδιά ώστε να απαντήσουν στο ζήτημα που τους απασχολεί;
- Θα πάρουν δύο γλάστρες με διαφορετικά φυτά ίδιου όμως μεγέθους και θα βάλουν την ίδια ποσότητα χώματος σε κάθε γλάστρα. Θα τις τοποθετήσουν στο ίδιο ηλιόλουστο μέρος. Το ένα φυτό θα το ποτίζουν λίγο ενώ το άλλο δε θα το ποτίζουν πολύ. Τέλος, θα παρατηρήσουν τα φυτά και θα σημειώσουν το ύψος που έφτασε το καθένα μετά από δύο βδομάδες.
- Θα πάρουν δύο γλάστρες με ίδια φυτά του ίδιου μεγέθους και θα βάλουν διαφορετική ποσότητα χώματος σε κάθε γλάστρα. Θα τις τοποθετήσουν στο ίδιο ηλιόλουστο μέρος. Το ένα φυτό θα το ποτίζουν λίγο ενώ το άλλο δε θα το ποτίζουν πολύ. Τέλος, θα παρατηρήσουν τα φυτά και θα σημειώσουν το ύψος που έφτασε το καθένα μετά από δύο βδομάδες.
- Θα πάρουν δύο γλάστρες με ίδια φυτά του ίδιου μεγέθους και θα βάλουν την ίδια ποσότητα χώματος σε κάθε γλάστρα. Θα τις τοποθετήσουν στο ίδιο ηλιόλουστο μέρος. Το ένα φυτό θα το ποτίζουν λίγο ενώ το άλλο δε θα το ποτίζουν πολύ. Τέλος, θα παρατηρήσουν τα φυτά και θα σημειώσουν το ύψος που έφτασε το καθένα μετά από δύο βδομάδες.
- Θα πάρουν δύο ίδιες γλάστρες με ίδια φυτά του ίδιου μεγέθους και θα βάλουν την ίδια ποσότητα χώματος σε κάθε γλάστρα. Θα τα τοποθετήσουν στο ίδιο σκοτεινό μέρος. Το ένα φυτό θα το ποτίζουν λίγο ενώ το άλλο δε θα το ποτίζουν πολύ. Τέλος, θα παρατηρήσουν τα φυτά και θα σημειώσουν το ύψος που έφτασε το καθένα μετά από δύο βδομάδες.

Η ΧΡΗΣΗ «ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ» ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΩΝ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΑΠΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΠΕ04 ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ζωή Βαθάκου[1], *Ευαγγελία Μαυρικάκη*[2]
[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη
Ο σχεδιασμός της διδασκαλίας, η στοχοθέτηση, οι εναλλακτικές μέθοδοι διδασκαλίας και η αξιολόγηση της συμβάλλουν στην αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας. Με σκοπό τη διερεύνηση της συχνότητας χρήσης βασικών «εργαλείων» και μεθόδων της διδασκαλίας, στο γενικότερο πλαίσιο της κατάρτισης των εκπαιδευτικών στη Διδακτική, χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο σε δείγμα 157 εκπαιδευτικών του κλάδου ΠΕ04 στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Διερευνήθηκε η χρήση σχεδίου μαθήματος, διδακτικών στόχων, αξιολόγησης και τεσσάρων βασικών μεθόδων διδασκαλίας. Βρέθηκε πως οι εκπαιδευτικοί σχεδιάζουν την επόμενη διδακτική ώρα και θέτουν στόχους συχνά, ενώ μικρό ποσοστό αυτών χρησιμοποιεί εναλλακτική αξιολόγηση. Η συχνότερη μορφή διδασκαλίας που χρησιμοποιείται είναι η άμεση.

Abstract
Lesson planning and defining teaching goals, alternative methods of instruction and assessment contribute to the effectiveness of teaching. In order to study the frequency in which teachers use basic "tools" and methods of teaching, we used a questionnaire in a sample of 157 science teachers in Secondary Education. We investigated the use of lesson planning, learning objectives, alternative assessment and futhermore, the use of four basic teaching methods. The results of the study indicated that teachers often use lesson planning and targeting. Small percentage of teachers uses alternative assessment and the commonest teaching method they use is the direct method.

1. Εισαγωγή

1.1. Η Διδακτική ως εννοιολογικό πεδίο για τη μεθόδευση της διδασκαλίας

Η Διδακτική φαίνεται να εκπορεύεται, αρχικά, από τις ιδέες της Αναγέννησης και του Διαφωτισμού (Κοσμόπουλος 1985; Ματσαγγούρας 1998 ό.α. Ραβάνης 1999), ενώ οι αντιλήψεις οι οποίες αποδέχονται τις λογικές των κανονιστικών διδακτικών συστημάτων αποτέλεσαν τη βάση της συγκρότησης της Διδακτικής ως ιδιαίτερου κλάδου στα πλαίσια των Επιστημών της Εκπαίδευσης (Ραβάνης 2003). Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών αναδύθηκε ως αυτόνομο ερευνητικό πεδίο από μια γενική παιδαγωγική και διδακτική (Ραβάνης 2003; Κολιόπουλος 2006 ό.α. Ζόγκζα 2009). Η μεθόδευση της διδασκαλίας, που παρέχεται από την επιστήμη της Διδακτικής, περιλαμβάνει τρεις άξονες, στους οποίους κατατάσσονται οι επιμέρους παράγοντες που επηρεάζουν τη διδασκαλία και τη μάθηση. Ο πρώτος άξονας είναι ο σχεδιασμός της διδασκαλίας, που αφορά τις προδιδακτικές δραστηριότητες του εκπαιδευτικού και περιλαμβάνει την οργάνωση του περιεχομένου της διδασκαλίας, τον καθορισμό των διδακτικών στόχων, την οργάνωση της διδασκαλίας και επιλογή τρόπων αξιολόγησης. Ο δεύτερος άξονας αφορά τη διεξαγωγή της διδασκαλίας και

σε αυτόν τον άξονα ανήκουν η πορεία της διδασκαλίας και η εφαρμογή μεθόδων διδασκαλίας. Ο τρίτος άξονας κατευθύνεται στην αξιολόγηση του αποτελέσματος και εντάσσονται ζητήματα αναφορικά με τους στόχους της αξιολόγησης και τις μορφές αξιολόγησης (Ματσαγγούρας 1998, Ξωχέλλης 2005, Χατζηδήμου 2008 ό.α. Λιακοπούλου 2009).

1.2. Η αναγκαιότητα της μεθόδευσης της διδασκαλίας: Η αποτελεσματική διδασκαλία

Αποτελεσματική χαρακτηρίζεται η διδασκαλία εκείνη που παράγει στον επιθυμητό βαθμό τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα. Η σωστή διαχείριση των διδακτικών ενεργειών και των διδακτικών στρατηγικών διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας (Κασσωτάκης & Φλουρής 2013). Όπως αναφέρει ο Μαυρόπουλος, Α. (2013), παράγοντας επιτυχίας και αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας είναι ο ίδιος ο δάσκαλος και η μέθοδος- μορφή- πορεία της διδασκαλίας, ενώ το μάθημα πρέπει να χαρακτηρίζεται από ποικιλία στις μεθόδους διδασκαλίας (Borich 1992). Μια διδασκαλία θεωρείται ότι έχει ολοκληρωθεί όταν έχουν επιτευχθεί οι στόχοι της. Ο έλεγχος του βαθμού επίτευξης των στόχων επιτυγχάνεται με την αξιολόγηση της διδασκαλίας. Ο στόχος της αξιολόγησης δεν είναι η βαθμολογία των μαθητών, αλλά η αξιοποίηση των στοιχείων που προκύπτουν από την εν λόγω διαδικασία για την ανατροφοδότηση της διδασκαλίας και τη συνεχή ποιοτική της βελτίωση (Κασσωτάκης & Φλουρής 2013).

1.3. Ο εγγραμματισμός των εκπαιδευτικών σε βασικές έννοιες της Διδακτικής

Σύμφωνα με τους Peterson και Treagust (2001), ένα σύστημα εκπαίδευσης καθηγητών των φυσικών επιστημών θα πρέπει να περιλαμβάνει: α. τη γνώση που λειτουργεί ως βάση για διδασκαλία (knowledge base for teaching) και β. τον παιδαγωγικό συλλογισμό (Ζόγκζα 2009). Η παιδαγωγική γνώση του αντικειμένου διδασκαλίας, η γνώση των θεωριών μάθησης και οι τρόποι διδακτικής αντιμετώπισής του αποτελούν συστατικά της γνώσης του εκπαιδευτικού. Η κατάρτιση των εκπαιδευτικών περιλαμβάνει την επαγγελματική κατάρτιση, επίσης, καθώς και ζητήματα μεθόδευσης της διδασκαλίας. Από το σύνολο της βιβλιογραφίας θεωρείται αδιαμφισβήτητη η σημασία της διδακτικής κατάρτισης και της δυνατότητας χρήσης ποικιλίας μεθόδων διδασκαλίας.

1.4. Σκοπός της ερευνητικής εργασίας και ερευνητικά ερωτήματα

Η αναγκαιότητα της κατάρτισης των εκπαιδευτικών στη Διδακτική είναι δεδομένη, όχι μόνο για τη βελτίωση της διδακτικής πράξης, αλλά και για την παραγωγή καινοτόμων και αποτελεσματικών διδακτικών σχεδίων και σεναρίων από τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς, που έχουν το πλεονέκτημα της καθημερινής συναναστροφής με μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Υπάρχουν ελάχιστες έρευνες που διερευνούν την κατάρτιση των εκπαιδευτικών σε διδακτικές μεθόδους και πολλές που καταδεικνύουν την αναγκαιότητα αυτής της διερεύνησης. Σκοπός της έρευνας είναι να μελετηθεί η συχνότητα με την οποία χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί Φυσικών Επιστημών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση συγκεκριμένες μεθόδους διδασκαλίας και διδακτικά εργαλεία, στα πλαίσια της διερεύνησης της διδακτικής τους κατάρτισης. Συγκεκριμένα: 1. Πόσο συχνά χρησιμοποιούν οι εκπαιδευτικοί ΠΕ04: σχέδιο μαθήματος/ διδακτικούς στόχους/ εναλλακτική αξιολόγηση; 2. Πόσο συχνά χρησιμοποιοιούνται μέθοδοι όπως η άμεση, ομαδοσυνεργατική, διαθεματική, διερευνητική;

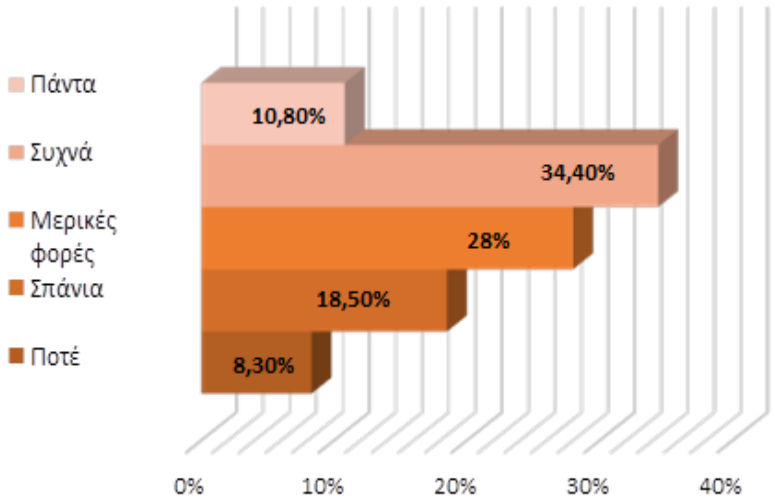
2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Η έρευνα διενεργήθηκε με ερωτηματολόγιο το οποίο διανεμήθηκε σε ηλεκτρονική και έντυπη μορφή. Οι 4 ερωτήσεις/δηλώσεις είναι κλειστού τύπου και οι απαντήσεις δίνονται σε κλίμακα από το 1 έως το 5. Η δειγματοληψία είναι βολική και η έρευνα χαρακτηρίζεται βασική και περιγραφική με γραφικές παραστάσεις. Η στατιστική επεξεργασία των μεταβλητών έγινε στο πρόγραμμα SPSS. Το δείγμα αποτέλεσαν 157 εκπαιδευτικοί ΠΕ04 που διδάσκουν σε δημόσια σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, με δημογραφικά και επαγγελματικά χαρακτηριστικά ανάλογα του διερευνηθέντος πληθυσμού, σύμφωνα με τα στοιχεία της Διεύθυνσης Διοίκησης Προσωπικού του Υπουργείου Παιδείας (Φεβρουάριος 2016).

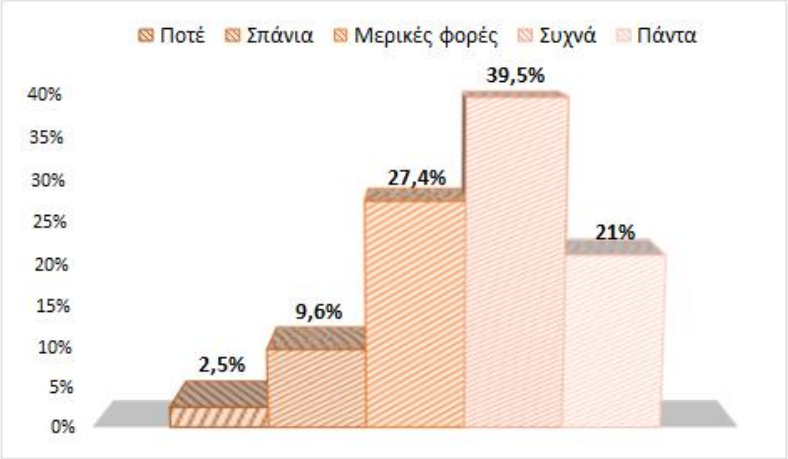
3. Αποτελέσματα

Οι εκπαιδευτικοί φαίνεται πως χρησιμοποιούν στο μεγαλύτερο ποσοστό σχέδιο μαθήματος συχνά για την επόμενη διδακτική ώρα (34,4%). Σε ποσοστό 8,3% οι εκπαιδευτικοί δήλωσαν πως δε χρησιμοποιούν ποτέ σχέδιο μαθήματος. Αντίστοιχα, το 39,5% διατυπώνει συχνά διδακτικούς στόχους και ένα υψηλό ποσοστό (21%) διατυπώνει πάντα διδακτικούς στόχους (Γραφήματα 1 και 2). Οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν πιο συχνά την άμεση μέθοδο διδασκαλίας και πιο σπάνια τη διαθεματική μέθοδο. Αρκετά μεγάλο είναι το ποσοστό που δε γνωρίζει, βέβαια, την έννοια της άμεσης μεθόδου διδασκαλίας (Γράφημα 3). Τα κριτήρια επιλογής μεθόδου διδασκαλίας είναι κυρίως το θέμα ή περιεχόμενο της ενότητας και οι μαθητές (Γράφημα 4). Είναι αρκετά μικρό, επίσης, το ποσοστό των εκπαιδευτικών που χρησιμοποιεί εναλλακτική αξιολόγηση, πέραν των γραπτών διαγωνισμάτων, τεστ και προφορικών ερωτήσεων (Γράφημα 5).

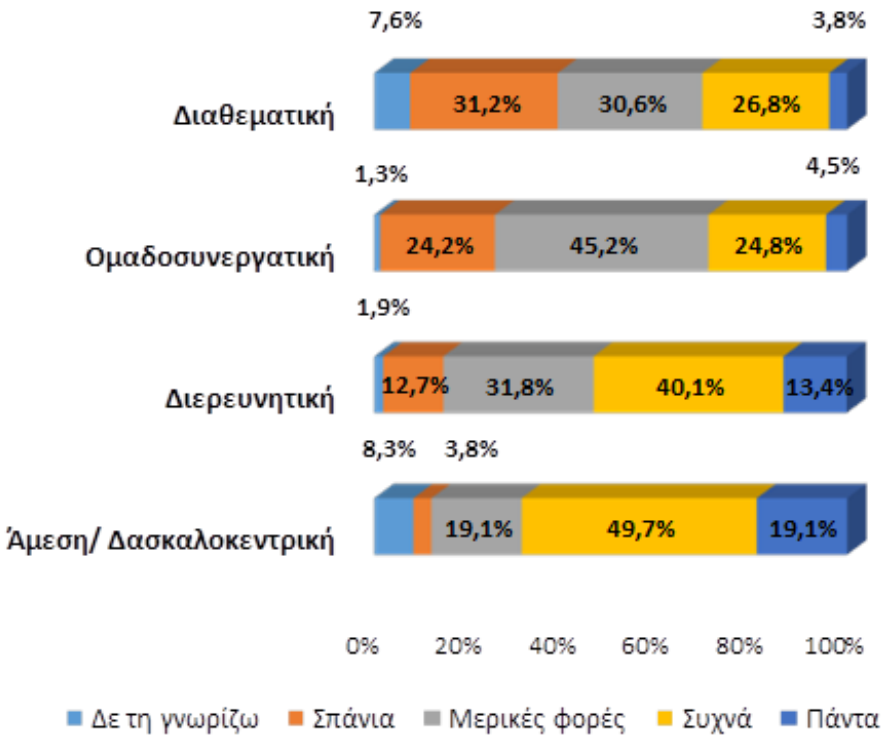
Γράφημα 1: Η συχνότητα με την οποία οι εκπαιδευτικοί προετοιμάζουν την επόμενη διδακτική ώρα με σχέδιο μαθήματος



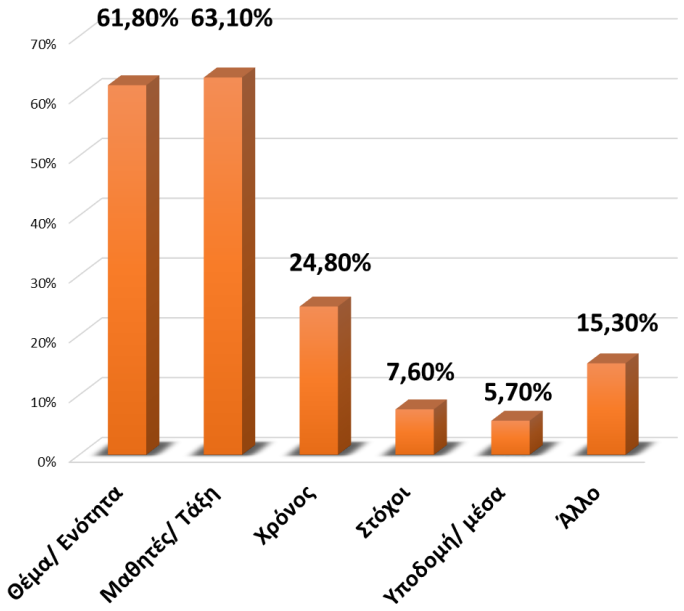
Γράφημα 2: Η συχνότητα με την οποία οι εκπαιδευτικοί διατυπώνουν στόχους για την επόμενη διδακτική ώρα.



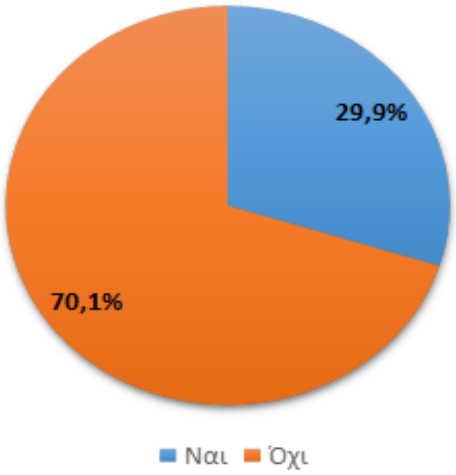
Γράφημα 3: Η συχνότητα χρήσης των τεσσάρων μεθόδων διδασκαλίας: άμεση, διερευνητική, ομαδοσυνεργατική και διαθεματική.



Γράφημα 4: Τα κριτήρια επιλογής μεθόδου διδασκαλίας από τους εκπαιδευτικούς ΠΕ04



Γράφημα 5: Η χρήση εναλλακτικής αξιολόγησης από τους εκπαιδευτικούς ΠΕ04 στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση



4. Συμπεράσματα

Οι εκπαιδευτικοί σε μεγάλα ποσοστά δηλώνουν πως σχεδιάζουν συχνά την επόμενη διδακτική ώρα, διατυπώνοντας διδακτικούς στόχους και χρησιμοποιούν μέσα και υλικά στη διδασκαλία τους. Όπως αναδεικνύεται από έρευνα (Στασινάκης 2012), για ένα συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο, αυτό της Εξέλιξης, μόνο το 10% περίπου των εκπαιδευτικών που ερωτήθηκαν χρησιμοποιεί σχέδιο μαθήματος για τη διδασκαλία του. Σε έρευνα της Λιακοπούλου (2009), ένα πολύ μεγάλο ποσοστό εκπαιδευτικών θεωρεί ότι είναι καταρτισμένο στην επιλογή διδακτικών στόχων. Η άμεση, παρ' όλ' αυτά, ή δασκαλοκεντρική, διδασκαλία κυριαρχεί στις προτιμήσεις των εκπαιδευτικών και η αμέσως

επόμενη μέθοδος που χρησιμοποιείται συχνότερα είναι η ομαδοσυνεργατική. Μέθοδοι όπως η διαθεματική και η διερευνητική δε χρησιμοποιούνται τόσο συχνά. Σε παλαιότερη έρευνα, φαίνεται πως οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί θεωρούν τις ομάδες ως τον καταλληλότερο τρόπο διδασκαλίας, αλλά δεν φαίνεται να ενεργούν σύμφωνα με τις στάσεις τους (Ξωχέλλης 1984). Οι εκπαιδευτικοί, τέλος, δεν είναι εξοικειωμένοι με την εναλλακτική αξιολόγηση και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό προτιμούν την αξιολόγηση μέσω τεστ/ προφορικών ερωτήσεων ή διαγωνισμάτων. Σε έρευνα της Λιακοπούλου (2009), οι καθηγητές Φυσικοί και Χημικοί φαίνεται να νιώθουν ανεπάρκεια στην κατάρτισή τους για θέματα αξιολόγησης των μαθητών. Επιπλέον, σύμφωνα με την ίδια έρευνα το ¼ των εκπαιδευτικών δεν κάνει πολύ συχνά αυτοαξιολόγηση και το 65% δεν προβαίνει συχνά σε περιγραφική αξιολόγηση των μαθητών.

5. Βιβλιογραφία

Κασσωτάκης, Μ. & Φλουρής, Γ. (2013). Μάθηση και Διδασκαλία. Αθήνα: Γρηγόρη.

Κολιόπουλος, Δ. (2006). Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών: Η συγκρότηση της σχολικής γνώσης. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Κοσμόπουλος, Α. (1985α). Στοιχεία εισαγωγής στην Παιδαγωγική και στην Ιστορία της Παιδείας. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Πατρών- ΟΕΔΒ.

Κοσμόπουλος, Α. (1985β). Στοιχεία Γενικής Διδακτικής και Αξιολόγησης. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Πατρών- ΟΕΔΒ.

Λιακοπούλου, Μ. (2009). Η παιδαγωγική και διδακτική κατάρτιση των εκπαιδευτικών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης: προϋποθέσεις και κριτήρια ποιότητας. Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη: Τμήμα Φιλοσοφίας και Παιδαγωγικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ματσαγγούρας, Η. (1998). Στρατηγικές διδασκαλίας: από την πληροφόρηση στην κριτική σκέψη. Αθήνα: Gutenberg.

Μαυρόπουλος, Α. (2013). Σχέδιο Μαθήματος. Αθήνα: αυτοέκδοση

Ξωχέλλης, Π. (2005). Ο εκπαιδευτικός στο σύγχρονο κόσμο. Αθήνα: τυπωθήτω: ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΑΡΔΑΝΟΣ.

Ραβάνης, Κ. (1999). Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Διδακτική και γνωστική προσέγγιση. Αθήνα: τυπωθήτω- ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΑΡΔΑΝΟΣ.

Ραβάνης, Κ. (2003). Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.

Στασινάκης, Π. (2012). Διερεύνηση συνιστωσών της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ) ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ως προς τη διδασκαλία της Εξέλιξης μέσω Φυσικής Επιλογής σε συνδυασμό με διδακτικές της εφαρμογές μέσω Νέων Τεχνολογιών. Διδακτορική Διατριβή. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Χατζηδήμου, Δ. (2008). Εισαγωγή στην Παιδαγωγική. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη.

Borich, G. (1992). Effective teaching and methods. New York: Merrill.

Peterson, R. F. & Treagust, D. F. (2001). A problem based approach to preservice science teacher education. Στο R. F. Peterson, D. F. Treagust, D. R. Lavoie & W.-M. Roth (Επιμ.), Models of Science Teacher Preparation (σσ. 49-66). Boston: Kluwer Academic Publishers. *Journal of Child Nutrition & Management, 37*.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΝΤΑΣ ΜΙΚΡΟΥΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΕΝΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ STEM ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΙΚΡΕΣ ΤΑΞΕΙΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

Λεμονιά Αντώνογλου [1], Ηλίας Καλαμπόκης [2], Κωνσταντίνα Μαρούλη – Χατζηαντωνίου[1]
[1]Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[2]Αμερικάνικο Κολλέγιο Ανατόλια Θεσσαλονίκης

Περίληψη
Η Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, στην Τεχνολογία, στη Μηχανική και στα Μαθηματικά (STEM) αποτελεί μια διεπιστημονική και εφαρμοσμένη προσέγγιση, η οποία βασίζεται στη μάθηση, μέσω της επιστημονικής έρευνας και των εφαρμογών της στον πραγματικό κόσμο. Ένα καινοτόμο πρόγραμμα STEM για μικρούς μαθητές δημοτικού σχολείου (πρώτης, δευτέρας και τρίτης τάξης) έχει σχεδιαστεί, αναπτυχθεί και εφαρμοστεί στο Δημοτικό Σχολείο του Κολλεγίου Ανατόλια στη Θεσσαλονίκη από το 2015. Το πρόγραμμα STEM, ενθαρρύνει τους μαθητές να αγαπήσουν τις Επιστήμες, να εμπλακούν σε απλές επιστημονικές πρακτικές και να αντιληφθούν, ότι με τις επιστημονικές γνώσεις και πρακτικές μπορούν να απαντηθούν ερωτήματα και ζητήματα της καθημερινής ζωής.

Abstract
Science Technology Engineering and Mathematics (STEM) Education is an interdisciplinary and applied approach, based on learning through scientific research and its applications in the real world. An innovating STEM Program for early elementary school students (1st, 2nd and 3d Grade) has been developed and established since 2015 at Anatolia College in Thessaloniki. The STEM program, encourages students to love Science, gives students the opportunity to get involved in simple scientific practices and helps students to conceptualize, that through scientific research and practices everyday life questions and problems can be answered and solved.

1. Εισαγωγή

Όταν μιλάμε για "Science Technology Engineering and Mathematics (STEM) Education" αναφερόμαστε στην Εκπαίδευση, η οποία περιλαμβάνει καινοτόμες προσεγγίσεις για τη Διδασκαλία και τη Μάθηση των Φυσικών Επιστημών, της Τεχνολογίας, της Μηχανικής και των Μαθηματικών σε όλες τις Βαθμίδες Εκπαίδευσης, από την Πρωτοβάθμια έως και την Τριτοβάθμια Εκπαίδευση.
Το καινοτόμο πρόγραμμα STEM που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία προσφέρει ένα ολοκληρωμένο πρόγραμμα εκπαίδευσης στις Επιστήμες του STEM και απευθύνεται στις πρώτες τάξεις του δημοτικού σχολείου.

Γιατί STEM σε μικρούς μαθητές δημοτικού;

Τα παιδιά στην προσπάθεια τους να δώσουν νόημα στον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν αναπτύσσουν κάποιες «διαισθητικές» ιδέες στηριζόμενοι στις εμπειρίες τους από δικές τους δραστηριότητες, από συζητήσεις με άλλους ανθρώπους, από την παρακολούθηση

Τηλεόρασης (ΜΜΕ) και την πλοήγηση τους στο Διαδίκτυο (Smartphones, Tablets, PCs). Η Vosniadou (1994) αναφέρει ότι οι διαισθητικές αυτές ιδέες των μαθητών είναι επίμονες και ισχυρές, οπότε είναι επιτακτική ανάγκη για διδακτικές προσεγγίσεις από πολύ νωρίς ώστε να επιτευχθεί εννοιολογική αλλαγή στους μαθητές. Ο όρος «εννοιολογική αλλαγή» αναφέρεται στην «Αυθόρμητη» μετατόπιση των μαθητών από τις δικές τους ιδέες σε άλλες πλησιέστερες στις επιστημονικές ιδέες. Επιπλέον περιλαμβάνει την αφομοίωση και προσαρμογή των ιδεών των μαθητών στην κοινά αποδεκτή επιστημονική γνώση της εποχής τους.
Στη διεθνή βιβλιογραφία αναφέρεται ακόμη ότι οι σχετικές με το STEM διδακτικές παρεμβάσεις, έχουν θετικές επιπτώσεις και βοηθούν τους συμμετέχοντες μαθητές να αναπτύξουν επιστημονικές δεξιότητες και γνώσεις, οι οποίες χρησιμοποιούνται και εξελίσσονται στη μετέπειτα πορεία τους (Cotabish et. al. 2013).
Επιπλέον υπάρχουν ερευνητές, οι οποίοι δίνουν ιδιαίτερη σημασία στην εισαγωγή των μαθητών στις Επιστήμες από πολύ μικρές ηλικίες, προκειμένου να αυξηθεί ο αριθμός εκείνων που τελικά θα ακολουθήσουν επαγγέλματα σχετικά με τις επιστήμες του STEM, στα οποία βασίζονται οι ανταγωνιστικές οικονομίες (Keely 2009).
Οι Goldston (2005) και Keeley (2009) υποστηρίζουν, ότι όσο οι μαθητές δεν «εκτίθενται» στην Εκπαίδευση στις Επιστήμες μέχρι να φτάσουν στο Γυμνάσιο τόσο ο βαθμός επιτυχίας τους στις Επιστήμες και στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών επηρεάζεται αρνητικά. Επιπλέον, η περιέργεια και ο ενθουσιασμός για τις Επιστήμες μειώνεται σε μεγαλύτερες ηλικίες, όταν αυτές δεν προωθηθούν και εισαχθούν στους μαθητές από μικρές ηλικίες (Pratt 2007).

Το καινοτόμο πρόγραμμα STEM για μικρούς μαθητές δημοτικού σχολείου

Το καινοτόμο πρόγραμμα STEM για μικρούς μαθητές δημοτικού σχολείου έχει σχεδιαστεί και αναπτυχθεί ειδικά για μαθητές της πρώτης, της δευτέρας και της τρίτης τάξης του δημοτικού σχολείου (ηλικίες από 6 έως 9 ετών) και είναι ενταγμένο στο εβδομαδιαίο σχολικό πρόγραμμα των μαθητών τους.
Τα βασικά χαρακτηριστικά του προγράμματος STEM συνοψίζονται στα ακόλουθα:

- Σε όλες τις ενότητες εξετάζονται και μελετώνται φαινόμενα οικεία για τους μαθητές, από την καθημερινή τους ζωή, από τα σχολικά βιβλία, την τηλεόραση και το διαδίκτυο
- Σε όλο το εκπαιδευτικό υλικό και στη διάρκεια των δραστηριοτήτων χρησιμοποιείται η επιστημονική ορολογία, χωρίς απλουστεύσεις
- Όλες οι πειραματικές διαδικασίες είναι ασφαλείς για τους μαθητές
- Σε όλες τις πειραματικές δραστηριότητες χρησιμοποιούνται ακίνδυνα και χαμηλού κόστους υλικά της καθημερινής ζωής
- Σε όλες τις ενότητες υπάρχουν δραστηριότητες εφαρμογής των επιστημονικών γνώσεων και δεξιοτήτων που αποκτούν οι μαθητές, όπως στις τέχνες, στον αθλητισμό, στη διατροφή.

Σκοπός και Στόχοι του Προγράμματος STEM για Μικρούς Μαθητές Δημοτικού Σχολείου

Ο σκοπός του πρόγραμμα STEM είναι να κεντρίσει το ενδιαφέρον των μαθητών για τις Επιστήμες. Για να επιτευχθεί ο σκοπός του προγράμματος STEM τέθηκαν οι παρακάτω επιμέρους στόχοι:

- Να εισαχθούν οι μαθητές στις Επιστήμες.
- Να γνωρίσουν οι μαθητές τι κάνουν οι Επιστήμονες.
- Να εμπλακούν οι μαθητές σε απλές επιστημονικές πρακτικές.
- Να αντιληφθούν οι μαθητές, ότι με τις επιστημονικές γνώσεις και πρακτικές μπορούν να απαντηθούν ερωτήματα και ζητήματα της καθημερινής τους ζωής.

2. Μεθοδολογία

Οργάνωση του Προγράμματος STEM για Μικρούς Μαθητές

Το πρόγραμμα STEM οργανώνεται σε τρεις φάσεις:
Φάση Ι: Εισαγωγή των μαθητών στις Επιστήμες του STEM, στη σημασία και στο ρόλο των Επιστημών στην καθημερινή ζωή.
Για την πρώτη φάση του προγράμματος σχεδιάστηκαν, αναπτύχθηκαν και προβλήθηκαν μέσα στο εργαστήριο παρουσιάσεις εμπλουτισμένες με πολυμεσικές εφαρμογές, καθώς και μία σειρά από πρωτότυπα πόστερ, όπως το πόστερ «Σκέφτομαι όπως οι επιστήμονες» και «Οι κανόνες ασφαλείας στο εργαστήριο μας».
Φάση ΙΙ: Η δεύτερη φάση στοχεύει στο να βοηθήσει τους μαθητές να εμπλακούν στις πιο βασικές επιστημονικές πρακτικές, όπως είναι η «παρατήρηση», η «σύγκριση», η «ταξινόμηση» και η «διατύπωση ερωτημάτων». Η κεντρική ιδέα αυτής της δεύτερης φάσης του προγράμματος αποτυπώνεται στην ακόλουθη φράση: «Τι κάνουν οι Επιστήμονες; Οι Επιστήμονες παρατηρούν. Οι Επιστήμονες μετρούν».
Για τη δεύτερη φάση του προγράμματος STEM σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν διδακτικά σενάρια, πολυμεσικές παρουσιάσεις και φύλλα εργασίας, τα οποία καλύπτουν βασικές επιστημονικές έννοιες όπως το βάρος, η μάζα και οι καταστάσεις της ύλης. Στα φύλλα εργασίας ενσωματώθηκαν και αξιοποιήθηκαν δραστηριότητες με πραγματικές πειραματικές μετρήσεις, τις οποίες εκτελούν οι μαθητές δουλεύοντας σε μικρές ομάδες, αλλά και με μετρήσεις σε εικονικά περιβάλλοντα, δηλαδή προσομοιώσεις. Οι προσομοιώσεις επιτρέπουν στους μαθητές να εισάγουν δεδομένα, να αλληλεπιδρούν και να κάνουν περισσότερες μετρήσεις, χρησιμοποιώντας μεγαλύτερη ποικιλία υλικών, που εκ των πραγμάτων δε θα μπορούσαν να υπάρχουν διαθέσιμα μέσα στο εργαστήριο.
Φάση ΙΙΙ: Στην τρίτη φάση του προγράμματος STEM οι μαθητές αναπτύσσουν πιο σύνθετες δεξιότητες, όπως είναι η πρόβλεψη, η εκτέλεση πειραματικών δραστηριοτήτων, η πραγματοποίηση παρατηρήσεων και πειραματικών μετρήσεων, η καταγραφή και η «ανάγνωση» δεδομένων, η εξαγωγή συμπερασμάτων και η αξιολόγηση της όλης διαδικασίας μαζί με τους συμμαθητές τους. Στην τρίτη φάση του προγράμματος οι μαθητές προσεγγίζουν χημικά και φυσικά φαινόμενα με ένα πιο συστηματικό, οργανωμένο και ουσιαστικό τρόπο.
Για την τρίτη φάση, σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν διερευνητικά διδακτικά σενάρια, πολυμεσικές παρουσιάσεις και φύλλα εργασίας, τα οποία βασίστηκαν σε απλές, αλλά και κατάλληλες για μικρούς μαθητές πειραματικές δραστηριότητες, όπως η σύνθεση και ο διαχωρισμός μειγμάτων (π.χ. μείγματα υγρού με υγρό, υγρού με στερεό, μείγματα έγχρωμων φυσικών και τεχνικών χρωστικών). Επιπλέον σχεδιάστηκαν, αναπτύχθηκαν και εφαρμόστηκαν φύλλα εργασίας, στα οποία αξιοποιούνται τα εικονικά εργαστήρια για την εκτέλεση «απαιτητικών» πειραμάτων (π.χ. πειραμάτων που απαιτούν πολύ χρόνο ή απαιτούν ιδιαίτερα προσεκτικούς χειρισμούς, όπως η εξάτμιση του νερού σε υδατικά διαλύματα και η δημιουργία κρυστάλλων).
Τα επιλεγμένα πειράματα που ενσωματώθηκαν και πραγματοποιήθηκαν καθ’ όλη τη διάρκεια του προγράμματος STEM μπορούν να χαρακτηριστούν και ως «Πειράματα στην Κουζίνα»,

κατά το "Kitchen Chemistry", καθώς όλα τα απαιτούμενα υλικά αποτελούν συνηθισμένα, ακίνδυνα, μη τοξικά και φθηνά υλικά, τα οποία απαντώνται στην κουζίνα οποιουδήποτε νοικοκυριού.

Εφαρμογή του προγράμματος STEM

Το πρόγραμμα εφαρμόστηκε πιλοτικά σε μαθητές των μικρών τάξεων του δημοτικού σχολείου του Κολλεγίου Ανατόλια στη Θεσσαλονίκη κατά τη σχολική χρονιά 2015-16 και συνεχίστηκε και κατά το σχολικό έτος 2016-17.
Οι μαθητές συμμετέχουν στο πρόγραμμα STEM δύο ώρες εβδομαδιαίως και καθ' όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς. Ειδικά για τις ανάγκες του προγράμματος έχει κατάλληλα διαμορφωθεί και πλήρως εξοπλιστεί (με όργανα, σκεύη, εργαστηριακές ποδιές και προστατευτικά γυαλιά για όλους τους μαθητές) ένας εργαστηριακός χώρος δίπλα στις εγκαταστάσεις του δημοτικού σχολείου.

Εργαλεία

Σε όλη τη διάρκεια του προγράμματος STEM, αλλά και μετά την ολοκλήρωσή του συγκεντρώθηκε πληθώρα ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων.
Συγκεκριμένα, κατά την παρατήρηση των μαθητών μέσα στο εργαστήριο καθ' όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς κρατήθηκαν σημειώσεις.
Επιπλέον χρήσιμα δεδομένα συλλέχθησαν από τις απαντήσεις τους και τις σημειώσεις τους στα φύλλα εργασίας, τα οποία συνόδευαν όλες τις δραστηριότητες του προγράμματος.
Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος πραγματοποιήθηκε έρευνα ανάμεσα στους μαθητές με τη βοήθεια κατάλληλα σχεδιασμένου ερωτηματολογίου για τις στάσεις τους απέναντι στις δραστηριότητες, στα πειράματα και γενικότερα στο πρόγραμμα STEM στο οποίο συμμετείχαν.
Τέλος ζητήθηκε από τους μαθητές να αποτυπώσουν μέσα σε μία ζωγραφιά τις αναμνήσεις τους από το πρόγραμμα STEM και τα πειράματα που εφάρμοσαν.

3. Αποτελέσματα

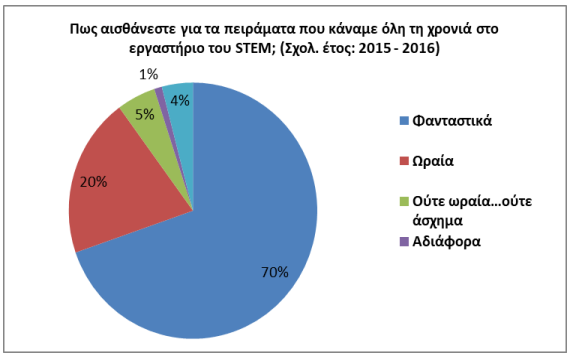
Από την παρατήρηση των μικρών μαθητών σε όλη τη διάρκεια της χρονιάς, φάνηκε ότι οι μαθητές είναι ενθουσιασμένοι, συμμετέχουν ενεργά και αγαπούν το πρόγραμμα STEM.
Μερικά από τα στοιχεία που κίνησαν το ενδιαφέρον και την αγάπη των μαθητών για το πρόγραμμα STEM φάνηκε να είναι:

- Η επαφή τους με τα εργαστηριακά σκεύη και τον εργαστηριακό εξοπλισμό.
- Η συμμετοχή τους στις αλληλεπιδραστικές παρουσιάσεις, όπου προσπαθούσαν να διατυπώσουν ερευνητικά ερωτήματα, να κάνουν υποθέσεις και να εξηγήσουν φυσικά και χημικά φαινόμενα.
- Η εμπλοκή τους κατά κύριο λόγο στις πειραματικές διαδικασίες, όπου εφάρμοζαν επιστημονικές πειραματικές πρακτικές.

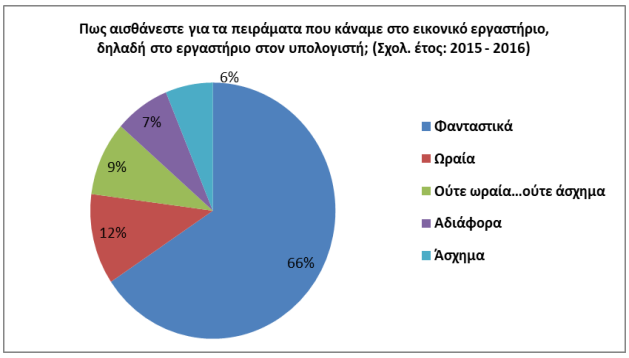
Από την ανάλυση των συμπληρωμένων φύλλων εργασίας, φάνηκε να επιβεβαιώνονται οι παραπάνω παρατηρήσεις, καθώς η πλειοψηφία των μαθητών κατέγραψε όλες τις πειραματικές μετρήσεις και τις παρατηρήσεις, που αφορούσαν στην εκτέλεση των πειραμάτων. Ιδιαίτερης προσοχής αξίζουν τα προσωπικά σχόλια ενθουσιασμού για το STEM, τα οποία υπάρχουν σημειωμένα πάνω σε πολλά από τα συμπληρωμένα φύλλα εργασίας των μαθητών.

Από τις απαντήσεις τους στο τελικό ερωτηματολόγιο προκύπτει ότι η πλειοψηφία τους συμφωνεί, ότι τους άρεσαν πολύ οι δραστηριότητες και τα πειράματα που εκτέλεσαν στο εργαστήριο καθ' όλη τη διάρκεια της χρονιάς (Εικόνες 1.α και 2.α).
Επιπλέον, πολλοί μαθητές βρήκαν ενδιαφέροντα και τα πειράματα που εκτελέστηκαν στο εικονικό εργαστήριο (Εικόνες 1.β και 2.β).

Εικόνες 2.α και 1.β: Απαντήσεις των μαθητών που συμμετείχαν και ολοκλήρωσαν το πρόγραμμα STEM τη σχολική χρονιά 2015 – 2016

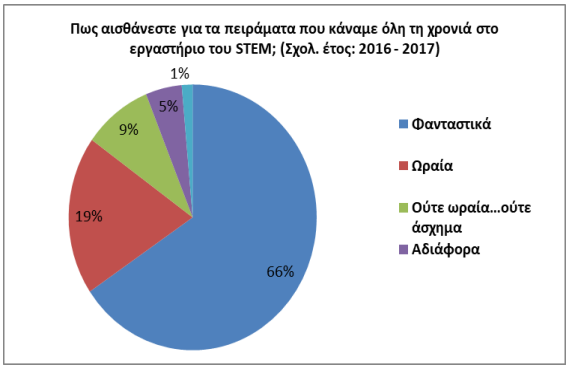


1. α

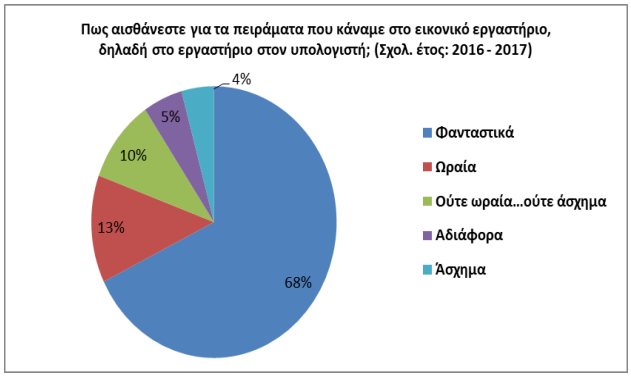


1. β

Εικόνες 3.α και 2.β: Απαντήσεις των μαθητών που συμμετείχαν και ολοκλήρωσαν το πρόγραμμα STEM τη σχολική χρονιά 2016 – 2017.



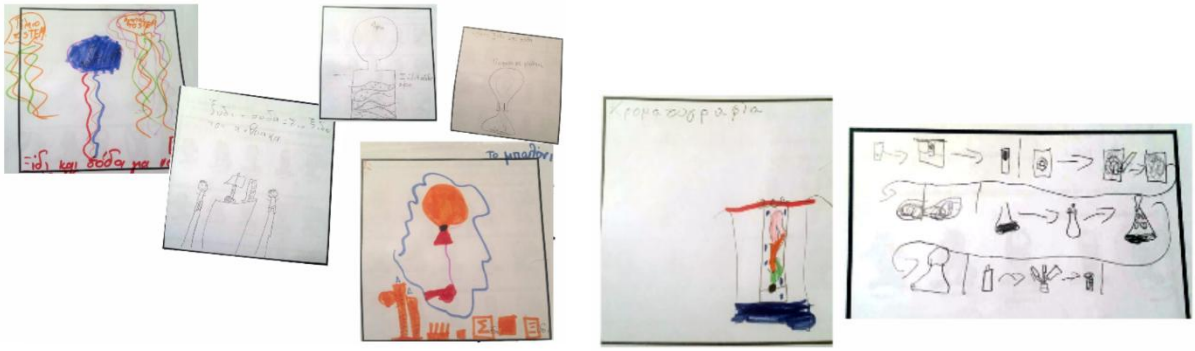
2. α



2. β

Είναι πολύ ενδιαφέρον το συμπέρασμα που προέκυψε από τις ζωγραφιές των μαθητών: η πλειοψηφία μπορούσε μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος να αποτυπώσει με μεγάλη σαφήνεια και ακρίβεια ολόκληρες τις πειραματικές διαδικασίες, όπως ακριβώς τις εφάρμοσαν μέσα στο εργαστήριο (Εικόνες 3.β και 3.β).

Εικόνες 4.α και 3.β: Οι μαθητές περιγράφουν στα σκίτσα την παρασκευή διοξειδίου του άνθρακα από την αντίδραση σόδας και ξυδιού και το διαχωρισμό έγχρωμων ουσιών με την τεχνική της χρωματογραφίας επί χάρτου.



4. Συμπεράσματα

Το πρόγραμμα STEM ενθαρρύνει τους μαθητές να εμπλακούν στην επιστημονική διερεύνηση ερωτημάτων ή και προβλημάτων που αφορούν στην καθημερινή τους ζωή.
Επιπλέον, η άσκηση των μικρών μαθητών σε απλές επιστημονικές διαδικασίες κεντρίζει το ενδιαφέρον των μαθητών για τις επιστήμες του STEM και τους προετοιμάζει για τη συμμετοχής τους σε μελλοντικές δραστηριότητες στα πλαίσια του σχολείου αλλά και εκτός σχολείου.

5. Βιβλιογραφία

Χαλκιά Κ. (2012). Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Εκδόσεις Πατάκη.

Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A. & Hughes, G. (2013). The Effects of a STEM Intervention on Elementary Students' Science Knowledge and Skills. *School Science and Mathematics*, 109, 313-324.

Goldston, D. (2005). Elementary science: Left behind? *Journal of Science Teacher Education*, *16*, 185–187.

Keeley, P. (2009). Elementary science education in the K-12 System. *NSTA, WebNews Digest*. http://www.nsta.org/publications/news/story.aspx?id=55954. [Τελευταία πρόσβαση 27 Οκτωβρίου 2016].

Pratt, H. (2007). Science education's "overlooked ingredient": Why the path to global competitiveness begins in elementary school. http://science.nsta.org/nstaexpress/nstaexpress_2007_10_29_pratt.htm. [Τελευταία πρόσβαση 27 Οκτωβρίου 2016].

U.S. Department of Education. (2015). Science, Technology, Engineering and Math: Education for Global Leadership. Διαθέσιμο στη σελίδα: http://www.ed.gov/stem. [Τελευταία πρόσβαση 27 Οκτωβρίου 2016].

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. Learning and Instruction, 4, 45-69.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ Α' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΗΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ "Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α."

Δημήτριος Σωτηρόπουλος
Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη
Προσαρμόσαμε για μαθητές της πρώτης γυμνασίου τη στρατηγική αναζήτησης Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α. και την εφαρμόσαμε στο πέμπτο φύλλο εργασίας του μαθήματος «Η Φυσική με πειράματα» της ίδιας τάξης. Σκοπός
της μεθοδολογίας που χρησιμοποιήθηκε, ήταν οι μαθητές να «αυτο-καθοδηγηθούν» στη συγκέντρωση πολύτροπης πληροφορίας μέσα από τη συνδυαστική χρήση διαφορετικών μορφών μηχανών αναζήτησης, ώστε τελικά να εκτελέσουν σε ομάδες πειράματα διερεύνησης χρησιμοποιώντας την επιστημονική / εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση. Από τα αποτελέσματα της έρευνας διαπιστώσαμε ότι σε μεγάλο βαθμό οι μαθητές είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν μόνοι τους συνεργαζόμενοι σε ομάδες πειράματα και να καταλήξουν σε ορθά συμπεράσματα, αντλώντας τις απαραίτητες πληροφορίες από το διαδίκτυο.

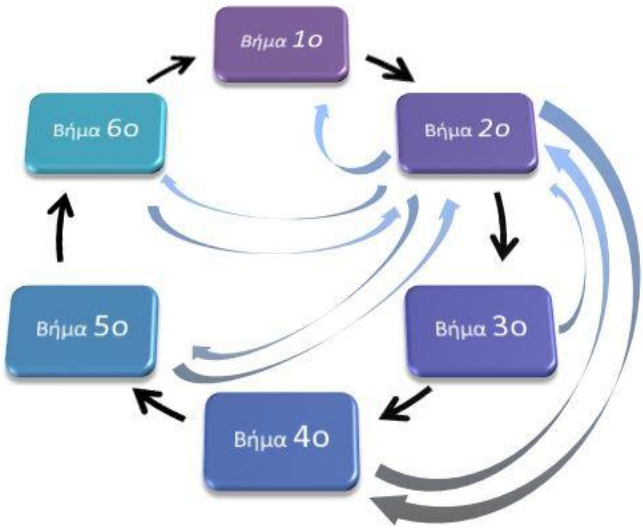
Abstract
In the frame of my doctoral thesis, a model methodology which uses EVRECA which is a strategy that uses different search engines, was developed, applied and evaluated. EVRECA aims at facilitating students in their search of educational information on the internet. We adapted the particular methodology for K-7 pupils and we applied it in a semi open-ended inquiry educational procedure concerning the subject of thermal equilibrium. The results of our research indicated that the proposed methodology can considerably help pupils so that they successfully complete, the experimental procedures on their own.

1. Εισαγωγή

Η πρωτότυπη στρατηγική αναζήτησης Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α. είναι το ακρωνύμιο που προέρχεται από τις λέξεις: Εκπαιδευτική. Βηματική. Ρυθμιζόμενη. Κυκλική. Αναζήτηση (Σχήμα 1). Η στρατηγική αυτή έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής του υπογράφοντα και ανήκει στις στρατηγικές της ευρύτερης θεματολογίας επίλυσης πληροφοριακού προβλήματος: IPS - Information Problem Solving. Κατά τους Amber Walraven, τον Saskia Brand-Gruwel, και τον Henny P.A. Boshuizen (Walraven et al. 2009) η επίλυση προβλημάτων πληροφορίας απαιτεί πολλές επιμέρους δραστηριότητες, οι οποίες αποτελούν από κοινού μια διαδικασία που αναφέρεται ως «επίλυση πληροφοριακού προβλήματος» (IPS). Η Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α αποτελεί μια βηματική και κυκλική διαδικασία αναζήτησης στο διαδίκτυο που υλοποιείται μέσα από τη συνδυαστική αξιοποίηση (σε κάθε βήμα) διαφορετικών μορφών μηχανών αναζήτησης. Μηχανών και μεταμηχανών αναζήτησης, μηχανών αναζήτησης βίντεο, μεταφραστικών μηχανών, και άλλων διαφορετικού περιεχομένου μηχανών αναζήτησης. Ενταγμένη η στρατηγική αυτή μέσα στην Εκπαιδευτική Επιστημονική μεθοδολογία με διερεύνηση (Καλκάνης et al. 2013, Καλκάνης 2007, Σάββας 1996), δίνει τη δυνατότητα οι εκπαιδευόμενοι να «αυτο-καθοδηγηθούν» στη συγκέντρωση πολύτροπης πληροφορίας ώστε τελικά να πραγματοποιήσουν πειράματα διερεύνησης ανοικτού τύπου και να μάθουν μέσα από τη συνολική διαδικασία της αναζήτησης και του πειραματισμού. Σε παλιότερη εργασία (Σωτηρόπουλος & Καλκάνης 2015) παρουσιαζόταν η διαδικασία ανάπτυξης της στρατηγικής, οι διαδικασίες ένταξής της μέσα σε μια ευρύτερη μαθησιακή μεθοδολογία (την ανοικτού τύπου

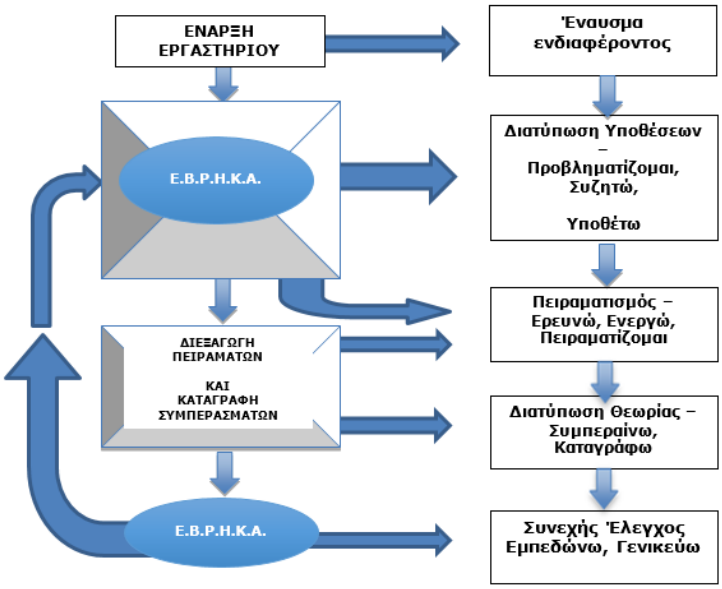
προσέγγιση στην εργαστηριακή πρακτική της διερεύνησης) και η αξιολόγησης της μέσα από διαδικασίες δοκιμής και έρευνας σε φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Σχήμα 1. Η γενική μορφή της στρατηγικής αναζήτησης στο διαδίκτυο - Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α.



Στη εφαρμογή μας στις ομάδες μαθητών της πρώτης γυμνασίου προσαρμόσαμε τη στρατηγική αναζήτησης κατάλληλα εντός της μεθοδολογίας (Σχήμα 2) με χρήση της δύο φορές, κατά την αναζήτηση θεωρίας, τη διατύπωση υποθέσεων και των συζητήσεων για το ζήτημα της θερμικής ισορροπίας και των σχετικών εννοιών της.

Σχήμα 2. Σχήμα συσχέτισης χρήσης Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α. και εργαστηρίου που χρησιμοποιεί την Εκπαιδευτική Επιστημονική μεθοδολογία με διερεύνηση για την πρώτη Γυμνασίου



2. Μεθοδολογία/ Ερευνητικά ερωτήματα

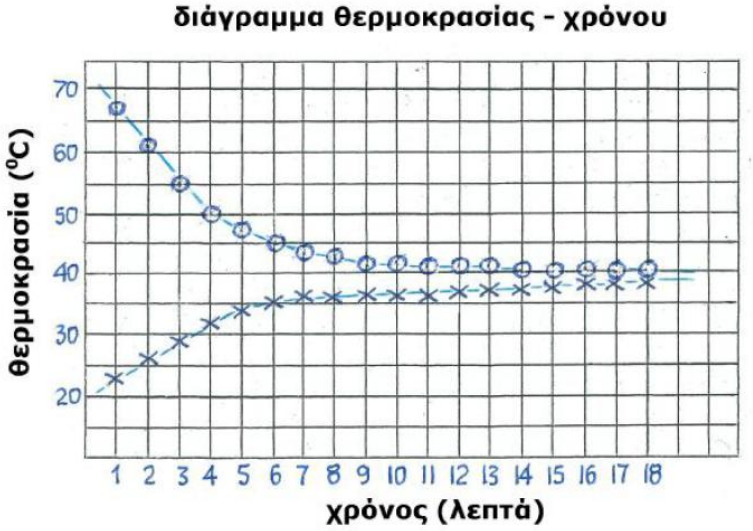
Η όλη εφαρμογή στόχευε στο να διερευνηθεί το εάν η συγκεκριμένη στρατηγική αναζήτησης στο διαδίκτυο μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές/τριες όπως βοήθησε και τους φοιτητές/τριες στο να εκτελέσουν από μόνοι τους πειράματα διερεύνησης ανοικτού τύπου (open-ended inquiry) καθώς έχει αποδειχθεί (Berg et al. 2002, Hofstein & Lunetta 2004, Pizzolato et al. 2014) ότι η επιτυχής -εκπαιδευτικά- εκτέλεση πειραμάτων τέτοιου τύπου μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην μάθηση των εννοιών και των φαινομένων που μελετώνται αλλά και στην ευρύτερη κατανόηση της Φυσικής παράλληλα με την καλλιέργεια διαφόρων χρήσιμων δεξιοτήτων και στον ευρύτερο τομέα της επίλυσης πληροφοριακού προβλήματος. Συνολικά το δείγμα μας στην κύρια έρευνα ήταν 45 μαθητές/τριες δύο τμημάτων της α΄ Γυμνασίου του σχολικού έτους 2016-17. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ψηφιακών ερωτηματολογίων πολλαπλής επιλογής πριν και μετά την μαθησιακή διαδικασία στην ενότητα για τη θερμική ισορροπία. Για την επιλογή ισοδυνάμων τμημάτων στηριχθήκαμε σε τρεις παράγοντες: στα τεστ και τη γενικότερη απόδοση που είχαν οι μαθητές/τριες στο μάθημα και που αφορούσαν σε ερωτήσεις βασικών γνώσεων (διατύπωσης υποθέσεων, ικανότητας περιγραφής πειραματικών διαδικασιών και καταγραφής συμπερασμάτων) προηγουμένων ενοτήτων και στα αποτελέσματα από το Ερωτηματολόγιο Ι που αφορούσε σε βασικές γνώσεις σχετικές με την εργαστηριακή πρακτική και σχετικές έννοιες με την ενότητα της Θερμικής Ισορροπίας. Επιπλέον σε κάθε διμελή ομάδα έγινε προσπάθεια να υπάρξουν μαθητές/τριες που έχουν ήδη συνεργαστεί σε ομάδες στα προηγούμενα μαθήματα. Οι μαθητές/τριες του τμήματος πειραματισμού εκπαιδεύτηκαν εκτενώς σε πρωθύστερο χρόνο στη χρήση της Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α., μέσα από αναζητήσεις σε διμελής ομάδες και θέματα από το γνωστικό αντικείμενο της Γεωγραφίας με στόχο τη κατανόηση των βημάτων της μεθοδολογίας και τη γνωριμία με τις συγκεκριμένες μηχανές αναζήτησης. Οι μαθητές με τη βοήθεια αυτών των μηχανών αρχικά βρίσκουν λέξεις/φράσεις κλειδιά στα ελληνικά και στα αγγλικά, πάνω στα οποία συνεχίζουν την αναζήτησή τους ώστε να οδηγούνται σε ιστοσελίδες που περιλαμβάνουν τις απαραίτητες πληροφορίες σε θεωρία και εκπαιδευτικά πειράματα ή και προσομοιώσεις με διαφορετικές μορφές παρουσίασης και τρόπους προσέγγισης επιλύοντας έτσι μια σειρά από προβλήματα πληροφορίας που χρειάζονται για να κατανοήσουν το φαινόμενο που μελετούσαν.

Στη εφαρμογή μας στους μαθητές/τριες της πρώτης γυμνασίου προσαρμόσαμε τη στρατηγική αναζήτησης κατάλληλα (χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένες μηχανές αναζήτησης και δόθηκαν περισσότερες οδηγίες) και περιορίσαμε την χρήση της Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α. σε σχέση με την εφαρμογή στους φοιτητές. Ο πρώτος κύκλος αναζήτησης Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α. για την αναζήτησης θεωρίας (για τις έννοιες θερμότητα, θερμοκρασία, θερμική ενέργεια, και θερμική ισορροπία) και πειραμάτων/δραστηριοτήτων (με θέμα τη θερμική ισορροπία) πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου ενώ ένας δεύτερος κύκλος Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α. πραγματοποιήθηκε στο σπίτι για το τελευταίο στάδιο της γενίκευσης και εμπέδωσης (Σχήμα 2) με περιεχόμενο την διερεύνηση της ύπαρξης θερμικής ισορροπίας και σε άλλες καταστάσεις όπως για παράδειγμα στην καθημερινή ζωή. Τα δεδομένα για τον δεύτερο κύκλο δεν τα έχουμε ακόμα επεξεργαστεί και θα τα εντάξουμε σε επόμενη εργασία μας, Στην εφαρμογή μας συνεργάστηκαν για μια εκπαιδευτική ώρα ώστε να βρουν πληροφορίες, εικόνες, βίντεο και διαγράμματα, πραγματοποιώντας αναζητήσεις στο διαδίκτυο με μόνο δεδομένο τις έννοιες: «θερμότητα, θερμοκρασία και θερμική ισορροπία» και με τη χρήση της Ε.Β.ΡΗ.Κ.Α. κάτι που άφηνε αρκετά ανοικτό το περιεχόμενο της διερεύνησης. Μέσα από τις αναζητήσεις τους οι μαθητές/τριες της ομάδας πειραματισμού διατύπωσαν και κατέγραψαν σε κενό φύλλο εργασίας, τις υποθέσεις τους σχετικά με το τι είναι θερμότητα, θερμοκρασία και πως επιτυγχάνεται η θερμική ισορροπία και παρακολούθησαν σχετικά εκπαιδευτικά πειράματα στην οθόνη του υπολογιστή για το φαινόμενο της θερμικής ισορροπίας. Η παρουσία του εκπαιδευτικού ήταν υποστηρικτική ως προς τη διαδικασία αναζήτησης, των βημάτων και των εργαλείων της και όχι επεξηγηματική ως προς το ίδιο το περιεχόμενο της αναζήτησης. Έτσι συμπλήρωσαν το φύλλο εργασίας με τα κυριότερα στοιχεία που αυτοί θεώρησαν ότι έπρεπε να σημειώσουν προκείμενου

να εκτελέσουν αργότερα εκπαιδευτικό (με μετρήσεις) πείραμα θερμικής ισορροπίας. Την αμέσως επόμενη ώρα οι μαθητές της ομάδας πειραματισμού μετακινήθηκαν στο εργαστήριο Φυσικής και άρχισαν να συμπληρώνουν το φύλλο εργασίας που τους δόθηκε, χρησιμοποιώντας το φύλλο εργασίας που συμπλήρωσαν προηγουμένως στο εργαστήριο πληροφορικής. Στο φύλλο εργασίας εκτός από το κενό διάγραμμα που υπάρχει στο βιβλίο μαθητή, το οποίο και έπρεπε να συμπληρωθεί, υπήρχαν και οι παρακάτω τρεις ερωτήσεις: ***1***. Με βάση τις σημειώσεις σας (στο εργαστήριο πληροφορικής) καταγράψτε αυτά που θα χρησιμοποιήσετε ως υλικά στο πείραμα, ***2***. Σχεδιάστε τους πίνακες που θα πρέπει να συμπληρώσετε για να δημιουργήσετε το γράφημα και συζητήστε τη διαδικασία του πειράματος, ***3***. Αφού πραγματοποιήσετε το σχετικό πείραμα καταγράψτε τα συμπεράσματα σας με βάση τις υποθέσεις σας και τις παρατηρήσεις σας κατά το πείραμα.

Στο εργαστήριο τους δόθηκαν σε πάγκο πολλά και διαφορετικά υλικά (συμπεριλαμβανομένων και των απαραίτητων υλικών και οργάνων) προκειμένου να διαλέξουν τα σωστά για τη πραγματοποίηση του πειράματος, ενώ βοηθήθηκαν μόνο με το ζέσταμα του νερού για λόγους ασφαλείας κατά την εκτέλεση του πειράματος της θερμικής ισορροπίας. Έτσι δημιούργησαν στο Φύλλο Εργασίας του Εργαστηρίου Φυσικής που τους είχε δοθεί, αντίστοιχα γραφήματα με το γνωστό γράφημα (Σχήμα 3) της θερμικής ισορροπίας και συζητώντας με τα μέλη της ομάδας τους κατέληξαν στα συμπεράσματά τους για τη θερμική ισορροπία και τους μηχανισμούς του μικρόκοσμου.

Σχήμα 3. Διάγραμμα θερμικής ισορροπίας από το βιβλίο του Εκπαιδευτικού (Καλκάνης et al. 2014).



Οι μαθητές/τριες της ομάδας ελέγχου μέσα σε αντίστοιχο χρόνο (δύο διδακτικές ώρες), στο εργαστήριο ασχολήθηκαν με αυτά που ζητούνται στο Φύλλο Εργασίας 5 του βιβλίου του μαθητή (Καλκάνης et al. 2013), αλλά με τον "παραδοσιακό" τρόπο καθοδηγούμενης διερεύνησης με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού, συζητώντας, εκτελώντας το σχετικό πείραμα και καταγράφοντας τα συμπεράσματά τους. Η διαδικασία κύλησε ομαλά και για την ομάδα ελέγχου και η πειραματική διαδικασία έλαβε χώρα στο ίδιο εργαστήριο Φυσικής με τα ίδια υλικά που χρησιμοποίησαν και οι μαθητές της ομάδας πειραματισμού. Στην συνέχεια της έρευνάς μας πραγματοποιήθηκε συγκριτική αξιολόγηση των δυο τμημάτων -ελέγχου και πειραματισμού- με βάση το ίδιο ερωτηματολόγιο γνώσεων (ΙΙ), πάνω στη θεματική της θερμικής ισορροπίας, το οποίο και συμπλήρωσαν όλοι οι μαθητές/τριες αμέσως μετά τη μαθησιακή διαδικασία. Το ερωτηματολόγιο είχε τις ίδιες ερωτήσεις με το ερωτηματολόγιο Ι με μόνη διαφοροποίηση τη σειρά των ερωτήσεων, που δεν ήταν η ίδια με του ερωτηματολογίου Ι. Τα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν ηλεκτρονικά και τα αποτελέσματα από τη συγκέντρωση και ανάλυση των ερωτηματολογίων και των φύλλων εργασίας παρουσιάζονται στην επόμενη ενότητα.

3. Αποτελέσματα

Από τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων και την απόδοσή τους στο μάθημα της Φυσικής, οι μαθητές/τριες των δύο τμημάτων φαίνεται να ήταν ισοδύναμοι ως προς τις πρότερες γνώσεις φυσικής και εργαστηριακής πρακτικής όπως μπορούμε να δούμε στον Πίνακα 1 και 2 με αναγωγή στα 20.

Πίνακας 1. Μέσοι όροι των δύο τμημάτων ως προς την προγενέστερη απόδοσή τους στη Φυσική.

Τμήμα Ελέγχου N =22		**Τμήμα Πειραματισμού N=23**	
Ωριαίο Διαγώνισμα	**Συνολικός Βαθμός**	**Ωριαίο Διαγώνισμα**	**Συνολικός Βαθμός**
16,84	17,20	16,96	17,65

Πίνακας 2. Μέσοι όροι δύο τμημάτων στο Ερωτηματολόγιο Ι

Τμήμα Ελέγχου N =22	**Τμήμα Πειραματισμού N =23**
10,8	10,7

Στο ερωτηματολόγιο ΙΙ που συμπλήρωσαν οι μαθητές/τριες μετά τη διαδικασία, διαπιστώθηκαν διαφοροποιήσεις στους μέσους όρους των σωστών απαντήσεων υπέρ της ομάδας πειραματισμού όπως παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 3.

Πίνακας 3. Μέσοι όροι των απαντήσεων των ομάδων ελέγχου και πειραματισμού στο Ερωτηματολόγιο ΙΙ.

Τμήμα Ελέγχου N =22	**Τμήμα Πειραματισμού N =23**
11,3	13,8

4. Συμπεράσματα

Τα δύο τμήματα παρουσιάζουν γενικά ισοδυναμία στις πρότερες γνώσεις φυσικής και εργαστηριακής πρακτικής όπως φάνηκε από τη γενικότερη απόδοσή τους στο τετράμηνο και τα αποτελέσματα του ερωτηματολογίου Ι κάτι που εξασφαλίζει αξιοπιστία στην ερευνά μας. Με τη βοήθεια των αποτελεσμάτων του Ερωτηματολογίου ΙΙ, μπορούμε να πούμε με σχετική βεβαιότητα ότι η παρέμβαση βοήθησε τους μαθητές του τμήματος πειραματισμού στο να απαντήσουν ορθότερα στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου ΙΙ έναντι των μαθητών της ομάδας ελέγχου. Ίσως επειδή όταν οι εκπαιδευόμενοι χρησιμοποιούν τις μεθόδους έρευνας φαίνεται να είναι πιο πρόθυμοι να αναλάβουν την ευθύνη για τη δική τους μάθηση (Ross & Venugopal 2007). Επιπρόσθετα όπως διαπιστώσαμε οι μαθητές αυτοί μπόρεσαν να πραγματοποιήσουν από μόνοι τους (σε ομάδες) το πείραμα της θερμικής ισορροπίας και να καταλήξουν σε ορθά συμπεράσματα και για το μικροσκοπικό μοντέλο που διέπει τη θερμική ισορροπία. Μάλιστα στο τμήμα πειραματισμού εμφανίζεται ένα ακόμα μεγαλύτερο ποσοστό ορθών απαντήσεων στις ερωτήσεις που αναφέρονται στον μικρόκοσμο. Επίσης φαίνεται να πραγματοποιείται και ο στόχος της επιτυχούς εφαρμογής της όλης διαδικασίας χωρίς πολλές παρεμβάσεις στο μαθητικό πλαίσιο ώστε να είναι εύκολα δυνατή η χρησιμοποίησή της και στο μέλλον με άμεσο και καθημερινό τρόπο. Κάποια μικρή δυσκολία σε αυτό ίσως να αποτελεί η χρήση δύο εργαστηρίων, αν και ο χρόνος είναι σε γενικές γραμμές ο ίδιος (δυο διδακτικές ώρες). Διαπιστώθηκε πάντως πως είναι αναγκαία η βοήθεια του εκπαιδευτικού -και στα δύο τμήματα της έρευνάς μας- στην κατασκευή διαγραμμάτων μιας και σε αυτή την τάξη οι μαθητές

διαθέτουν εξαιρετικά περιορισμένη εμπειρία στην κατασκευή διαγραμμάτων. Αν και όλοι οι μαθητές του τμήματος πειραματισμού γνώριζαν την τελική μορφή (είχαν δει σχετικά βίντεο και κάποιοι/ες μαθητές/τριες χρησιμοποίησαν λειτουργικές προσομοιώσεις) παρουσίαζαν μια κάποια δυσκολία στο να δημιουργήσουν το γράφημα αν και σε γενικές γραμμές ήταν μικρότερη από τους μαθητές του τμήματος ελέγχου. Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι σε γενικές γραμμές οι μαθητές δεν έχουν εμπειρία από ανοικτού τύπου εκπαιδευτικές προσεγγίσεις παρόλα αυτά τα κατάφεραν αρκετά καλά στη πορεία αναζήτησης και υλοποίηση του πειράματος καταλήγοντας στα σωστά συμπεράσματα. Η έρευνα θα συνεχιστεί με την λεπτομερή στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και θα διευρυνθεί μέσα από την εφαρμογή σε ένα τρίτο τμήμα μαθητών με διαφορετικά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Έτσι στο αμέσως επόμενο χρονικό διάστημα, θα αναδειχθούν επιμέρους λεπτομέρειες και στοιχεία που θα μας βοηθήσουν να κατανοήσουμε και να αναπροσαρμόσουμε ενδεχομένως κάποια στοιχεία της όλης παρέμβασης και να δούμε στοιχεία για τις γενικότερες δεξιότητες που καλλιεργούνται μέσα από μια τέτοια διαδικασία.

5. Βιβλιογραφία

Καλκάνης, Γ.Θ. et al. (2014). Η Φυσική με Πειράματα, Α΄ Γυμνασίου, Βιβλίο Εκπαιδευτικού. Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Καλκάνης, Γ.Θ. et al. (2013). Η Φυσική με Πειράματα, Α΄ Γυμνασίου, Βιβλίο Μαθητή. Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Σωτηρόπουλος, Δ.Ι & Καλκάνης. Γ.Θ. (2015). "Ε.Β.Ρ.Η.Κ.Α. Μια κυκλικής μορφής στρατηγική συνδυαστικής αξιοποίησης διαφορετικών μηχανών αναζήτησης στο «Ανοικτό-Διερευνητικό» Εκπαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών". Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη, 8-10 Μαΐου 2015, 455-462.

Καλκάνης, Γ. (2007). Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις Φυσικές Επιστήμες (Ι. οι Θεωρίες, ΙΙ. τα Φαινόμενα), ΕκΠαιδευτικό Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών, ΕκΠαιδευτικές Τεχνολογίες και οι Εφαρμογές τους (Ι. το Εργαστήριο, ΙΙ. οι Τεχνολογίες), Αθήνα, 2007.

Σάββας, Σ. (1996). Το ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο στη διδασκαλία της φυσικής με ιδιοκατασκευές και πειράματα με απλά μέσα - Πρόταση εφαρμογής για το δημοτικό σχολείο, Διδακτορική Διατριβή, Επιβλέπων: καθηγητής Γ.Θ. Καλκάνης, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Παιδαγωγικό Τμήμα Δ.Ε., Τομέας Φυσικών Επιστημών, Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος, Αθήνα.

Berg, C. A. R., Bergendahl, V. C. B., Lundberg, B. K. S. & Tibell, L. A. E. (2003). Benefiting from an open- ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. International Journal of Science Education, 25(3), 351-372.

Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. Science Education, 88(1), 28–54.

Pizzolato N., Fazio C., Sperandeo Mineo R.M., and Adorno D.P. (2014).Open-inquiry driven overcoming of epistemological difficulties in engineering undergraduates: A case study in the context of thermal science, Physical review special topics - Physics education research 10, 100-107.

Ross, R. & Venugopal, P. (2007). Inquiry-based activities in a second semester physics laboratory: results of a two-year assessment. Proceedings of the American Society for Engineering Education, 2007.

Walraven, A. & Brand-Gruwel, S. & Boshuizen H.P.A. (2009). How students evaluate information and sources when searching the World Wide Web for information. Computers & Education, 52(1), 234-246.

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟ, ΕΙΚΟΝΟΚΟ ΠΕΙΡΑΜΑ Ή ΣΥΝΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥΣ; ΜΙΑ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ Ε΄ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ

Δήμητρα Παντάζου[1], Μιχαήλ Καλογιαννάκης[2]

[1]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[2]ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη
Η παρούσα μελέτη διερευνά την επίδραση χρήσης του βιωματικού πειράματος, του προσομοιωμένου με τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού Phet Colorado και του συνδυασμού τους στην εννοιολογική κατανόηση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος από μαθητές της Ε΄ δημοτικού και την επέκταση της κεκτημένης γνώσης στην καθημερινή ζωή. Το δείγμα απετέλεσαν 106 μαθητές χωρισμένοι σε τρεις ομάδες. Με φύλλα αξιολόγησης συλλέχτηκαν δεδομένα τα οποία ταξινομήθηκαν με βάση την ιεραρχική κλίμακα SOLO και υλοποιήθηκε στατιστική επεξεργασία. Όπως διαπιστώθηκε, η χρήση του συνδυαστικού πειραματικού μέσου οδηγεί σε βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και σε καλύτερη ικανότητα επέκτασης της κεκτημένης γνώσης στην καθημερινότητα.

Abstract
The present study investigates the impact of hands-on laboratory activities, computer simulations using the Phet Colorado educational software and their combination on the conceptual understanding of 5th graders regarding the electrical circuit and the use of the acquired knowledge in everyday situations. In the experimental design 106 students were divided into three teams. Through assessment sheets data was collected which was classified according to the Solo Taxonomy and statistical process was realized. It was ascertained that the use of the combined experimental method leads to deeper conceptual understanding and better skills of extending the acquired knowledge in everyday life.

1. Εισαγωγή

Έρευνες υποστηρίζουν την αποδοτικότητα του βιωματικού πειράματος στη διδασκαλία των ΦΕ, μιας και οι μαθητές αποκτούν κινητικές και διανοητικές ικανότητες, κατασκευάζουν μόνοι τους τις γνώσεις τους, αναπτύσσουν ερευνητικού τύπου δεξιότητες και ικανότητες επίλυσης προβλήματος (Zacharia & Michael 2016). Κάποιες άλλες αμφισβητούν την παραπάνω θέση και υποστηρίζουν τη χρήση προσομοιώσεων διαπιστώνοντας ότι η δυνατότητα οπτικοποίησης των φυσικών φαινομένων, η άμεση ανατροφοδότηση για τα σφάλματα των μετρήσεων η δυνατότητα άμεσης αναδιάταξης της πειραματικής κατασκευής και η εύκολη και γρήγορη διερεύνηση νέων πειραματικών διατάξεων οδηγεί στην κατανόηση και την άσκηση στην επιστημονική μεθοδολογία (Jaakkola & Nurmi 2008, Κώτσης & Ευαγγέλου 2010).
Σχετικά πρόσφατες μελέτες ερευνούν τα αποτελέσματα της χρήσης συνδυασμού πραγματικού και βιωματικού πειράματος και διαπιστώνουν ισχυρότερη εννοιολογική κατανόηση (Jong, Linn & Zacharia 2013), ακόμα και χωρίς ρητή καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό (Jaakkola, Nurmi & Veermans 2011) και στατιστικά σημαντικότερο πέρασμα από τις αρχικές ιδέες των μαθητών στις επιστημονικά αποδεκτές απόψεις (Jaakkola & Nurmi 2008).
Γενικότερα, οι επιστημονικές έννοιες είναι σημαντικό να παρουσιάζονται με όσο το δυνατόν πιο απλά μέσα, πραγματοποιώντας σύνδεση των φαινομένων με την καθημερινότητα των

μαθητών έτσι ώστε να ενισχυθεί το ενδιαφέρον των παιδιών. Όπως έχει επισημανθεί από την προσχολική ηλικία ο εκπαιδευτικός, στηριζόμενος στη μεγάλη σημασία των εναλλακτικών ιδεών των παιδιών για τον ηλεκτρισμό είναι απαραίτητο με τη διδακτική παρέμβαση να αναδείξει αυτές τις εναλλακτικές ιδέες (Solomonidou & Kakana 2000).
Έρευνες σε πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση επισημαίνουν ότι η εισαγωγή κατάλληλου εκπαιδευτικού λογισμικού για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού επιφέρει θετικά αποτελέσματα και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου επιζητείται η οπτικοποίηση ενός φαινομένου του οποίου δεν μπορούμε να έχουμε την άμεση εποπτεία (Loureiro & Depover 2005).
Μετά από σχετική βιβλιογραφική επισκόπηση διαπιστώθηκε ότι δεν έχουν διεξαχθεί έρευνες με μαθητές δημοτικού στην ενότητα του ηλεκτρισμού για την αξιολόγηση της επίδρασης της χρήσης των τριών διαφορετικών πειραματικών εργαλείων - βιωματικού, προσομοιωμένου πειράματος και του συνδυασμού τους στην εννοιολογική κατανόηση και στην ικανότητα επέκτασης της αποκτηθείσας γνώσης στην καθημερινή ζωή. Με βάση τα παραπάνω προέκυψε η ανάγκη διεξαγωγής της παρούσας έρευνας. Τα ερευνητικά ερωτήματα διαμορφώθηκαν ως εξής:
(1) Πώς σχετίζεται η χρήση του βιωματικού πειράματος, του προσομοιωμένου και του συνδυασμού τους με το βαθμό εννοιολογικής κατανόησης του «απλού ηλεκτρικού κυκλώματος» στους μαθητές της Ε΄ Δημοτικού;
(2) Πώς σχετίζεται η χρήση των τριών παραπάνω πειραματικών εργαλείων με την ικανότητα επέκτασης της κεκτημένης γνώσης στην εξήγηση καθημερινών καταστάσεων για τον ηλεκτρισμό;

2. Μεθοδολογία

Αξιοποιήθηκε η πειραματική μέθοδος και το δείγμα έρευνας αποτέλεσαν 6 τμήματα (106 συνολικά μαθητές της Ε΄ τάξης) τριών σχολείων Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στην Αθήνα. Τα τμήματα χωρίστηκαν με τυχαίο τρόπο σε Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ) -36 μαθητές, που πραγματοποίησε το βιωματικό πείραμα, σε Α΄ Πειραματική Ομάδα (ΑΡΟ) -35 μαθητές, που πραγματοποίησε το προσομοιωμένο πείραμα και σε Β΄ Πειραματική Ομάδα (ΒΡΟ) -35 μαθητές, η οποία επεξεργάστηκε το συνδυασμό βιωματικού και προσομοιωμένου πειράματος.
Η έρευνα υλοποιήθηκε το σχολικό έτος 2015-16 σε τρία στάδια. Στο 1ο πραγματοποιήθηκε μελέτη των αρχικών γνώσεων των παιδιών με τη συμπλήρωση ενός κατάλληλα διαμορφωμένου ερωτηματολογίου 7 ερωτήσεων (Pre-test). Στο 2^{ο} στάδιο πραγματοποιήθηκε διδακτική παρέμβαση τριών ωρών βάσει του ερευνητικά εξελισσόμενου διδακτικού μοντέλου και συμπλήρωση ανάλογων φύλλων εργασίας. Οι μαθητές ανάλογα με την ομάδα τους ενεπλάκησαν σε συνολικά 9 βιωματικά (ΟΕ), 9 εικονικά (ΑΡΟ) με το λογισμικό Phet Colorado ή 9 συνδυαστικού μέσου (ΒΡΟ) πειράματα. Θα πρέπει να επισημανθεί ότι αυτό το στοιχείο, δηλαδή το πειραματικό μέσο, αποτέλεσε το μοναδικό της διδακτικής παρέμβασης στο οποίο διαφοροποιήθηκαν (ανεξάρτητη μεταβλητή) οι τρεις πειραματικές ομάδες της έρευνας. Ολοκληρώνοντας, στο 3^{ο} στάδιο συμπληρώθηκε εκ νέου το ερωτηματολόγιο (Post-test).
Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με την αποδελτίωση των ερωτηματολογίων μέσω της ιεραρχικής κλίμακας κατάταξης γνώσεων SOLO. Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στα φύλλα αξιολόγησης όπως αυτή προέκυψε με την ταξινομία SOLO πραγματοποιήθηκε με τη σχετική στατιστική ανάλυση. Κάθε απάντηση των μαθητών και των τριών ομάδων - Ομάδα ελέγχου, Α΄ Πειραματική Ομάδα και Β΄ Πειραματική Ομάδα - σε μία από τις επτά ερωτήσεις των ερωτηματολογίων pre-test και post-test προσδιορίζει το επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών στο ερώτημα που κάθε φορά ερευνάται και παίρνει μια τιμή από 1-5 που αντιστοιχεί στα πέντε επίπεδα εννοιολογικής κατανόησης της SOLO:

- Προδομικό,
- Μονοδομικό,
- Πολυδομικό,

- Συσχετιστικό,
- Εκτεταμένης Θεώρησης

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι για κάθε ερώτηση και τον τριών ομάδων έγινε αρχικά στα pre-test και post-test στατιστικός έλεγχος κατανόησης μέσω σύγκρισης των μέσων όρων των δειγμάτων. Για να ελεγχθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην κατανόηση των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση έγινε έλεγχος κανονικότητας της κατανομής (Analyze → Descriptive Statistics → Explore) και αφού διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει κανονική κατανομή των αποτελεσμάτων των δειγμάτων, άρα δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια t-test του παραμετρικού ελέγχου, ακολουθείται μη παραμετρικός έλεγχος, όπου δεν εξετάζεται η ισότητα των μέσων όρων αλλά η ομοιογένεια.
Ακολούθησε ανά δύο σύγκριση των post-test των ομάδων, ΟΕ-ΑΡΟ, ΟΕ-ΒΡΟ και ΑΡΟ-ΒΡΟ με μη παραμετρική ανάλυση μέσω της διαδικασίας Independent Samples και του δείκτη Kruskal-Wallis που συγκρίνει ανεξάρτητα μεταξύ τους δείγματα, μιας και κανένα μέλος από τις τρεις ερευνητικές ομάδες δεν συμμετείχε και σε άλλη ομάδα. Αν το significance level ήταν μεγαλύτερο από 0,05 τότε δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση, ότι, δηλαδή δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής πάνω στην εξαρτημένη. Αν το significance level ήταν μικρότερο από 0,05, τότε απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση και υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής πάνω στην εξαρτημένη.

3. Αποτελέσματα

Στο πλαίσιο αυτού του κειμένου αναφερόμαστε στα αποτελέσματα για τις 2 από τις 7 ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, που αφορούν το μονοπολικό μοντέλο. Σύμφωνα με το συγκεκριμένο μοντέλο, οι μαθητές θεωρούν ότι για τη σύνδεση πηγής και λαμπτήρα είναι αρκετό ένα μόνο καλώδιο. Αναγνωρίζουν δηλαδή μόνο έναν πόλο στην πηγή και θεωρούν ότι το ρεύμα πηγαίνει από την πηγή στο λαμπτήρα, όπου και καταναλώνεται. Μάλιστα πολλοί μαθητές διατηρούν το συγκεκριμένο μοντέλο ακόμα και αν διαπιστώσουν ότι για τη φωτοβολία του λαμπτήρα χρειάζονται δύο καλώδια, προβάλλοντας τη δικαιολογία ότι το δεύτερο καλώδιο δε διαδραματίζει κάποιον ενεργό ρόλο, αλλά «χρησιμοποιείται για ασφάλεια» .
Αναλυτικότερα, η 1η ερώτηση (βλ. Παράρτημα) διερευνούσε την αποδόμηση του μονοπολικού μοντέλου. Και οι τρεις ομάδες ξεκινούσαν από το ίδιο επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης, αλλά μετά τη σχετική διδακτική παρέμβαση την καλύτερη επίδοση εμφανίζει η ομάδα ΒΡΟ. Μάλιστα στο σχήμα 4 φαίνεται ότι η ΟΕ υπερέχει σημαντικά έναντι των ομάδων ΑΡΟ και ΒΡΟ στο 3ο (πολυδομικό) επίπεδο, ενώ η ομάδα ΒΡΟ υπερέχει σημαντικά στο 4ο (συσχετιστικό) επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης.

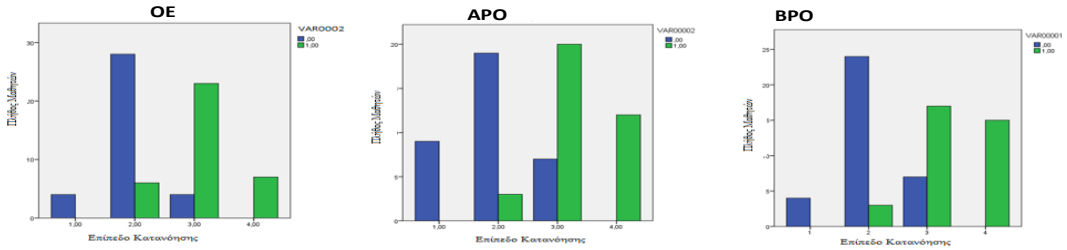
Σχήμα 1. Σύγκριση μέσων τιμών Q1PreTestOE (μπλε) και Q1PostTestOE (πράσινο)

Σχήμα 2. Σύγκριση μέσων τιμών Q1PreTestAPO (μπλε) και Q1PostTestAPO (πράσινο)

Σχήμα 3. Σύγκριση μέσων τιμών Q1PreTestBPO (μπλε) και Q1PostTestBPO (πράσινο)

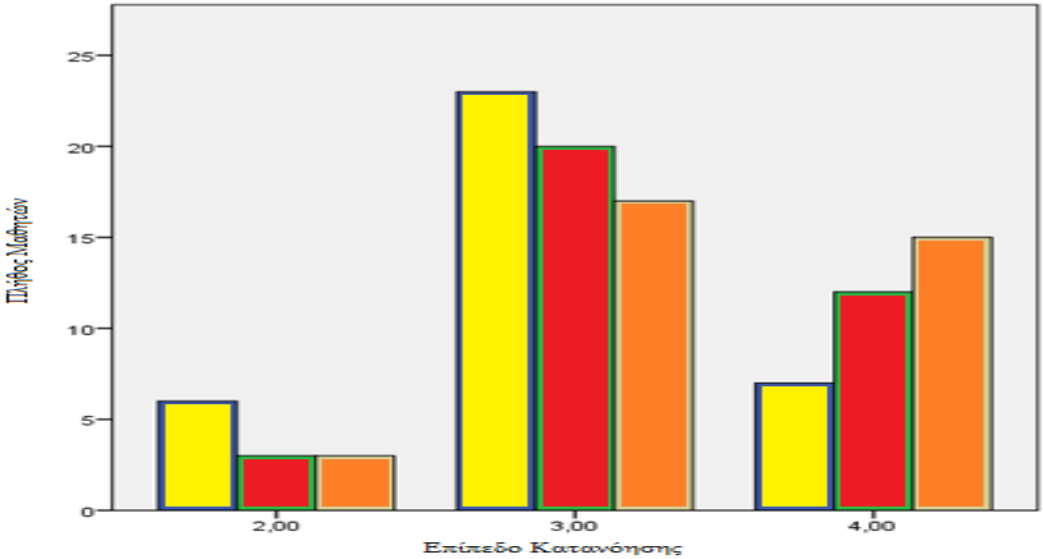
Σχήμα 1 **Σχήμα 2** **Σχήμα 3**

1η Ερώτηση



	Pre test	Post test
OE	2,00	3,04
APO	1,92	3,26
BPO	2,09	3,34

Σχήμα 4. Σύγκριση μέσων τιμών Q1PostTestOE (κίτρινο) - Q1PostTestAPO (κόκκινο) - Q1PostTestBPO (πορτοκαλί)



Στην επέκταση του διπολικού μοντέλου σε καθημερινές καταστάσεις αναφερόταν η 6η ερώτηση του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα). Μετά τη διδακτική παρέμβαση η ΟΕ διαφοροποίησε ελάχιστα τις επιδόσεις της σε σχέση με το Pre-test. Στατιστικά υψηλότερες επιδόσεις παρουσίασε η ομάδα ΒΡΟ με αισθητά καλύτερες επιδόσεις από τις ομάδες ΟΕ και ΑΡΟ.

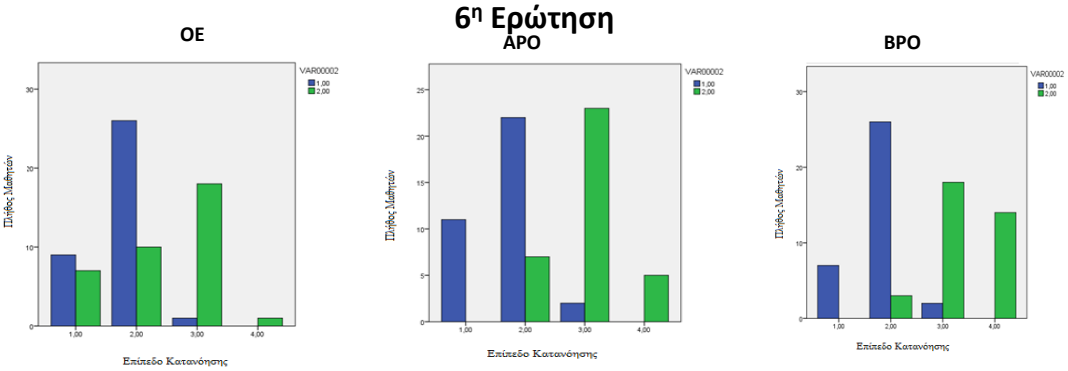
Σχήμα 5. Σύγκριση μέσων τιμών Q6PreTestOE (μπλε) και Q6PostTestOE (πράσινο)

Σχήμα 6. Σύγκριση μέσων τιμών Q6PreTestAPO (μπλε) και Q6PostTestAPO (πράσινο)

Σχήμα 7. Σύγκριση μέσων τιμών Q6PreTestBPO (μπλε) και Q6PostTestBPO (πράσινο)

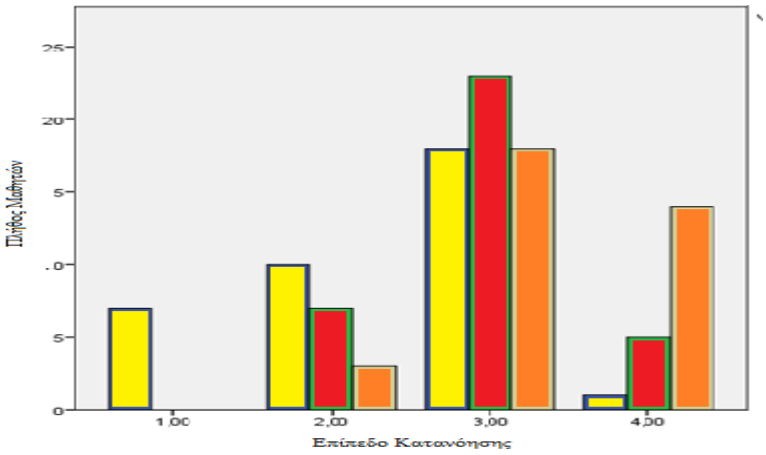
Σχήμα 5 **Σχήμα 6** **Σχήμα 7**

6η Ερώτηση



	Pre test	Post test
OE	1,77	2,31
APO	1,74	2,94
BPO	1,86	3,31

Σχήμα 8. Σύγκριση μέσων τιμών Q6PostTestOE (κίτρινο) - Q6PostTestAPO (κόκκινο) - Q6PostTestBPO (πορτοκαλί)



4. Συμπεράσματα –Συζήτηση

Στην πρώτη ερώτηση που ελέγχει αν τα παιδιά κατανοούν το σωστό διπολικό μοντέλο του κλειστού ηλεκτρικού κυκλώματος διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις των ομάδων ΟΕ-ΑΡΟ, ούτε στις ομάδες ΑΡΟ-ΒΡΟ. Πάραυτα διαπιστώνεται η στατιστικά σημαντική διαφορά στις επιδόσεις ΟΕ-ΒΡΟ. Το αποτέλεσμα αυτό ενώ φαίνεται αρχικά αντιφατικό, μπορεί να εξηγηθεί λογικά συσχετίζοντας τα χαρακτηριστικά της ερώτησης με τις μέσες τιμές επίδοσης που πέτυχε κάθε ομάδα χωριστά. Η ερώτηση απαιτεί συνδυασμό ανάπτυξης κινητικών δεξιοτήτων και εννοιολογικής κατανόησης για την αναγνώριση των δύο επαφών ενός λαμπτήρα, των δύο πόλων μιας μπαταρίας και του σωστού τρόπου σύνδεσής τους για να φωτοβολήσει ο λαμπτήρας. Έτσι, οι ομάδες ΟΕ και ΑΡΟ

ξεκινώντας από ανάλογο στάδιο κατανόησης (αρχικές ιδέες), αξιοποιώντας κάθε μια τις μοναδικές και διαφορετικές δυνατότητες του βιωματικού και του προσομοιωμένου πειράματος πετυχαίνουν ισοδύναμα αποτελέσματα. Επίσης, οι ομάδες ΑΡΟ και ΒΡΟ δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις τους.

Η διδακτική παρέμβαση και στις δύο ομάδες περιλαμβάνει προσομοιωμένο πείραμα που επηρεάζει θετικά την εννοιολογική κατανόηση μαθητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα, μιας και προσφέρει στο μαθητή άμεση ανατροφοδότηση σχετικά με τα σφάλματά του και δυνατότητα άμεσης αναδιάταξης της πειραματικής κατασκευής, δυνατότητα εκτέλεσης ευρέως φάσματος πειραμάτων σε δεδομένο χρόνο, άρα περισσότερες πειραματικές εμπειρίες και πάντα παρατηρήσιμα αποτελέσματα χωρίς να έχει σημασία πόσο πολύπλοκο είναι το κύκλωμα (Zacharia & Michael 2016). Οι ομάδες με στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις είναι η ΟΕ και η ΒΡΟ, με τη δεύτερη να πετυχαίνει αρκετά υψηλότερες επιδόσεις. Παρόλο που δεν υποτιμώνται οι μοναδικές δυνατότητες των βιωματικών πειραμάτων, που είναι οι απτές αισθητηριακές πληροφορίες, η απόκτηση ψυχοκινητικών δεξιοτήτων, η παρουσία των σφαλμάτων μέτρησης, στοιχεία που αποτελούν τη βάση της συνειδητής μνήμης και μάθησης (Zacharia & Michael 2016), φαίνονται για τις ανάγκες της πρώτης ερώτησης ανεπαρκείς. Η ομάδα ΒΡΟ που εκμεταλλεύεται τις δυνατότητες και των δύο πειραματικών μέσων υπερτερεί σημαντικά.

Η 6η ερώτηση παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί ελέγχει κατά πόσο οι μαθητές αυτά που διδάσκονται και κατανοούν με τη διδασκαλία μπορούν να τα εφαρμόσουν, για να εξηγήσουν θέματα που σχετίζονται με τον ηλεκτρισμό στην καθημερινή ζωή. Οι ομάδες ΟΕ, ΑΡΟ και ΒΡΟ ξεκινούν στα pre-test από αντίστοιχο επίπεδο εννοιολογικής κατανόησης, το μονοδομικό (δεύτερο) επίπεδο κατανόησης. Οι περισσότεροι, όμως, μαθητές της ΟΕ μετά την παρέμβαση με βιωματικό πείραμα παραμένουν στο μονοδομικό επίπεδο κατανόησης, πετυχαίνοντας ελάχιστα καλύτερες επιδόσεις από τις αρχικές τους. Οι μαθητές της ΑΡΟ κατακτούν το πολυδομικό (τρίτο) επίπεδο κατανόησης, ενώ οι μαθητές της ΒΡΟ πετυχαίνουν τις καλύτερες επιδόσεις, ξεπερνώντας αρκετά το πολυδομικό επίπεδο.

Είναι ενδιαφέρον, να παρατηρηθούν και να συσχετιστούν τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης ερώτησης μ' εκείνα της 1ης, που ελέγχει την κατανόηση της συνδεσμολογίας σ' ένα κλειστό κύκλωμα και την απόκτηση της επιστημονικά σωστής άποψης. Ενώ οι μαθητές του βιωματικού πειράματος στην πρώτη ερώτηση μετά την παρέμβαση κατακτούν το πολυδομικό (τρίτο) επίπεδο κατανόησης, οι ίδιοι μαθητές στην έκτη ερώτηση παραμένουν στο μονοδομικό (δεύτερο) επίπεδο. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι οι μαθητές με το βιωματικό πείραμα μέσα από τις απτές αισθητηριακές εμπειρίες αποκτούν ψυχοκινητικές δεξιότητες χειρισμού των στοιχείων ενός κυκλώματος, αλλά αυτές δεν συνοδεύονται από βαθιά εννοιολογική κατανόηση, απαραίτητη για την επέκταση των γνώσεων σε καθημερινές καταστάσεις. Ουσιαστικά, οι ομάδες ΑΡΟ και ΒΡΟ παρουσιάσουν ανάλογα αποτελέσματα και στην πρώτη και στην έκτη ερώτηση, που σημαίνει ότι οι μαθητές αφού κατανοούν τον τρόπο σύνδεσης ενός κυκλώματος μπορούν να επεκτείνουν και να εφαρμόσουν τη γνώση και στην πραγματική ζωή.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε ότι, όταν στόχος της διδασκαλίας είναι η ανάπτυξη κινητικών κυρίως και διανοητικών δεξιοτήτων, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της αποδόμησης του μονοπολικού μοντέλου και τα τρία πειραματικά εργαλεία έχουν συναφή μαθησιακά αποτελέσματα. Έτσι λοιπόν οι μοναδικές δυνατότητες των βιωματικών πειραμάτων, οι απτές αισθητηριακές εμπειρίες, η απόκτηση ψυχοκινητικών δεξιοτήτων και η παρουσία των σφαλμάτων μέτρησης είναι βασικές προϋποθέσεις για την εκμάθηση της επιστήμης, αφού παρέχουν την απαραίτητη αισθητηριακή ανατροφοδότηση για την οικοδόμηση της γνώσης (Zacharia & Michael 2016). Η ανάπτυξη μάλιστα ψυχοκινητικών δεξιοτήτων θεωρείται ζωτικής σημασίας για την αλληλεπίδραση με το φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Οι μαθητές του βιωματικού πειράματος «αρπάζουν και σηκώνουν με τα χέρια τους τα υλικά», ενώ του προσομοιωμένου «πιάνουν το ποντίκι ή ακουμπούν την οθόνη». Επίσης τα σφάλματα μέτρησης των βιωματικών πειραμάτων είναι πολύ σημαντικά, γιατί πρέπει οι μαθητές να τα βιώσουν για να προσπαθήσουν να τα αποκαταστήσουν. Έτσι αποκτούν δεξιότητες που είναι μέρος του

κόσμου που ζουν και επιβεβαιώνουν ότι τα φαινόμενα στην πραγματική ζωή δεν είναι τέλεια (Triona & Klahr 2003).

Από την άλλη πλευρά τα προσομοιωμένα πειράματα έχουν σχεδιαστεί για να ξεπερνούν τους εγγενείς περιορισμούς των βιωματικών. Επιτρέπουν την απεικόνιση εννοιολογικά αφηρημένων αντικειμένων, όπως την κίνηση των ηλεκτρονίων, δίνουν άμεση ανατροφοδότηση σχετικά με κάποιο σφάλμα σε ένα πείραμα και δυνατότητα άμεσης αναδιάταξής του από το μαθητή, προσφέρουν δυνατότητα εκτέλεσης ευρέως φάσματος πειραμάτων σε δεδομένο χρόνο άρα περισσότερες πειραματικές εμπειρίες και πάντα παρατηρήσιμα αποτελέσματα χωρίς να έχει σημασία πόσο πολύπλοκο είναι το κύκλωμα.

Ο συνδυασμός όμως των δύο πειραματικών εργαλείων είναι ο επωφελέστερος, αφού διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές που εκπαιδεύονται με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουν υψηλότερες επιδόσεις και στο βαθμό εννοιολογικής κατανόησης και επέκτασης της γνώσης στην καθημερινή ζωή.

5. Βιβλιογραφία

Κώτσης, Κ. & Ευαγγέλου, Φ. (2010). Μαθησιακά αποτελέσματα μετά από την εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Πέμπτης και Έκτης Δημοτικού σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 3*(3), 141-158.

Παντάζου, Δ. & Καλογιαννάκης, Μ. (2017). Πραγματικό, εικονικό πείραμα, ή συνδυασμός τους; Μια μελέτη περίπτωσης στη διδασκαλία του ηλεκτρικού κυκλώματος στην Ε΄ Δημοτικού. Στο Κ. Παπανικολάου, Α. Γόγουλου, Δ. Ζυμπίδης, Α. Λαδιάς, Ι. Τζωρτζάκης, Θ. Μπράτιτσης, Χ. Παναγιωτακόπουλος (Επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»* (σσ. 713-724). ΕΤΠΕ - Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής & Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, Αθήνα 21-23 Απριλίου 2017.

Jaakkola, T., Nurmi, S. & Veermans, K. (2011). A Comparison of Students' Conceptual Understanding of Electric Circuits in Simulation Only and Simulation Laboratory Contexts. *Journal of Research in Science Teaching, 48*(1), 71-93.

Jaakkola, T. & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning, 24*(1), 271-283.

Jong, T., Linn, M. & Zacharia, Z. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education, *Science, 340*(6130), 305-308.

Loureiro, M. & Depover, C. (2005). Impact of WLABEL exploitation on electricity learning: analysis of the students' conceptual evolution. *Interactive Educational Multimedia, 11*, 190-203.

Solomonidou, C. & Kakana, D.-M. (2000). Preschool Children's Conceptions About the Electric Current and the Functioning of Electric Appliances. *European Early Childhood Education Research Journal, 8*(1), 95-107.

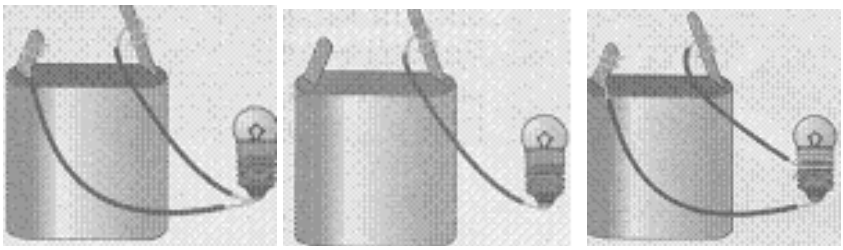
Triona, M. & Klahr, D. (2003). Point and click or grab and heft: Comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction, 21*(2), 149-173.

Zacharia, Z. & Michael, M. (2016). Using Physical and Virtual Manipulatives to Improve Primary School Students' Understanding of Concepts of Electric Circuits. In M. Riopel & Z. Smyrnaiou (Eds.*), New Developments in Science and Technology Education* (pp. 125-140). Switzerland-New York: Springer.

6. Παράρτημα

1η Ερώτηση: Παρατήρησε τις παρακάτω εικόνες και απάντησε ξεχωριστά για κάθε εικόνα εάν ανάβει ή δεν ανάβει το λαμπάκι.

Σημείωσε "Χ" στο τετράγωνο της απάντησης που θεωρείς σωστή:



(Φυσικά Δημοτικού «Ερευνώ και Ανακαλύπτω», σελ.102)

Ανάβει [__] Ανάβει [__] Ανάβει [__]
Δεν ανάβει [__] Δεν ανάβει [__] Δεν ανάβει [__]

Εξηγώ:_____
_____

6η Ερώτηση: Αν παρατηρήσεις ένα φωτιστικό γραφείου θα διαπιστώσεις ότι υπάρχει μόνο ένα καλώδιο που συνδέει τη λάμπα του φωτιστικού με την πρίζα. Μπορείς να εξηγήσεις πως είναι δυνατή η σύνδεση μόνο του ενός καλωδίου της λάμπας του φωτιστικού με την πρίζα, έτσι ώστε η λάμπα να ανάβει;

_____
_____

* Για περισσότερες ερωτήσεις και συμπληρωματικά στοιχεία για το ερωτηματολόγιο παρέχονται στην εργασία μας (Παντάζου & Καλογιαννάκης 2017)

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ΑΝΕΞΑΡΤΗΤΟΥ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΚΟΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ανάργυρος Δρόλαπας, Ουρανία Γκικοπούλου, Γεώργιος Θ. Καλκάνης

ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Η διδασκαλία μη παρατηρήσιμων φυσικών φαινομένων και οι δυσκολίες που παρουσιάζονται για την επίτευξη των μαθησιακών στόχων είναι ένας τομέας υπό συνεχή διερεύνηση. Ένας κοινά αποδεκτός ερευνητικά τρόπος διδασκαλίας τέτοιων φαινομένων είναι η χρήση νέων εκπαιδευτικών τεχνολογιών, που δύναται να παρουσιάζουν τα σχετικά φυσικά φαινόμενα και να εντάσσονται σε διδακτικές παρεμβάσεις συνεισφέροντας θετικά στη διαδικασία της μάθησης. Με γνώμονα τις σύγχρονες τεχνολογίες λογισμικού ανεξαρτήτου πλατφόρμας παρουσιάζεται μια πρόταση λογισμικού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο στην Πρωτοβάθμια όσο και στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Abstract

A major research domain in science education is focused on the study of the effects of various types of teaching interventions aimed to help students get familiar with non-observable scientific concepts. A commonly accepted way of teaching such phenomena is the use of IT and educational software that can present various natural phenomena in a way that would integrate into teaching interventions contributing positively to the learning process. Using the latest cross-platform internet technologies we created an educational software that can be used both in primary and in secondary education.

1. Εισαγωγή

Ένας μόνιμος προβληματισμός στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι το πώς μια διδακτική προσέγγιση, που επιχειρεί να δώσει μια επιστημονική εξήγηση ενός μακροσκοπικού φυσικού φαινομένου, θα γίνει πιο αποδοτική. Είναι σύνηθες φαινόμενο το να δυσκολεύονται οι μαθητές να κατανοήσουν τις επιστημονικές εξηγήσεις για τα φυσικά φαινόμενα, όπως για παράδειγμα το βρασμό ή την εξάτμιση καθώς συγχέουν τον υδρατμό με τον αέρα, πιστεύουν ότι η ύλη είναι συνεχής κτλ. (Driver et al. 1985, Nakhlem & Samarapungavan 1999, Stavy & Stachel 1985, Wiser & Smith, 2012a, Wiser & Smith, 2012b). Η αιτία αυτής της δυσκολίας είναι ότι οι μαθητές έχουν διαμορφώσει ερμηνείες για την ύλη που διαφέρουν από τις επιστημονικές. Με την εξέλιξη των νέων τεχνολογιών, που συντελείται τα τελευταία χρόνια, θα περίμενε κανείς να επέλθει μια ανατροπή και να λυθούν οι προαναφερθείσες δυσκολίες. Δεδομένου ότι η εξοικείωση των μαθητών και των εκπαιδευτικών με το διαδίκτυο, τους Η/Υ και τις «έξυπνες» φορητές συσκευές (όπως κινητά, tablet) είναι μεγάλη, τους δίνεται η δυνατότητα να κάνουν αναζητήσεις σε τεράστιες βάσεις δεδομένων (πληροφοριών), να αναζητήσουν δεδομένα με πολλούς τρόπους, να χρησιμοποιούν εκπαιδευτικά λογισμικά στοχευμένα σε διεργασίες, αντικείμενα και φαινόμενα των θετικών επιστημών, μέσα από στατικές και κινούμενες εικόνες, προσομοιώσεις και εφαρμογές που τα τελευταία χρόνια γίνονται όλο και περισσότερο δυναμικές και αλληλεπιδραστικές. Εργαλεία που μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμο βοηθό ενός εκπαιδευτικού αν τα εντάξει στη διδασκαλία του και αν καταφέρει να προσπεράσει δύο βασικές δυσκολίες:

- Προβλήματα συμβατότητας (θέμα που αντιμετωπίζουμε συνήθως με παλιότερα λογισμικά, που συνήθως κανείς δεν ανέλαβε ποτέ να αναβαθμίσει στις παρούσες τεχνολογίες, ειδικά όταν αυτές δεν είναι συμβατές με παλιότερες, π.χ. Adobe Flash κλπ.)
- Προβλήματα εννοιολογικά/επιστημονικά. Λογισμικά δηλαδή που περιλαμβάνουν επιστημονικά σφάλματα ή που επιλέγουν μοντέλα αναπαράστασης που αποτυγχάνουν στο να γίνουν αντιληπτά από τους χρήστες του προγράμματος.

Η παρούσα εργασία στοχεύει στο να αντιμετωπίσει και τους δύο αυτούς ανασταλτικούς παράγοντες. Αφορά τη δημιουργία ενός λογισμικού αναπαράστασης φυσικών φαινομένων (μικροσκοπικά) αξιοποιώντας τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών ως προς τη μοντελοποίηση των αντικειμένων, μέσα από τη χρήση της τεχνολογίας HTML5 καθώς και μια διδακτική πρόταση αξιοποίησης αυτού του λογισμικού.

Στο πλαίσιο παλιότερης ποσοτικής έρευνας που είχε στόχο τη σύγκριση προτεινόμενων ατομικών προτύπων με βάση το ποσοστό αποδοχής τους από φοιτητές/μελλοντικούς εκπαιδευτικούς (Δρόλαπας & Καλκάνης, 2011) αναδείχθηκε ένα συγκεκριμένο μοντέλο αναπαράστασης του ατόμου, που επιλέχθηκε από τους συμμετέχοντες για να χρησιμοποιηθεί για την ερμηνεία πλήθους φυσικών φαινομένων. Οι συμμετέχοντες εφαρμόζοντας το συγκεκριμένο μοντέλο κατάφεραν να ερμηνεύσουν και να περιγράψουν με επιτυχία φαινόμενα όπως η διαστολή, η θερμική κίνηση ατόμων και μορίων (σε στερεά, υγρά, αέρια), η μικροσκοπική δομή των ηλεκτρικών αγωγών κλπ. Βάσει των αποτελεσμάτων αυτών και έχοντας καταλήξει στο ατομικό πρότυπο, υλοποιήθηκε το εκπαιδευτικό λογισμικό με τη σκέψη ότι στο μέλλον η διδασκαλία θα γίνεται όλο και περισσότερο με τη χρήση έξυπνων, φορητών συσκευών, εξού και σχεδιάστηκε σε HTML5.

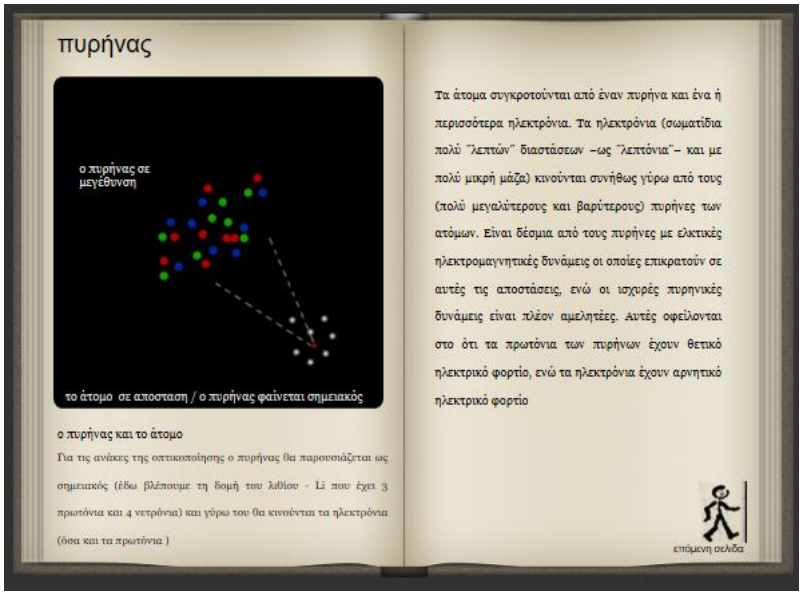
Το λογισμικό ξεκίνησε αρχικά να κατασκευάζεται με τη χρήση τεχνολογιών όπως Adobe Flash και Actionscript 3.0, που στην πορεία και κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης του κρίθηκαν ως ξεπερασμένες. Αυτή η τεχνολογική «ανατροπή» αποφασίστηκε από πλήθος ισχυρών εταιριών λογισμικού όπως η Microsoft, η Google, η Apple κλπ, που έκριναν ότι έπρεπε να σταματήσουν την υποστήριξη του Adobe Flash και να περάσουν σε ένα κοινά αποδεκτό πρότυπο, το οποίο σχεδιάστηκε ώστε να δουλεύει σε κάθε πλατφόρμα / λειτουργικό σύστημα (MS Windows, IOS, Android κλπ) χωρίς να χρειάζεται κάποια επιπλέον εγκατάσταση λογισμικού, αξιοποιώντας έναν απλό φυλλομετρητή (browser), που συνήθως είναι εγκατεστημένος σε κάθε Η/Υ και φορητή συσκευή πλέον. Το νέο αυτό πρότυπο ονομάστηκε HTML 5 και σε συνεργασία με παλιότερες τεχνολογίες CSS, Javascript, Canvas κλπ. υπήρξε το κοινά αποδεκτό πρότυπο για εφαρμογές του διαδικτύου. Με γνώμονα, λοιπόν, τη συμβατότητα του εκπαιδευτικού λογισμικού, που προτείνεται στην παρούσα εργασία, καθώς και τη σκέψη ότι στο μέλλον η διδασκαλία θα γίνεται όλο και περισσότερο με τη χρήση έξυπνων και φορητών συσκευών, επανασχεδιάστηκαν τα πάντα και ξεκίνησε από το μηδέν η υλοποίηση του εκπαιδευτικού λογισμικού, με βάση την HTML5.

Σε ό,τι αφορά το θέμα της εννοιολογικής/επιστημονικής επάρκειας του λογισμικού, επιλέξαμε να το εισαγάγουμε στη διδασκαλία μαθητών πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης επιχειρώντας να εφαρμόσουμε μια διδακτική παρέμβαση, με αξιοποίηση του εκπαιδευτικού προτύπου του μικροκόσμου, που είχε σκοπό να προωθήσει τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής για την ύλη, να βοηθήσει δηλαδή τους μαθητές να μεταβούν από τις βασιζόμενες στις αισθήσεις αντιλήψεις τους για την ύλη στις πιο αφηρημένες έννοιες της επιστημονικής σωματιδιακής θεωρίας για την ύλη. Στην προσπάθεια αυτή αξιοποιήσαμε την εμπειρία και τεχνογνωσία από προηγούμενες έρευνες που είχαν ανάλογη στοχοθεσία και που είχαν χρησιμοποιήσει αντίστοιχα λογισμικά (Γκικοπούλου κ.ά. 2016, Γκικοπούλου & Καλκάνης 2013, Dimopoulos & Kalkanis 2005) προκειμένου να έχουμε όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα στις διδακτικές παρεμβάσεις μας.

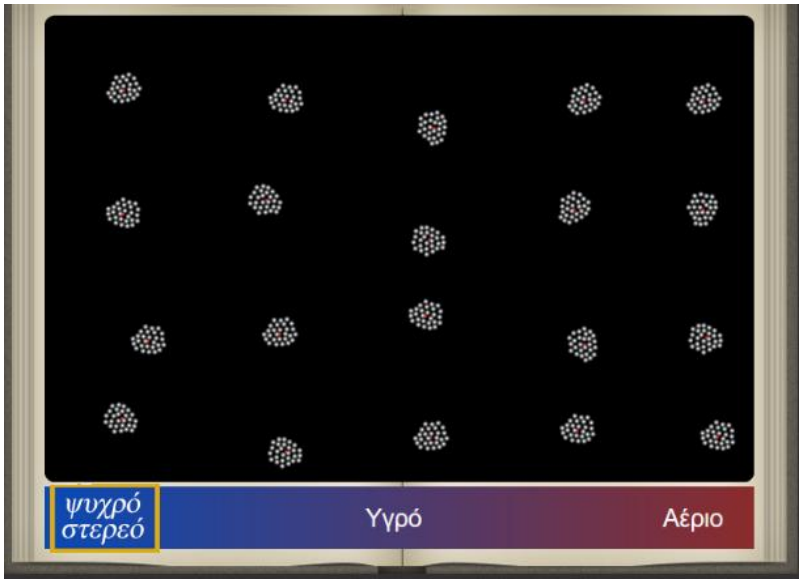
Το λογισμικό που προτείνουμε παρουσιάζει πλήθος φαινομένων του μικροκόσμου, όπως τη δομή του ατομικού πυρήνα (τα quark), το μόριο του νερού, τα φαινόμενα της συστολής, διαστολής, τις θερμικές κινήσεις, τη δομή ενός στερεού, υγρού και αερίου σώματος. Επίσης

φαινόμενα όπως η διάδοση του ήχου, σε στερεά, υγρά, αέρια, την ηλεκτρική αγωγιμότητα κλπ. Ακολουθούν δύο ενδεικτικές εικόνες από το περιβάλλον εργασίας του προτεινόμενου λογισμικού.

Εικόνα 1: Εικόνα από το λογισμικό σχετικά με τη δομή ενός πυρήνα και την αναπαράσταση του στο άτομο



Εικόνα 2: Εικόνα από το λογισμικό σχετικά με τη δομή ενός (ψυχρού) στερεού σώματος (δίνεται η δυνατότητα να αλλάξει η προσομοίωση με αλλαγή της θερμοκρασίας του σώματος)



2. Μεθοδολογία

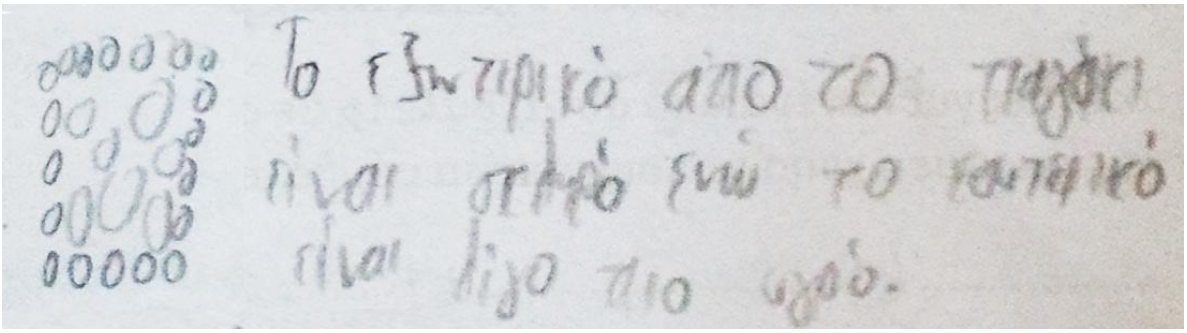
Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή σαράντα (40) μαθητών της ΣΤ' τάξης Δημοτικού και ογδόντα (80) μαθητών Β' Γυμνασίου. Για τη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν από το λογισμικό οι ενότητες που αφορούσαν τη δομή του ατόμου, τις θερμικές κινήσεις της ύλης, τη διαστολή στερεού σώματος καθώς και τις αλλαγές των καταστάσεων της ύλης. Αξίζει να σημειωθεί ότι στο πλαίσιο της παρέμβασης, σε όλες τις ομάδες, έγινε παρουσίαση για την έννοια του στιγμιότυπου, το ρόλο του στην απεικόνιση ενός φυσικού φαινομένου και το πώς

μπορεί να αποτελέσει εργαλείο απεικόνισης της κίνησης ενός σώματος (Δρόλαπας & Γκικοπούλου 2015).

Αρχικά πραγματοποιήθηκε προέλεγχος σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών με τη βοήθεια ερωτηματολογίου που περιελάμβανε ερωτήσεις σχετικά με την ύλη και τη δομή της (άτομα, στερεά, υγρά, αέρια). Στη συνέχεια οι μαθητές κάθε τάξης χωρίστηκαν σε δύο ισάριθμες ομάδες: ελέγχου και πειραματισμού. Σε κάθε μια από αυτές τις ομάδες έγινε μια παρουσίαση σχετικά με τις παραπάνω ενότητες. Το περιεχόμενο των παρουσιάσεων των δύο ομάδων διέφερε ως προς τη χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού. Στην ομάδα πειραματισμού χρησιμοποιήθηκαν τα σχολικά βιβλία (με όσες εικόνες και πληροφορίες διαθέτουν) και το προτεινόμενο λογισμικό, ενώ στην ομάδα έλεγχου χρησιμοποιήθηκαν εικόνες από τα σχολικά βιβλία και το λογισμικό «Φυσική β' - γ' Γυμνασίου» του Π.Ι.. Στη συνέχεια οι μαθητές συμπλήρωναν φύλλο εργασίας στο οποίο έπρεπε να απαντήσουν σε ερωτήματα ανοιχτού και κλειστού τύπου σχετικά με τα υπό μελέτη φαινόμενα. Μετά την ολοκλήρωση όλων των ενοτήτων πραγματοποιήθηκε στους μαθητές ένας μετα-έλεγχος που περιελάμβανε τις ίδιες ερωτήσεις που είχαν απαντήσει στον προέλεγχο. Ενδεικτικά καλούνταν να επιλέξουν αν είναι σωστές ή λάθος οι ακόλουθες προτάσεις: Τα άτομα κινούνται πάντα; Τα άτομα κινούνται μόνο όταν υπάρχει υψηλή θερμοκρασία και όχι όταν βρίσκονται σε χαμηλή θερμοκρασία; Τα άτομα είναι πάντα ακίνητα; Η αύξηση της θερμοκρασία κάνει τα σώματα να διαστέλλονται; Ο ήχος μεταφέρεται στα υγρά; Επίσης τους ζητήθηκε να κατατάξουν κατά σειρά μεγέθους το άτομο του υδρογόνου, το μόριο του νερού και ένα ανθρώπινο κύτταρο.

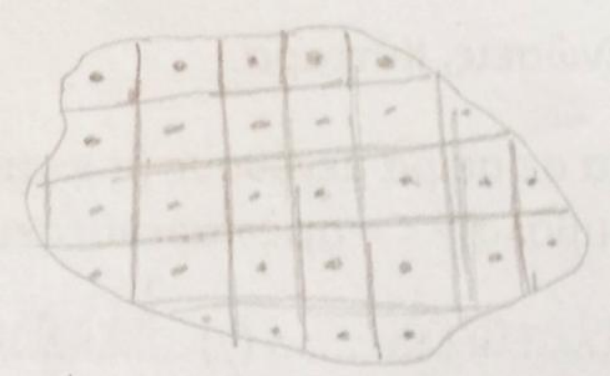
Στα φύλλα εργασίας και συγκεκριμένα στις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου ζητήθηκε αρχικά (πριν την επίδειξη των σχετικών λογισμικών) από τους μαθητές να σχεδιάσουν στιγμιότυπα από κάποια ενδεικτικά υπό μελέτη φαινόμενα προκειμένου να ελεγχθεί η αντίληψη των μαθητών ως προς τις κινήσεις της ύλης σε ατομικό επίπεδο, καθώς και της επίδρασης της θερμοκρασίας στη δομή της ύλης. Για παράδειγμα τους ζητήθηκε να προσπαθήσουν να σχεδιάσουν το εσωτερικό ενός στερεού, ενός υγρού και ενός αερίου. Και το ίδιο τους ζητήθηκε και μετά τη διδασκαλία με χρήση των πιο πάνω λογισμικών.

Εικόνα 3: Σχέδιο μαθητή Β' Γυμνασίου για το εσωτερικό του πάγου (περιγραφή: Το εξωτερικό από το παγάκι είναι σκληρό ενώ το εσωτερικό είναι λίγο πιο υγρό).



Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περίπου οι μισοί μαθητές Β' Γυμνασίου στο προ-τεστ που συμπλήρωσαν δήλωσαν ότι η ύλη κινείται πάντα (ενώ οι υπόλοιποι δήλωσαν ότι κινούνται μονό σε υψηλή θερμοκρασία) αλλά περίπου εννιά στους δέκα εμφάνισαν μεγάλες δυσκολίες στο να ταξινομήσουν τα άτομα, μόρια, χημικές ενώσεις, κύτταρα ως προς το μέγεθος τους. Επίσης εννιά στους δέκα είχαν δυσκολίες στο να σχεδιάσουν την ύλη σε μικροσκοπικό επίπεδο ή εμφάνιζαν παρανοήσεις που φαινόταν να συνδέονται με έννοιες και θεματικές της βιολογίας, όπως τα σχέδια στις εικόνες 3 και 4.

Εικόνα 4: Σχέδιο μαθήτριας Β' Γυμνασίου για το εσωτερικό του πάγου.



3. Αποτελέσματα

Μετά το πέρας της έρευνας και την επεξεργασία των φύλλων εργασίας, λαμβάνοντας υπόψη την ανάλυση των δεδομένων από τα ερωτηματολόγια και τα φύλλα εργασίας που συμπλήρωσαν οι μαθητές των πειραματικών τμημάτων και των τμημάτων ελέγχου, τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση, και με τη χρήση του μη παραμετρικού τεστ ανεξαρτήτων ομάδων Mann–Whitney που χρησιμοποιήσαμε, προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ του πειραματικού τμήματος τόσο στην Στ' Δημοτικού, αλλά και περισσότερο στη Β' Γυμνασίου. Συγκεκριμένα η βελτίωση της επίδοσης των μαθητών που παρατηρήσαμε στα πειραματικά τμήματα ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σχέση με τα τμήματα ελέγχου, καθώς στη Β' γυμνασίου μετά την παρέμβαση περίπου οκτώ στους δέκα μαθητές του πειραματικού τμήματος έδωσαν σωστές απαντήσεις, ενώ στο τμήμα ελέγχου αντιστοιχούσαν έξι στους δέκα. Στη Στ' δημοτικού επτά στους δέκα μαθητές του πειραματικού τμήματος έδωσαν σωστές απαντήσεις, ενώ στο τμήμα ελέγχου ήταν περίπου οι μισοί με τις αντίστοιχες επιδόσεις. Πριν την παρέμβαση, όπως αναφερθήκαμε και πιο πριν τα ποσοστά των μαθητών που έδωσαν σωστές απαντήσεις σε όλα τα τμήματα κυμάνθηκαν σε επίπεδα της τάξης των 10-20% .

Αυτό σημαίνει ότι σε κάθε τάξη τα δύο τμήματα (πειραματισμού και ελέγχου) είχαν ισοδύναμες επιδόσεις πριν την παρέμβαση, αλλά μετά την παρέμβαση το πειραματικό τμήμα βελτίωσε την επίδοσή του σε μεγαλύτερο βαθμό σε σχέση με το τμήμα ελέγχου προσεγγίζοντας περισσότερο τις επιστημονικές απόψεις και αυτή η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική. Και για τα δύο τμήματα, ειδικά της Β' Γυμνασίου, η βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών ήταν σημαντική, αλλά και συγκρινόμενα μεταξύ τους, ειδικά σε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου και σε ερωτήσεις σχεδίασης στιγμιότυπων, έδειξαν στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των έργων και της διδακτικής παρέμβασης υπέρ του μεταελέγχου κυρίως για την πειραματική ομάδα και λιγότερο για την ομάδα ελέγχου.

Πέρα από την εκπαιδευτική έρευνα, παράλληλα γινόταν καταγραφή της ανταπόκρισης των χρηστών / μαθητών στο περιβάλλον εργασίας, πλοήγησης και αλληλεπίδρασης. Δεν καταγράφηκαν προβλήματα συμβατότητας. Ο πεπαλαιωμένος εξοπλισμός των σχολείων δε μας επέτρεψε να αξιοποιήσουμε πλήρως την ταχύτητα του λογισμικού, αλλά δεδομένου ότι οι υπολογιστές γίνονται όλο και ταχύτεροι, μας επιτρέπει να είμαστε αισιόδοξοι για το μέλλον.

4. Συμπεράσματα

Όπως προκύπτει από τη μελέτη των αποτελεσμάτων η παραπάνω προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση ερμηνείας φυσικών φαινομένων σε μικροσκοπικό επίπεδο είχε πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Η χρήση του λογισμικού αποτέλεσε έναυσμα για την πιο ενεργή δραστηριοποίηση των μαθητών, την ενεργή συμμετοχή μαθητών που συμμετέχουν ελάχιστα σε

παραδοσιακές μεθόδους διδασκαλίας (όπως παρατηρήθηκε ποιοτικά από τους ερευνητές) και τα αποτελέσματα της έρευνας ενισχύουν την αρχική υπόθεση ότι η χρήση ενός τέτοιου λογισμικού μπορεί να είναι αναπόσπαστο κομμάτι μιας διδασκαλίας αναλόγων φαινομένων. Η έρευνα πρόκειται να συνεχιστεί σε μεγαλύτερο δείγμα, και με τη χρήση ευρύτερης θεματολογίας για περισσότερα φυσικά φαινόμενα.

5. Βιβλιογραφία

Γκικοπούλου Ρ., Καλκάνης Γ.Θ., Βοσνιάδου Σ. (2016, Απρίλιος). «Σχεδιάζοντας περιβάλλοντα μάθησης με αξιοποίηση του εκπαιδευτικού προτύπου του μικροκόσμου για τη διδασκαλία της έννοιας της ύλης στο δημοτικό σχολείο», Συμπόσιο «Το Πρόβλημα της Εννοιολογικής Αλλαγής: Γνωστικοί Μηχανισμοί και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες» (Οργανωτές: Ειρήνη Σκοπελίτη & Νατάσσα Κυριακοπούλου, Συζητητής: Νίκος Μακρής), *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Γνωστικής Ψυχολογίας «60 χρόνια Γνωστική Ψυχολογία»,* Κλάδος Γνωστικής Ψυχολογίας της Ελληνικής Ψυχολογικής Εταιρείας (ΕΛ.Ψ.Ε.) και Τμήμα Ψυχολογίας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ), http://www.gnostiki2016.gr

Γκικοπούλου Ρ. & Βοσνιάδου Στ. (2013). Διδάσκοντας για την 'ύλη' στο δημοτικό σχολείο – Μια πρόταση για εννοιολογική αλλαγή. *Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σελ. 284-291) Επιμέλεια Έκδοσης: Βαβουγυιός Διονύσης & Παρασκευόπουλος Στέφανος, ISBN 978-618-80580-1-9, http://8sefepet.uth.gr

Δρόλαπας Α. & Γκικοπούλου Ρ. (2015). Διδασκαλία μη παρατηρήσιμων φυσικών φαινομένων μέσα από την τέχνη. *Πρακτικά διεθνούς συνεδρίου Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ) και Ανωτάτης Σχολής Καλών Τεχνών (ΑΣΚΤ) με τίτλο «Τέχνη & Εκπαίδευση: Διδακτικές και Παιδαγωγικές προσεγγίσεις στο Σχολείο του 21ου αιώνα»/*

Dimopoulos V. & Kalkanis G. (2005), "Simulating quantum states of the atom of hydrogen - A simulation program for non-physics major's students", *European Conference on Research in Science Education (ESERA)*, August 28 - September 1, Barcelona, Spain

Driver, R. et al. (1985). *Children's Ideas in Science*. Open University Press.

Drolapas A. & Kalkanis G. (2011), "An inquiry process of electing an educational model of the atom that would be valid for simulations of physical phenomena" / "Αναζήτηση ενός εκπαιδευτικού μοντέλου του ατόμου για την προσομοίωση / οπτικοποίηση φυσικών φαινομένων", *7ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΚοΔιΦΕΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Αλεξανδρούπολη, 15-17 Απριλίου 2011 (english and greek version)

Nakhleh, M. & Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, p. 777-805.

Stavy, R. & Stachel, D. (1985). Children's ideas about "solid" and "liquid". *European Journal of Education*, 7, p. 407-421.

Wiser M. & Smith C. (2012a). Learning and Teaching about Matter in Elementary Grades: What Conceptual Changes Are Needed?. *International Handbook of Research on Conceptual Change*, 2nd edition, ed. by Stella Vosniadou

Wiser M. & Smith C. (2012b). Learning and Teaching about Matter in the Middle School Years: How Can the Atomic-Molecular Theory be Meaningfully Introduced? *International Handbook on Conceptual Change*, 2nd edition, ed. by Stella Vosniadou

Ο ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΚΑΙ Η ΧΡΟΝΟΜΗΧΑΝΗ: ΕΝΑ ΨΗΦΙΑΚΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ I-PAD

Χριστίνα Θεοδωροπούλου[1], Ιωάννης Ψαρομήλιγκος[2], Συμεών Ρετάλης[3]

[1]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[2]Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Πειραιά
[3] Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων, Πανεπιστήμιο Πειραιά

Περίληψη
Τα Παιχνίδια Εναλλακτικής Πραγματικότητας (A.R.G.) ανήκουν στην κατηγορία των ψηφιακών παιχνιδιών και συνδέουν δημιουργικά τον πραγματικό κόσμο με τον διαδικτυακό. Η παρούσα εργασία αφορά στην παρουσίαση ενός A.R.G. παιχνιδιού που σχεδιάστηκε για μαθητές της Δ΄ τάξης του Δημοτικού, ως μέσο διαμορφωτικής αξιολόγησης του βαθμού κατάκτησης δεξιοτήτων ζωής και των διδακτικών στόχων. Το διδακτικό αυτό ψηφιακό σενάριο καλεί τους μαθητές να ελέγξουν τον βαθμό στον οποίο κατέκτησαν τους διδακτικούς στόχους της Δ΄ τάξης και να εξασκηθούν σε δεξιότητες ζωής, ενώ αξιοποιούνται φορητές συσκευές i-pad.

Abstract
Alternate Reality Games (A.R.G.) fall into the category of digital games and are known for creatively combining real world with the digital one. The current study presents an Alternate Reality Game, designed for 4th Grade students, as a form of formative evaluation of the level that students developed Life Skills and acquired Learning Objectives and Competences. This playful digital educational scenario helps students acknowledge the level, in which they acquired the Learning Objectives and Competences of 4th Grade and exercise Life Skills, while using i pad.

1. Εισαγωγή

Τα Παιχνίδια Εναλλακτικής Πραγματικότητας (A.R.G.) ανήκουν στην κατηγορία των ψηφιακών παιχνιδιών και συνδέουν δημιουργικά τον πραγματικό κόσμο με τον διαδικτυακό, αξιοποιώντας κάθε είδους συσκευή (κινητό, τάμπλετ, υπολογιστή) (Szulborski, 2005). Το πρώτο A.R.G. υπήρξε το «The Beast», το οποίο δημιουργήθηκε το 2001 ως μέσο προώθησης της ταινίας A.I. (Artificial Intelligence) (McGonigal, 2007). Έκτοτε είναι ιδιαίτερα δημοφιλή όχι μόνο για την πρωτότυπη φύση τους, αλλά και για την παιδαγωγική τους αξία. Τα A.R.G. εμπλέκουν τους παίκτες σε μία σειρά διαδραστικών, συνεργατικών προκλήσεων και γρίφων, οι οποίες συνεισφέρουν στο σταδιακό ξεδίπλωμα της ιστορίας. Η ιδιαίτερη αυτή φύση τους ενδείκνυται ως μέθοδος διερευνητικής μάθησης, ενώ παράλληλα οι μαθητές ασκούνται στην ανάπτυξη Δεξιοτήτων Ζωής, όπως η επίλυση προβλημάτων, η διαχείριση διαπροσωπικών σχέσεων και η κριτική σκέψη. Παρέχεται, λοιπόν, η δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να ελέγξει όχι μόνο το επίπεδο κατάκτησης των γνωστικών στόχων, αλλά και τον βαθμό απόκτησης δεξιοτήτων, οι οποίες τοποθετούνται στα υψηλότερα στάδια της αναθεωρημένης πυραμίδας του

Bloom (Krathwohl, 2002), και συσχετίζονται με τις επιταγές της Εκπαίδευσης Βιώσιμης Ανάπτυξης (Education of Sustainable Development) (Sigrid Blömeke, 2013).

Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει τη δημιουργία ενός A.R.G., το οποίο συνδέει το Ελληνικό Αναλυτικό Πρόγραμμα με τις δεξιότητες που πρέπει να έχει ο μαθητής, σύμφωνα με το διεθνές πρόγραμμα σπουδών I.B. (International Baccalaureate) στο επίπεδο του P.Y.P (Primary Years Programme). Επιπλέον, αξιοποιείται η διαθεματική προσέγγιση συνδέοντας το μάθημα της Γλώσσας, των Μαθηματικών, της Ιστορίας και της Αστρονομίας.

2. Μεθοδολογία

Σχεδίαση παιχνιδιού και πλαίσιο χρήσης του

«Ο Αρχιμήδης και η χρονομηχανή» αποτελεί ένα Ψηφιακό Διδακτικό Σενάριο Παιχνιδιού A.R.G., το οποίο σχεδιάστηκε στα πλαίσια εκπόνησης διπλωματικής εργασίας. Στόχος της έρευνας είναι η ανάπτυξη και η εφαρμογή ενός A.R.G., που έχει ως στόχο την αξιολόγηση των γνώσεων και των δεξιοτήτων. Το παιχνίδι σχεδιάστηκε για μαθητές Δ΄ τάξης του Δημοτικού, ωστόσο στην πορεία συμμετείχαν και μαθητές της Ε΄ τάξης. Συμμετείχαν συνολικά 87 μαθητές, οι οποίοι έρχονταν για πρώτη φορά σε επαφή με A.R.G., καθώς και με τη χρήση φορητών συσκευών στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η εφαρμογή του διδακτικού σεναρίου έλαβε χώρα στα Εκπαιδευτήρια «Ο Πλάτων I.B. World School», ένα σχολείο στο οποίο οι μαθητές εργάζονται ομαδοσυνεργατικά καθ' όλη τη διάρκεια της χρονιάς και των χρόνων σπουδών τους γενικότερα, ενώ παράλληλα αξιοποιείται και η συνεργατική μέθοδος Jigsaw ως οργανωτική μεθοδολογία των ομάδων (Aranson, 1992). Για την αξιολόγηση του σεναρίου αξιοποιήθηκε η μέθοδος της παρατήρησης τάξης, η οποία ενισχύθηκε από τη συνεργασία πέντε συναδέλφων εκπαιδευτικών.

Εφαρμογή

Το παιχνίδι ξεκινά με τον εκπαιδευτικό να αφηγείται στην τάξη την ιστορία του Αρχιμήδη, χωρίς να προϊδεάσει τους μαθητές ότι πρόκειται για ένα παιχνίδι. Ο Αρχιμήδης είναι ένας μαθητής της Δ΄ τάξης, ο οποίος έχει εγκλωβιστεί στον χωροχρόνο και ζητά τη βοήθεια των παιδιών για να απελευθερωθεί. Στόχος του παιχνιδιού είναι να ανοίξει το κλειδωμένο σεντούκι, που βρίσκεται τοποθετημένο στο κέντρο της τάξης, και περιέχει την ημερομηνία έναρξης του ταξιδιού του Αρχιμήδη που τον απελευθερώνει. Πρώτα, όμως, πρέπει οι ίδιοι να ταξιδέψουν στον χρόνο, για να συλλέξουν τα στοιχεία που ανοίγουν το σεντούκι.

Το ταξίδι διαρκεί περίπου 50 λεπτά και σε περίπτωση δυσκολίας, μπορούν να ζητήσουν τη βοήθεια των άλλων ομάδων. Κάθε ομάδα, η οποία αποτελείται από 4-5 μέλη, παίρνει ένα βαλιτσάκι, το οποίο περιέχει έναν γρίφο, ένα αντικείμενο, ένα φυλλάδιο καταγραφής, έναν χάρτη και ένα i-pad, για να ξεκινήσει το ταξίδι της. Το παιχνίδι περιλαμβάνει έξι ομάδες με διαφορετικές δραστηριότητες και διαφορετικό περιεχόμενο διδακτικών στόχων. Οι ομάδες καλούνται να ταξιδέψουν στην εποχή του Μ. Αλέξανδρου, στη ναυμαχία της Σαλαμίνας, στον βράχο της Ακρόπολης του σήμερα, στην Αίγυπτο, στον πλανήτη Άρη και στις πόλεις του μέλλοντος.

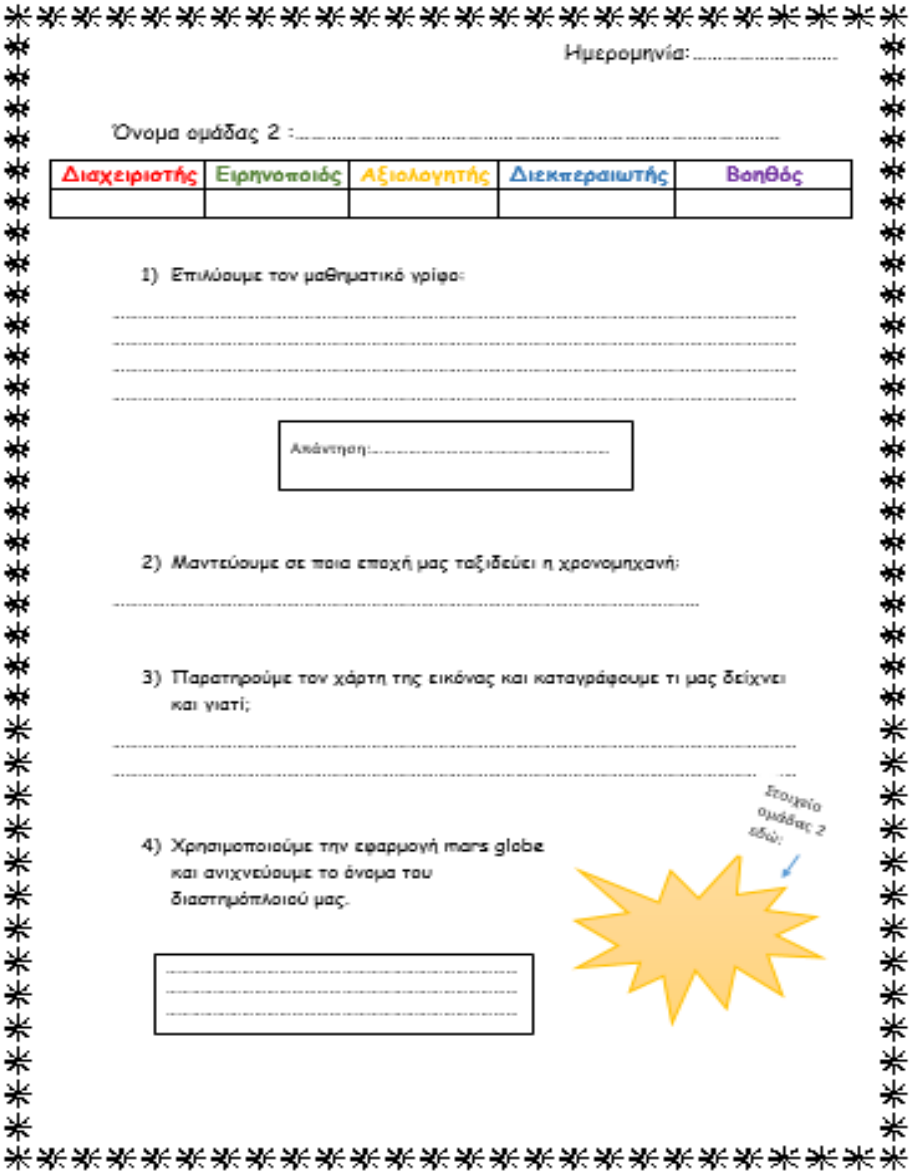
Εικόνα 1: Οι αρμοδιότητες των μελών της ομάδας

Εργαζόμαστε μέσα στην ομάδα!

Διαχειριστής • Διαβάζει σωστά τις εκφωνήσεις και βεβαιώνεται ότι όλοι κατάλαβαν. • Συντονίζει τη συζήτηση ώστε όλοι να πουν τη γνώμη τους. • Κρατάει χρόνο. • Προσέχει τα επίπεδα θορύβου. • Κρατά σημειώσεις για τα βήματα που θα ακολουθήσουν.	**Ειρηνοποιός** • Φροντίζει να μην ανεβαίνει η ένταση στη συνομιλία δύο μελών. • Σταματά τις διαδικασίες για να κάνει κληρώσεις ή ψηφοφορίες. • Επιβεβαιώνει αν η ομάδα συμφωνεί ή διαφωνεί. • Καταγράφει τις γνώμες των άλλων.
Διεκπεραιωτής • Συνοψίζει τα βήματα που πρέπει να γίνουν. • Ελέγχει αν οι απαντήσεις σχετίζονται με τις ερωτήσεις. • Φροντίζει οι απαντήσεις να είναι σαφείς και σωστά γραμμένες. • Ελέγχει αν η εργασία έχει ξεφύγει από το θέμα.	**Αξιολογητής** • Καταγράφει τα ζητήματα συνεργασίας από όλα τα μέλη. • Απομακρύνεται από την ομάδα για να ενημερώσει τον δάσκαλο. • Φέρνει/μαζύει τα υλικά. • Βεβαιώνεται ότι όλα τα ζητήματα της δραστηριότητας έχουν εκπληρωθεί.

Εδώ παρουσιάζονται για οικονομία χώρου οι δραστηριότητες της δεύτερης ομάδας. Η ομάδα παραλαμβάνει μία βαλίτσα με έναν εικονογραφημένο χάρτη, το φυλλάδιο καταγραφής, έναν μαθηματικό γρίφο, ένα χάρτινο διαστημόπλοιο και το i-pad. Το χάρτινο διαστημόπλοιο πληροφορεί την ομάδα πως θα επισκεφτεί έναν άλλο πλανήτη. Το φυλλάδιο καταγραφής ζητά από τους μαθητές να καταγράψουν το όνομα της ομάδας τους και να διαχωρίσουν τις επιμέρους αρμοδιότητες του κάθε μέλους (διαχειριστής, αξιολογητής, διεκπεραιωτής, ειρηνοποιός).

Εικόνα 2: Φυλλάδιο καταγραφής



Ημερομηνία: .....

Όνομα ομάδας 2 :.....

Διαχειριστής	Ειρηνοποιός	Αξιολογητής	Διεκπεραιωτής	Βοηθός

1) Επιλύουμε τον μαθηματικό γρίφο:

.....
.....
.....
.....

Απάντηση:.....

2) Μαντεύουμε σε ποια εποχή μας ταξιδεύει η χρονομηχανή:

.....

3) Παρατηρούμε τον χάρτη της εικόνας και καταγράφουμε τι μας δείχνει και γιατί;

.....
.....

4) Χρησιμοποιούμε την εφαρμογή mars globe και ανιχνεύουμε το όνομα του διαστημόπλοιού μας.

.....
.....
.....

Στοιχείο ομάδας 2 εδώ:

Το μαθηματικό πρόβλημα αφορά τον χρόνο που κάνει ένα διαστημόπλοιο να φτάσει από τη Γη στον Άρη και ζητά από τους μαθητές, εκτελώντας απλές μαθηματικές πράξεις ακεραίων και αξιοποιώντας την κριτική σκέψη τους, να εντοπίσουν τον ακριβή μήνα και την ακριβή χρονολογία που θα φτάσει το διαστημόπλοιο στον Άρη. Ερευνώντας στη συνέχεια την εφαρμογή «Globe Mars», η οποία περιέχει μία πληθώρα πληροφοριών για τον πλανήτη Άρη στην αγγλική γλώσσα, πρέπει να εντοπίσουν το όνομα του μοναδικού διαστημόπλοιου το οποίο έφτασε στον Άρη τον Αύγουστο του 2012, που είναι η λύση του προβλήματος, και ονομάζεται «MSL Curiosity». Αυτό αποτελεί, το τελικό στοιχείο που η ομάδα αυτή πρέπει να προσκομίσει, ώστε να συμβάλει στο ξεκλείδωμα του σεντουκιού.

Εικόνα 3: Δραστηριότητες ομάδας 2

Το σεντούκι ανοίγει μόνο όταν έχουν συγκεντρωθεί και τα έξι στοιχεία σωστά. Σε αυτό το σημείο ακολουθεί η αφήγηση του δεύτερου μέρους της ιστορίας, όπου ο Αρχιμήδης απελευθερώνεται και με ένα γράμμα του προς τους μαθητές τούς ευχαριστεί για τη βοήθειά τους και τους αναθέτει μία νέα αποστολή. Η αποστολή αυτή απαιτεί να κατασκευάσει κάθε ομάδα έναν δικό της γρίφο, με μορφή και περιεχόμενο της επιλογής τους, με σκοπό τη δημιουργία ενός νέου παιχνιδιού, για να μη σταματήσει το ταξίδι της γνώσης στον χρόνο ποτέ!

3. Αποτελέσματα

Οι μαθητές, σύμφωνα με την παρατήρηση τάξης, ανακάλεσαν με ιδιαίτερη ευκολία τις γνώσεις που είχαν αποκτήσει από τη διδαχθείσα ύλη μέσα στη χρονιά. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, πως κάποιοι μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες, οι οποίοι παρουσίαζαν στο σύνολο της χρονιάς δυσφορία αναφορικά με την επεξεργασία γραπτών κειμένων, στην προκειμένη περίπτωση συμμετείχαν ενεργά. Βέβαια το σύνολο των μαθητών διαχειρίστηκαν με επιτυχία ένα σύνολο ψηφιακών εφαρμογών στην αγγλική γλώσσα, κατορθώνοντας να αντλήσουν τις απαραίτητες πληροφορίες για την ολοκλήρωση του παιχνιδιού. Επιπλέον, οι μαθητές κλήθηκαν να εφαρμόσουν στην πράξη, μέσα από την αυθόρμητη ροή του παιχνιδιού, οργανωτικές δεξιότητες που έχουν αναπτύξει και ευνοήθηκε η ανάπτυξη δεξιοτήτων διαχείρισης διαπροσωπικών σχέσεων. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως πραγματοποιήθηκε πιλοτική εφαρμογή του παιχνιδιού, κατά την οποία οι παρατηρήσεις και οι προτάσεις των παιδιών αξιοποιήθηκαν διαμορφωτικά στην τροποποίηση διαδικαστικών και όχι μόνο στοιχείων του παιχνιδιού.

4. Συμπεράσματα

Η συνολική διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, η αξιοποίηση του διαδικτύου, αλλά και η εποικοδομητική ανταλλαγή απόψεων μεταξύ των μαθητών πρόσφεραν μία μοναδική εκπαιδευτική εμπειρία. Οι μαθητές ξεκινώντας από το στάδιο του «Κατανοώ» της αναθεωρημένης πυραμίδας του Bloom, οδηγήθηκαν κατακτώντας τα ενδιάμεσα στάδια επιτυχώς στο «Δημιουργώ», φτιάχνοντας τους δικούς τους γρίφους και καταγράφοντας τις ιδέες τους για ένα νέο παιχνίδι. Επομένως, η αξιοποίηση των Παιχνιδιών Εναλλακτικής Πραγματικότητας στην εκπαιδευτική διαδικασία προσφέρει στον εκπαιδευτικό την ευκαιρία να ξεφύγει από τη στείρα αξιολογική διαδικασία των διδακτικών στόχων και να στοχεύσει προς την ανάδειξη των δεξιοτήτων και των ικανοτήτων των μαθητών, όταν αυτοί εργάζονται με θέληση και ενδιαφέρον.

Ευχαριστίες

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε με την αμέριστη συμπαράσταση των Εκπαιδευτηρίων «Ο Πλάτων Ι.Β. World School», τόσο της Διοίκησης όσο και των εκπαιδευτικών.

5. Βιβλιογραφία

Aranson, E. &. (1992). The Jigsaw classroom: a cooperative strategy for an educational phychology course. Στο J. ,. Lynch, *Cultural diversity and schools* (σσ. 231-256). Washington: USA: Palmer.

Huizinga, J. (1938). *Homo Ludens: A Study of the Play Element in Culture*. London, Boston and Henley: ROUTLEDGE & KEGAN PAUL.

Krathwohl, D. (2002, Αύγουστος). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, σσ. 213-251.

McGonigal. (2007). *The puppetmaster problem: Design for Real-World, Mission-Based Gaming.* The MIT Press.

Sigrid Blömeke, O. Z.-T. (2013). *Modeling and Measuring Competencies in Higher Education* . Rotterdam: Sense Publishers.

Szulborski, D. (2005). This is Not a Game: A Guide to Alternate Reality Games.

2DRAWCHEMQUIZ: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΝΟΣ ΓΝΩΣΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΕΞΑΣΚΗΣΗΣ ΣΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟ ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ

Νικόλας Χαριστός[1], Βασίλης Κουταλάς[1], Μαρία Βλαχολιά[2], Κατερίνα Σάλτα[3], Χρύσα Τζουγκράκη[2], Μιχάλης Σιγάλας[1]

[1]Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[2]Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[3]Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Ηλιούπολης

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η εφαρμογή ενός γνωστικού εργαλείου εξάσκησης στη σχεδίαση και το χειρισμό συντακτικών τύπων άκυκλων οργανικών ενώσεων, του 2DrawChemQuiz. Η τοπολογία, η συνδεσιμότητα και η γεωμετρική διαμόρφωση των συντακτικών τύπων μοντελοποιήθηκε με κατάλληλες δομές δεδομένων που επιτρέπουν τον αλγοριθμικό τους χειρισμό, εφαρμόζοντας έννοιες και μεθόδους της χημικής θεωρίας γράφων. Η μοντελοποίηση αυτή επιτρέπει την αποθήκευση, ανάκληση, τη γεωμετρική και τοπολογική σύγκριση μοριακών δομών και την ανάπτυξη μεθόδων διάδρασης. Το υλικό του κουΐζ αποτελείται από εκατό ερωτήσεις εξάσκησης σε οπτικές και αναλυτικές στρατηγικές κατά την επίλυση προβλημάτων που αφορούν δισδιάστατες δομές οργανικών μορίων.

Abstract
The design, development and application of a cognitive tool for drawing and manipulating structural formulas, namely 2DrawChemQuiz, is presented. The topology, connectivity and geometrical configuration of structural formulas of acyclic organic compounds is modelled by the design of proper data structures that allow their algorithmic treatment, employing concepts and methods of Chemical Graph Theory. Chemical information modelling affords the storing, recalling and comparison of molecular structures topologically and geometrically and the development of interaction patterns. One hundred assessment problems on the topic of organic chemistry for secondary school were designed and developed. The scientific accuracy and the clarity of the items were assessed by teachers and students.

1. Εισαγωγή

Η μάθηση, από τη γνωστική ματιά, περιλαμβάνει ένα σύνολο γνωστικών διεργασιών κατά τις οποίες το μυαλό αλληλεπιδρά με κάποια εξωτερική πληροφορία, την επεξεργάζεται εσωτερικά και της προσάπτει νόημα εγκαθιδρύοντας συνδέσεις με προϋπάρχουσες νοητικές δομές (Thagard 2005). Τα γνωστικά εργαλεία, σε αντίθεση με τα διδακτικά λογισμικά που μεταδίδουν την πληροφορία, είναι όργανα που σχεδιάζονται με σκοπό να υποστηρίζουν γνωστικές διεργασίες. Εμπλέκουν τον μαθητευόμενο σε διαλογική και κριτική σκέψη για την πληροφορία με την οποία αλληλεπιδρά, και συνεπώς μπορούν να επεκτείνουν τις δυνατότητες της ανθρώπινης νόησης (Joolingen 1999). Ένα γνωστικό εργαλείο περιέχει πληροφορία που αντιστοιχεί σε κάποιο γνωστικό αντικείμενο, την οποία καθιστά προσβάσιμη στο χρήστη μέσω διαδραστικών οπτικών αναπαραστάσεων στη διεπαφή του λογισμικού. Το είδος και η ποιότητα του εκπαιδευτικού λογισμικού, όπως και οι δυνατότητες μάθησης που παρέχει, εξαρτώνται από

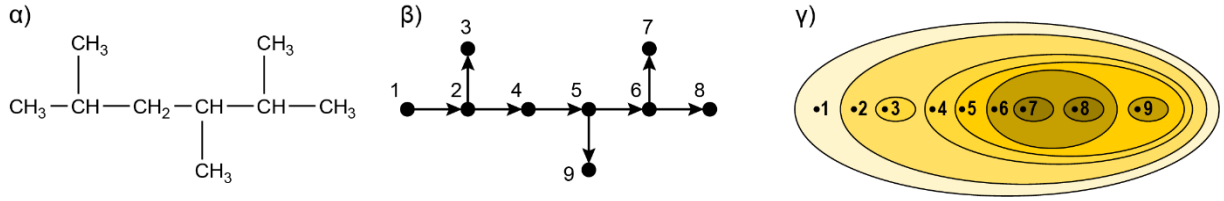
την υπολογιστική μοντελοποίηση του γνωστικού αντικειμένου, τις δυνατότητες αναπαράστασης της πληροφορίας και τις δυνατότητες διάδρασης με την αναπαριστώμενη πληροφορία.
Ερευνητικά δεδομένα συνδέουν τη μετάβαση των μαθητών από τη χρήση οπτικών στρατηγικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών για την επίλυση προβλημάτων με την απόκτηση της εμπειρίας (Stieff 2007). Επίσης, έχει βρεθεί ότι η εκπαιδευτική διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της χρήσης των οπτικοχωρικών και την αύξηση της χρήσης των αναλυτικών στρατηγικών και ότι ο τύπος της διδασκαλίας επηρεάζει το βαθμό της μετάβασης αυτής (Hegarty *et al.* 2013). Πιο συγκεκριμένα, έρευνες έχουν δείξει ότι οι αναλυτικές στρατηγικές υιοθετούνται περισσότερο από όσους εξασκούνται στις αναλυτικές στρατηγικές, λιγότερο από αυτούς που εξασκούνται και στα δύο είδη των στρατηγικών και ακόμα λιγότερο από λύτες οι οποίοι εξασκούνται μόνο στις οπτικές στρατηγικές (Hegarty *et al.* 2013, Stieff *et al.* 2014). Είναι, επομένως, σημαντικό να αναπτυχθούν εργαλεία εξάσκησης στις στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων που να χρησιμοποιούνται παράλληλα με τη διδασκαλία, καθώς, σύμφωνα με τα παραπάνω ερευνητικά δεδομένα, μπορούν να οδηγήσουν στην υιοθέτηση των αναλυτικών στρατηγικών και την απόκτηση της χημικής γνώσης.
Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του περιβάλλοντος μοντελοποίησης συντακτικών τύπων 2DrawChem, καθώς και του εκπαιδευτικού λογισμικού 2DrawChemQuiz, το οποίο είναι ένα γνωστικό εργαλείο εξάσκησης στη σχεδίαση και χειρισμό συντακτικών τύπων άκυκλων οργανικών ενώσεων. Αν και έχει αναπτυχθεί μια πληθώρα επιστημονικών λογισμικών μοντελοποίησης και σχεδιασμού συντακτικών τύπων (Gunda 2016), κανένα δεν παρέχει τη δυνατότητα ανάπτυξης εκπαιδευτικών σεναρίων και ερωτήσεων αξιολόγησης. Ο σχεδιασμός και η παρουσίαση του 2DrawChemQuiz γίνεται με βάση το πλαίσιο Επιστημολογίας και Σχεδιασμού Διάδρασης Ανθρώπου-Πληροφορίας σε Γνωστικές Δραστηριότητες (*EDIFICE*) (Sedig & Parsons 2016, Sedig & Parsons 2013), σύμφωνα με το οποίο η δομή και η λειτουργία ενός γνωστικού εργαλείου μπορεί να αναλυθεί σε πέντε χώρους: α) χώρος πληροφορίας, β) υπολογιστικός χώρος, γ) χώρος αναπαράστασης, δ) χώρος διάδρασης, και ε) νοητικός χώρος. Ο νοητικός χώρος αναφέρεται στις εσωτερικές νοητικές διεργασίες και τις μεταβολές στα νοητικά μοντέλα που λαμβάνουν χώρα κατά την εκτέλεση πολύπλοκων γνωστικών διεργασιών που αναδύονται από τη διάδραση του μαθητευόμενου με το γνωστικό εργαλείο. Το θεωρητικό πλαίσιο του νοητικού χώρου περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο και η διερεύνησή του αποτελεί αντικείμενο μεταγενέστερης έρευνας.

2. Μεθοδολογία

Χώρος Πληροφορίας

Η τοπολογία, η συνδεσιμότητα και η γεωμετρική διαμόρφωση των συντακτικών τύπων μοντελοποιήθηκε με κατάλληλες δομές δεδομένων που επιτρέπουν τον αλγοριθμικό τους χειρισμό, εφαρμόζοντας έννοιες και μεθόδους της χημικής θεωρίας γράφων. Η Θεωρία Γράφων είναι ένας κλάδος των διακριτών μαθηματικών που μελετά την τοπολογία και τη συνδυαστική (combinatorics), εστιάζοντας στην συνδεσιμότητα των στοιχείων και τις συνέπειές της. Η Χημική Θεωρία Γράφων είναι ένα παρακλάδι της Θεωρητικής και Μαθηματικής Χημείας που περιγράφει τη μοριακή δομή και τις ιδιότητές της μέσα από τον μαθηματικό φορμαλισμό της Θεωρίας Γράφων (Kerber *et al.* 2013, Janezic et al. 2015). Σε αυτό το πλαίσιο, στην παρούσα εφαρμογή, ο συντακτικός τύπος θεωρείται ριζωμένο διατεταγμένο βεβαρημένο δέντρο (Σχήμα 1.β). Για την υπολογιστική μοντελοποίηση των μοριακών δέντρων έγιναν οι παρακάτω παραδοχές: α) κάθε μοριακό δέντρο δομείται από το μοναδιαίο γράφο, β) ο κόμβος του μοναδιαίου γράφου είναι η ρίζα του δέντρου, γ) η ρίζα του μοριακού δέντρου είναι πάντα ένας τερματικός κόμβος, δ) η γεωμετρική διευθέτηση των κόμβων στην οπτική αναπαράσταση του μοριακού δέντρου αποτελεί ιδιότητα του μοριακού δέντρου.

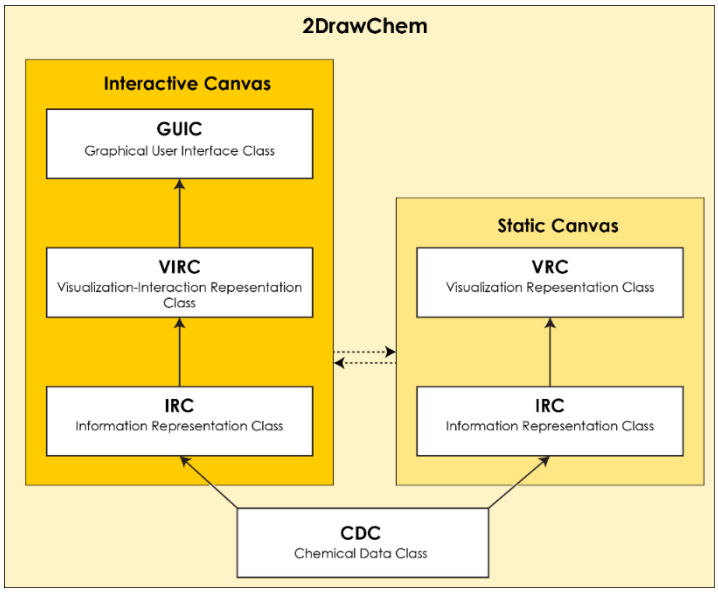
Σχήμα 1. α) Συντακτικός τύπος 2,3,5-τριμεθυλοεξάνιου, β) Ριζωμένο διατεταγμένο μοριακό δέντρο *T* με μοναδική αρίθμηση, γ) Σχηματική αναπαράσταση της δομής ενθυλάκωσης του πίνακα κατατεμαχισμού του δέντρου *T*.



Υπολογιστικός Χώρος

Το 2DrawChem αποτελείται από μια σειρά τεσσάρων κύριων κλάσεων που συνδέονται με σχέσεις κληρονομικότητας (Σχήμα 2). Στο υψηλότερο επίπεδο βρίσκεται η *κλάση γραφικής διεπαφής χρήστη GUIC* (Graphical User Interface Class). Από την κλάση GUIC δημιουργείται το αντικείμενο που περιλαμβάνει τα οπτικά διαδραστικά στοιχεία της διεπαφής του λογισμικού. Πρόγονος της GUIC είναι η *κλάση αναπαράστασης οπτικοποίησης-διάδρασης VIRC* (*Visualization-Interaction Representation Class*), από την οποία δημιουργείται το αντικείμενο του καμβά που περιέχει τις μεθόδους της οπτικής αναπαράστασης και τις μεθόδους διάδρασης με την οπτική αναπαράσταση. Πρόγονος της *VIRC* είναι η *κλάση αναπαράστασης της πληροφορίας IRC* (*Information Representation Class*), από την οποία δημιουργείται το αντικείμενο που μοντελοποιεί τον πληροφοριακό χώρο της μοριακής δομής και περιέχει μεθόδους αναπαράστασης, μετασχηματισμού και εξόρυξης δεδομένων που αφορούν στην τοπολογία της μοριακής δομής. Τέλος στο χαμηλότερο επίπεδο βρίσκεται η *κλάση χημικών δεδομένων CDC* (*Chemical Data Class*) που περιέχει αποθηκευμένα δεδομένα χημικής πληροφορίας που είναι απαραίτητα για την λειτουργία της IRC.

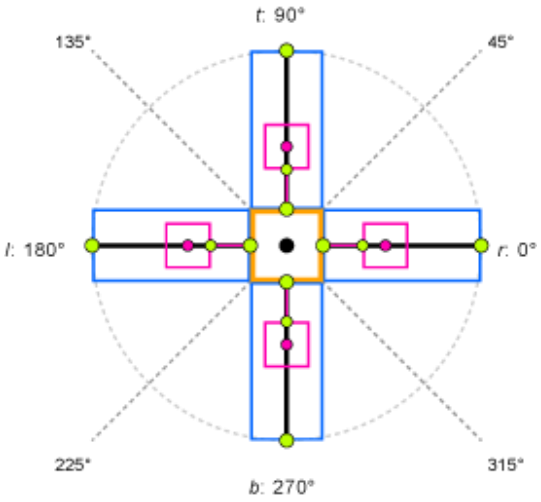
Σχήμα 2. Κύριες κλάσεις του 2DrawChem. Τα βέλη εκφράζουν σχέσεις κληρονομικότητας.



Τα μοριακά δέντρα στην κλάση αναπαράστασης της πληροφορίας IRC αναπαριστώνται με πίνακες κατατεμαχισμού ενθυλακωμένης δομής όπου κάθε απόγονος αποτελεί ιδιότητα του προγόνου του (Σχήμα 1.γ). Έτσι κάθε μοριακό δέντρο περιγράφεται με πλήρη και μοναδικό τρόπο από τον μονοδιάστατο πίνακα της ρίζας. Στον πίνακα της ρίζας εφαρμόζονται μια σειρά αλγορίθμων μετασχηματισμού και εξόρυξης δεδομένων που περιλαμβάνουν: α) την μοναδική αρίθμηση των κόμβων, β) τη δημιουργία πίνακα συνδεσιμότητας των κόμβων, γ) την

αναγνώριση των τερματικών κόμβων και των κόμβων διακλάδωσης, δ) την αναγνώριση των τερματικών μονοπατιών, ε) τον υπολογισμό της χημικής βαρύτητας κάθε κόμβου που εκφράζει την προτεραιότητα του ατόμου στην κύρια αλυσίδα, στ) τον υπολογισμό των κύριων αλυσίδων με βάση τους κανόνες χημικής ονοματολογίας και η) τον υπολογισμό του γεωμετρικού χώρου κάθε κόμβου που περιγράφεται από μια σειρά συντεταγμένων και περιοχών και επιτρέπει την παραμετροποιημένη οπτικοποίηση και διάδραση με το συντακτικό τύπο (Σχήμα 3). Η μοντελοποίηση αυτή επιτρέπει την αποθήκευση, ανάκληση, τη γεωμετρική και τοπολογική σύγκριση μοριακών δομών καθώς και την ανάπτυξη μεθόδων διάδρασης.

Σχήμα 3. Γεωμετρικός χώρος ατόμου. Με πορτοκαλί χρώμα παριστάνεται η ενεργή περιοχή ατόμου. Με μπλε χρώμα παριστάνονται οι ενεργές περιοχές προσθήκης ομάδας και οι ενεργές περιοχές δεσμών. Με φούξια χρώμα παριστάνονται οι περιοχές των (εκτεταμένων) υδρογόνων.
Ο μαύρος κύκλος παριστάνει τη θέση του ατόμου. Οι πράσινοι κύκλοι παριστάνουν τις θέσεις των άκρων των δεσμών. Οι φούξια κύκλοι παριστάνουν τις θέσεις των εκτεταμένων υδρογόνων.
Οι έντονες μαύρες γραμμές αναπαριστάνουν τους δεσμούς και το μήκος δεσμού.
Οι διακεκομμένες γραμμές ορίζουν τα τεταρτημόρια του ατομικού χώρου.
Ο διακεκομμένος κύκλος παριστάνει την τροχιά περιστροφής υποκαταστάτη.



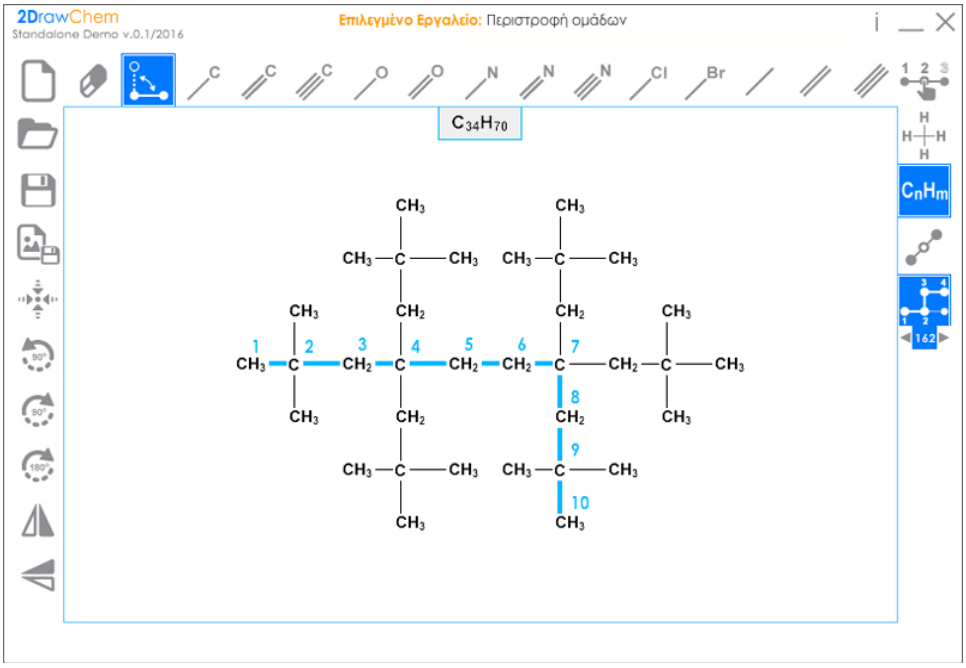
Χώρος Αναπαράστασης και Διάδρασης

Συνολικά υλοποιούνται 10 μοτίβα διάδρασης ανθρώπου-πληροφορίας (Sedig & Parsons 2013) στα οποία κατανέμονται 30 διαδράσεις (Πίνακας 1) . Η λειτουργική υλοποίηση κάθε διάδρασης (*μικρο-διαδραστικότητα*) σχεδιάστηκε και αναλύθηκε με βάση τρία δομικά στοιχεία: α) διαιρετότητα, β) εστίαση και γ) ροή.
Με το 2DrawChem ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να σχεδιάζει ελεύθερα και απεριόριστα συντακτικούς τύπους προσθέτοντας ή αφαιρώντας άτομα άνθρακα, οξυγόνου, αζώτου και αλογόνων με απλούς, διπλούς ή τριπλούς δεσμούς, όπου είναι χημικά επιτρεπτό. Οι δεσμοί απεικονίζονται με οριζόντιο ή κατακόρυφο προσανατολισμό. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εκτελεί περιστροφές και κατοπτρισμούς στον συντακτικό τύπο, να περιστρέφει οποιοδήποτε θραύσμα του συντακτικού τύπου ως προς το υπόλοιπο μόριο, καθώς και να αριθμεί τα άτομα του άνθρακα αναζητώντας την αρίθμηση που αντιστοιχεί στην κύρια ανθρακική αλυσίδα. Τέλος υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης του μοριακού τύπου καθώς και η έκταση/σύμπτυξη των ατόμων υδρογόνου.

Πίνακας 1. Μοτίβα διάδρασης ανθρώπου-πληροφορίας στο 2DrawChem

Μοτίβο Διάδρασης		**Περιγραφή**
μ1	Εισαγωγή	Προσθήκη ομάδας με απλό ή πολλαπλό δεσμό
μ2	Αφαίρεση	Διαγραφή τερματικής ομάδας
μ3	Μετασχηματισμός	Περιστροφή τύπου ή θραύσματος, κατοπτρισμός τύπου
μ4	Διαρρύθμιση	Αλλαγή τάξης δεσμού
μ5	Ανάπτυξη/Σύμπτυξη	Εμφάνιση/απόκρυψη εκτεταμένων ατόμων Η με δεσμούς
μ6	Επισήμανση	Επισήμανση ατόμων αλυσίδας με αρίθμηση χρήστη
μ7	Εκσκαφή	Εμφάνιση και διερεύνηση όλων των κύριων αλυσίδων
μ8	Αποθήκευση/ανάκληση	Αποθήκευση και φόρτωση αρχείων μοριακών τύπων
μ9	Μετάφραση	Εμφάνιση μοριακού τύπου και αναπαράσταση με κουκίδες
μ10	Φιλτράρισμα	Απόκρυψη ατόμων υδρογόνου και απεικόνιση μόνο του ανθρακικού σκελετού

Σχήμα 4. Γραφική διεπαφή χρήστη ενός καμβά του 2DrawChem με συντακτικό τύπο του 2,2,9,9-τετραμεθυλ-4,4,7,7-τετρανεοπεντυλδεκανίου και επιλεγμένη την 162η κύρια αλυσίδα.

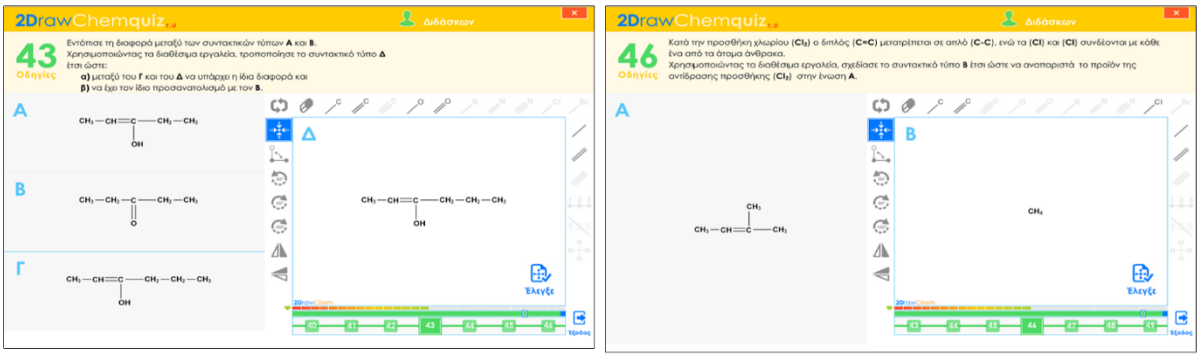


Η μοντελοποίηση της μοριακής δομής και η αντικειμενοστραφής αρχιτεκτονική του 2DrawChem επιτρέπουν την ανάπτυξη εκπαιδευτικού λογισμικού που εμπεριέχει στοχευμένες δραστηριότητες (*μακρο-διαδραστικότητα*). Οι ιδιότητες που επιτρέπουν το σχεδιασμό μακρο-διαδραστικότητας είναι η *πολλαπλή υλοποίηση* αυτόνομων διαδραστικών ή/και στατικών καμβάδων που μπορούν να επικοινωνούν και να συγκρίνουν τοπολογικά και γεωμετρικά τις μοριακές δομές που περιέχουν, η *αποθήκευση* δομών σε βάση δεδομένων του λογισμικού ώστε να είναι διαθέσιμες για οπτικοποίηση ή/και για σύγκριση, η *ρύθμιση* των διαθέσιμων στοιχείων διάδρασης ανάλογα με το σχεδιασμό της δραστηριότητας και η *μοντελοποίηση* της μοριακής δομής που επιτρέπει την αλγοριθμική αξιολόγηση ερωτημάτων.

Σχεδιασμός Προβλημάτων Αξιολόγησης στο 2DrawChemQuiz

Το 2DrawChemQuiz είναι ένα εκπαιδευτικό λογισμικό που χρησιμοποιεί το περιβάλλον μοντελοποίησης 2DrawChem και υλοποιήθηκε σε δύο εκδόσεις με 50 προβλήματα αξιολόγησης σε κάθε έκδοση. Τα προβλήματα αξιολόγησης αφορούν στο γνωστικό αντικείμενο των οργανικών ενώσεων για την ύλη της Β' Λυκείου. Οι ερωτήσεις αξιολογήθηκαν από καθηγητές και μαθητές ως προς το επιστημονικό περιεχόμενο και τη σαφήνεια τους. Κάθε πρόβλημα περιέχει τη λεκτική περιγραφή και δύο καμβάδες: έναν στατικό που περιέχει τη μοριακή αναπαράσταση της εκφώνησης και έναν διαδραστικό που περιέχει την μοριακή αναπαράσταση της αρχικής κατάστασης του προβλήματος. Ο χρήστης καλείται να μετασχηματίσει ή να τροποποιήσει μια υπάρχουσα μοριακή δομή ή να τη δημιουργήσει από την αρχή προκειμένου να λύσει το πρόβλημα. Σε κάθε πρόβλημα είναι ενεργοποιημένα μόνο ορισμένα στοιχεία διάδρασης σύμφωνα με το διδακτικό σχεδιασμό του κάθε προβλήματος.

Σχήμα 5. Γραφική διεπαφή 2DrawChemQuiz με ενδεικτικά προβλήματα τροποποίησης (αριστερά) και δόμησης (δεξιά).



3. Αποτελέσματα

Λειτουργικότητα

Το 2DrawChemQuiz αποτελεί αυτόνομη εφαρμογή και ο χρήστης μπορεί ελεύθερα να εργαστεί σε αυτό. Η πρόσβαση στο διαγνωστικό του μέρος γίνεται με έλεγχο ταυτότητας (όνομα και κωδικός χρήστη) ο έλεγχος των οποίων γίνεται μέσω διαδικτυακής σύνδεσης με κεντρικό εξυπηρετητή. Το λογισμικό αποθηκεύει τα χαρακτηριστικά και τις επιδόσεις του χρήστη στη βάση δεδομένων του εξυπηρετητή, έτσι ώστε κάθε φορά που αυτός συνδέεται να συνεχίζει από εκεί που σταμάτησε. Το λογισμικό αξιολογεί αυτόματα και αλγοριθμικά την ορθότητα της λύσης. Τα προβλήματα παρουσιάζονται σειριακά με τη μορφή επιπέδων. Ο χρήστης έχει πρόσβαση στα προβλήματα που έχει λύσει και στο τρέχον άλυτο πρόβλημα, ενώ τα επόμενα είναι μη προσβάσιμα. Όταν ο χρήστης επιλύσει σωστά ένα πρόβλημα αποκτά πρόσβαση στο επόμενο και προωθείται σε αυτό. Οι απαντήσεις των χρηστών, οι χρόνοι χρήσης του λογισμικού και άλλες πληροφορίες αποθηκεύονται μέσω κώδικα php σε διαδικτυακή βάση δεδομένων (mySQL) και είναι διαθέσιμες για στατιστική επεξεργασία.

Εφαρμογή στην εκπαιδευτική διαδικασία

Το 2DrawChemQuiz εφαρμόστηκε πιλοτικά σε μαθητές της Β' Λυκείου του 2ου Πειραματικού Λυκείου Αθηνών. Από τους 58 μαθητές που συμμετείχαν, ένας ολοκλήρωσε το κουΐζ 3 φορές, τρεις 2 φορές και 20 μία φορά. Ο ελάχιστος χρόνος ολοκλήρωσης του κουίζ ήταν 15', ο μέγιστος 70' με μέσο όρο 46'. Από τους υπόλοιπους 34 μαθητές, οι 23 απάντησαν σε τουλάχιστον το 40% των ερωτήσεων του κουΐζ.

4. Συμπεράσματα

Η υπολογιστική μοντελοποίηση της μοριακής δομής με βάση τη χημική θεωρία γράφων επέτρεψε την ανάπτυξη ενός γνωστικού εργαλείου οπτικοποίησης διαδραστικών αναπαραστάσεων, στο οποίο οι μαθητευόμενοι μπορούν να εκτελούν επιστημικές δράσεις δημιουργώντας, τροποποιώντας, μετασχηματίζοντας και συγκρίνοντας συντακτικούς τύπους μέσα σε ένα εκπαιδευτικό σενάριο με στοχευμένες δραστηριότητες. Το εργαλείο αυτό χρησιμοποιήθηκε για την εξάσκηση των μαθητών σε οπτικές και αναλυτικές στρατηγικές, επίλυσης προβλημάτων που αφορούν δισδιάστατες δομές οργανικών μορίων. Αντικείμενο μελλοντικής έρευνας αποτελεί η αξιολόγηση του λογισμικού από εκπαιδευτικούς, η ευρεία εφαρμογή του λογισμικού και η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του από μαθητές της Β' Λυκείου, καθώς και η ανάπτυξη αλγορίθμου εύρεσης ονοματολογίας που θα επιτρέψει τον σχεδιασμό νέων εκπαιδευτικών σεναρίων.

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ε.Ε. (ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του ΕΣΠΑ – Ερευνητικό Έργο: ΘΑΛΗΣ.

5. Βιβλιογραφία

Gunda, T. E. (2016). Chemical Drawing Programs – The Comparison of Accelrys (Symyx) Draw, ChemBioDraw (ChemDraw), DrawIt, ACD/ChemSketch, ChemDoodle and Chemistry 4-D Draw, *University of Debrecen, Department of Pharmaceutical Chemistry*, http://www.gunda.hu/dprogs/ (Accessed 27-1-2017)

Hegarty, M., Stieff, M. & Dixon, B. L. (2013). Cognitive change in mental models with experience in the domain of organic chemistry. *Journal of Cognitive Pshchology*, 25 (2), 220-228.

Janezic, D., Milicevic, A., Nikolic, S., Trinajstic, N. (2015). *Graph-Theoretical Matrices in Chemistry*. CRC Press, Taylor & Francis Group, NW

Joolingen, W. Van. (1999). Cognitive tools for discovery learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 10*, 385–397.

Kerber, A., Laue, R., Meringer, M., Rücker, C. & Schymanski, E. (2013). *Mathematical Chemistry and Chemoinformatics*. Berlin, Boston: DE GRUYTER.

Sedig, K. & Parsons, P. (2016). Design of Visualizations for Human-Information Interaction: A Pattern-Based Framework. *Synthesis Lectures on Visualization, 4(1)*, 1–185.

Sedig, K. & Parsons, P. (2013). Interaction Design for Complex Cognitive Activities with Visual Representations: A Pattern-Based Approach. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction, 5*, 84 – 133.

Thagard, P. (2005). *Mind: Introduction to cognitive science*. 2nd Ed. Cambridge, MA: MIT Press.

Stieff, M. (2007). Mental rotation and diagrammatic reasoning in science. *Learning and Instruction*, 17, 219-234.

Stieff, M., Dixon, B. L., Ryu, M., Kumi, B. & Hegarty, M. (2014). Strategy training eliminates sex differences in spatial problem solving in a stem domain. *Journal of Educational Psychology*, 106 (2), 390-402.

ΑΣΥΡΜΑΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ MEMS ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Κωνσταντίνος Κώτσης
ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια πρόταση για ασύρματη χρήση των αισθητήρων ΜΕΜΣ (Μικρο-Ηλεκτρο-Μηχανικά-Συστήματα), για την εκτέλεση εκπαιδευτικών πειραμάτων Φυσικής. Τονίζονται οι μεγάλες δυνατότητες αυτών των αισθητήρων στην εκτέλεση πειραμάτων με τη βοήθεια ασύρματων δικτύων. Τέλος δίνεται ένα παράδειγμα εφαρμογής.

Abstract
This paper presents a proposal for wireless use of MEMS sensors (Micro-Electro-Mechanical-Systems), to perform physics experiments for educational purposes. The great potential of these sensors is highlighted to perform experiments using wireless networks. Finally is given an example of this application in practice of such type of experiments.

1. Εισαγωγή

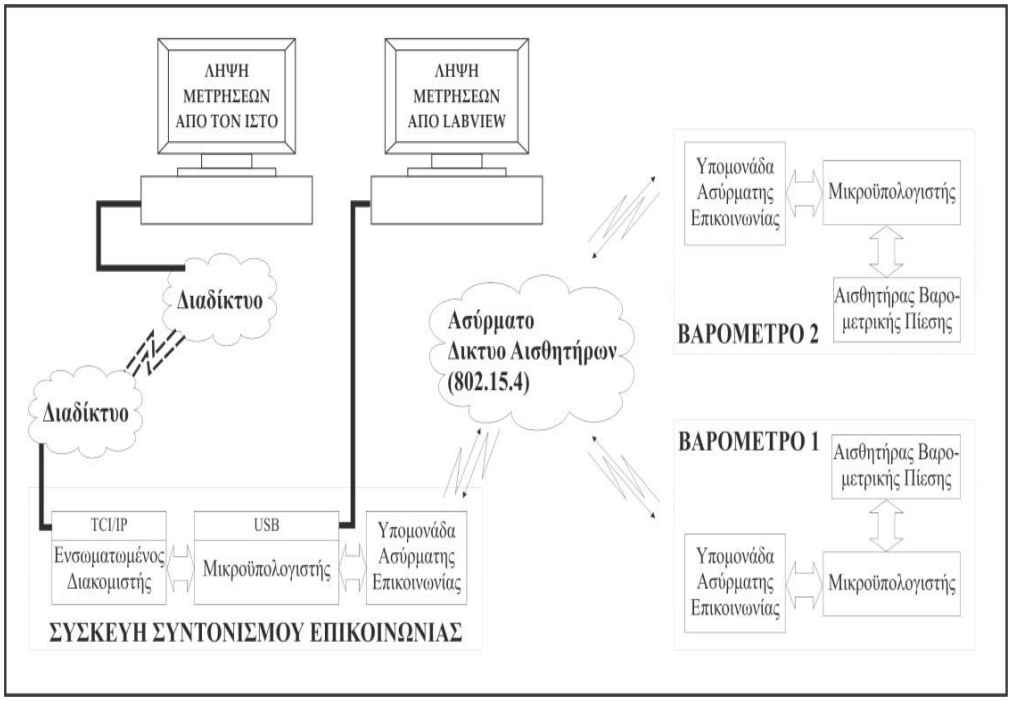
Οι αισθητήρες MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems – Μικρο-Ηλεκτρο-Μηχανικά Συστήματα – ΜΕΜΣ) είναι μια τεχνολογία εξαιρετικά μικρού μεγέθους (από μm έως mm), η οποία αποτελείται από ένα μηχανικό μέρος στην μεταβολή του οποίου παράγεται ηλεκτρικό σήμα. Είναι ουσιαστικά ένας *χωρητικός αισθητήρας πίεσης (Capacitive Pressure Sensor – CPS)* και αποτελείται από μία μεμβράνη η οποία μετατοπίζεται ανάλογα με την άσκηση πίεσης επάνω της. Η μεμβράνη σχηματίζει παράλληλο πυκνωτή με το υπόστρωμα πυριτίου και την κοιλότητα κενού που δημιουργείται στο εσωτερικό, παράγοντας μία τιμή χωρητικότητας που εξαρτάται από την ασκούμενη πίεση. Οι αισθητήρες ΜΕΜΣ έχουν ιδιαίτερα πλεονεκτήματα χρήσης, όπως χαμηλό κόστος, μικρό μέγεθος και χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Συναντώνται σε πληθώρα εφαρμογών τελευταίας τεχνολογίας, όπως κινητά τηλέφωνα, συστήματα αεροσκαφών, αυτοκίνητα κλπ. Χαρακτηριστικές χρήσεις των ΜΕΜΣ αισθητήρων είναι ως: α) επιταχυνσιόμετρα σε εφαρμογές παιχνιδιών στα κινητά τηλέφωνα, ανιχνεύοντας τη δύναμη της βαρύτητας που ασκείται στα μηχανικά τους μέρη και που είναι ανάλογη της εκάστοτε κλίσης που φέρει η κινητή συσκευή. β) επιταχυνσιόμετρα σε αυτοκίνητα, όπου η ανίχνευση της δόνησης που προκαλείται από την πρόσκρουση του αυτοκινήτου ενεργοποιεί τους αερόσακους του αυτοκινήτου, γ) επιταχυνσιόμετρα σε συνδυασμό με μαγνητόμετρα και γυροσκόπια χρησιμοποιούνται σε συστήματα αεροσκαφών μετρώντας την ταχύτητα, τον προσανατολισμό και τις δυνάμεις βαρύτητας που ασκούνται στο αεροσκάφος, δ) αισθητήρες πίεσης σε ρεζερβουάρ καυσίμων για τον υπολογισμό αυτονομίας οχημάτων, πλοίων, και πολλές άλλες εφαρμογές. Στα ηλεκτρονικά συστήματα αυτοκινήτων, επιταχυνσιόμετρα ανιχνεύουν τυχόν πρόσκρουση και ενεργοποιούν (όταν κρίνεται απαραίτητο) τους αερόσακους του αυτοκινήτου. Στα κινητά τηλέφωνα, γυροσκόπια (σε συνεργασία με επιταχυνσιόμετρα) ανιχνεύουν την κίνηση της συσκευής και περιστρέφουν αναλόγως την οθόνη του κινητού. Στα ηλεκτρονικά συστήματα αεροσκαφών, ψηφιακές πυξίδες ανιχνεύουν το μαγνητικό πεδίο και χρησιμοποιούνται (σε συνεργασία με τα επιταχυνσιόμετρα και τα γυροσκόπια) για την πλοήγηση του αεροσκάφους. Οι βαρομετρικοί αισθητήρες πίεσης μετρούν την ατμοσφαιρική

πίεση και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές πρόβλεψης καιρού, ενώ με την αναγωγή της ατμοσφαιρικής πίεσης σε *βαρομετρικό υψόμετρο (barometric altitude)* μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της ακρίβειας στις συσκευές *παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος πλοήγησης (Global Navigation Satellite System – GNSS1)* (Paces and Popelka, 2013). Οι ΜΕΜΣ αισθητήρες έχουν κεντρίσει το ενδιαφέρον και της επιστημονικής κοινότητας, όπου σε πολλές περιπτώσεις διερευνάται η δυνατότητα χρήσης σε συστήματα πλοήγησης (Morrison et al, 2012) ή και ακόμη σε ηλεκτρονικά συστήματα αεροσκαφών (Tang & Tsai, 2005).
Η αξία του πειράματος ως μέρος της διδακτικής μεθοδολογίας και πρακτικής, είναι ιδιαίτερη σημαντική όσον αφορά την οικοδόμηση αντίληψης των διδασκομένων για τη βαθύτερη κατανόηση των φυσικών εννοιών (Στύλος κ.α. 2014, Koponen & Mäntylä 2006, Trumper κ.α. 2003, Etkina κ.α. 2002). Στην εποχή μας η ραγδαία εξελισσόμενη ψηφιακή τεχνολογία και η διάδοση αυτής στο χώρο της εκπαίδευσης, έχει επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην ανάπτυξη και διεξαγωγή εργαστηρίων Φυσικής, με προτάσεις που αφορούν, λόγου χάρη, πειράματα απομακρυσμένης πρόσβασης (Harms, 2000; Kocijancic, 2002; Schauer etal, 2008;).
Στην εργασία αυτή προτείνεται και εφαρμόζεται η χρήση των ασυρμάτων αισθητήρων ΜΕΜΣ για την εκτέλεση εκπαιδευτικών πειραμάτων Φυσικής για φοιτητές ή μαθητές Λυκείου.

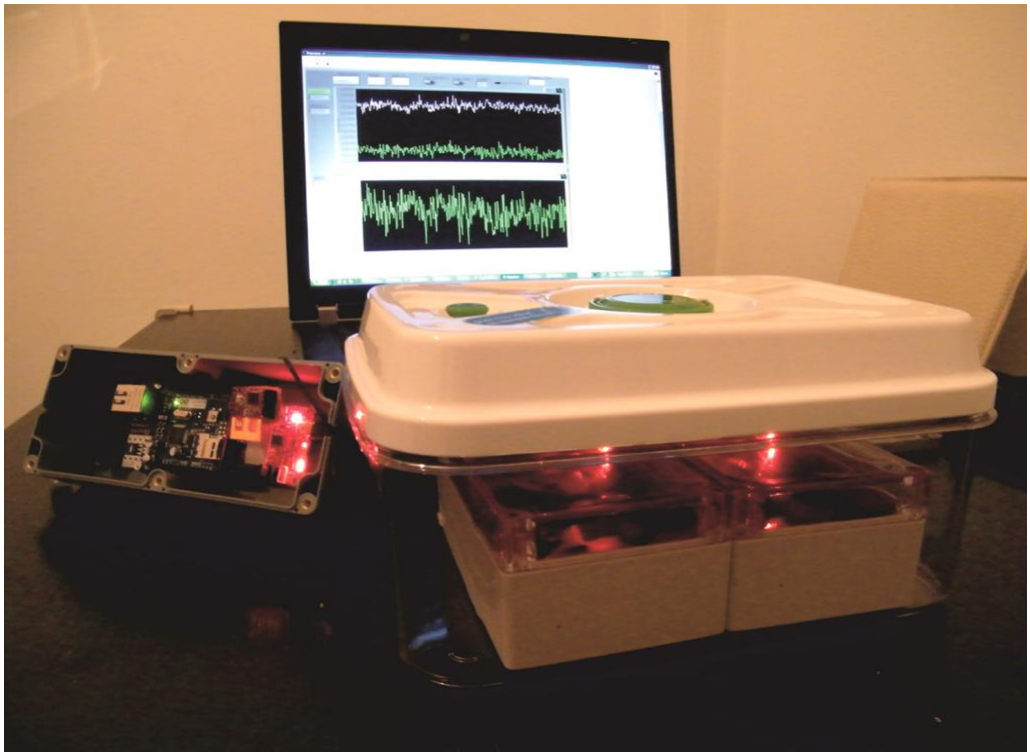
2. Θεωρητικό υπόβαθρο

Είναι γνωστό ότι η μάζα των ατόμων (78% Άζωτο (N2), 21% Οξυγόνο (O2) και 1% άλλα αέρια) του αέρα έλκεται από τη Γη και συνεπώς, το βάρος του αέρα ασκεί δύναμη F σε κάθε επιφάνεια A που βρίσκεται σε επαφή με τον αέρα. Η δύναμη αυτή δημιουργεί ατμοσφαιρική (βαρομετρική) πίεση p (όπου p=F/A) και η τιμή της ατμοσφαιρικής πίεσης εξαρτάται από το υψόμετρο σε σχέση με την επιφάνεια της θάλασσας.
Όσο αυξάνεται το υψόμετρο τόσο μειώνεται η ποσότητα του αέρα και συνεπώς, μειώνεται η μετρούμενη ατμοσφαιρική πίεση Τα όργανα που μετρούν την ατμοσφαιρική πίεση είναι τα βαρόμετρα και τα όργανα που αναγάγουν την τιμή ατμοσφαιρικής πίεσης σε υψόμετρο ονομάζονται υψομετρικά όργανα (altimeters).
Η ιδέα είναι οι αισθητήρες ΜΕΜΣ να χρησιμοποιηθούν ως όργανα μέτρησης της βαρομετρικής πίεσης με ασύρματη επικοινωνία (Bolanakis et al, 2015a) και να συνδεθεί είτε η ατμοσφαιρική πίεση ή το υψόμετρο με έννοιες και φαινόμενα της Φυσικής για την εκτέλεση εκπαιδευτικών πειραμάτων της Φυσικής. Τέτοιο σύστημα έχει αναπτυχθεί στο Εργαστήριο Εκπαίδευσης και Διδασκαλίας της Φυσικής του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (Π.Τ.Δ.Ε.) του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων και πραγματοποιήθηκαν εκπαιδευτικά πειράματα είτε στη βαρομετρική υψομετρίας, είτε στη μέτρηση θερμοκρασίας (Bolanakis et al, 2015b). Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική αυτού του πρωτότυπου εξοπλισμού.

Σχήμα 1. Αρχιτεκτονική του εξοπλισμού

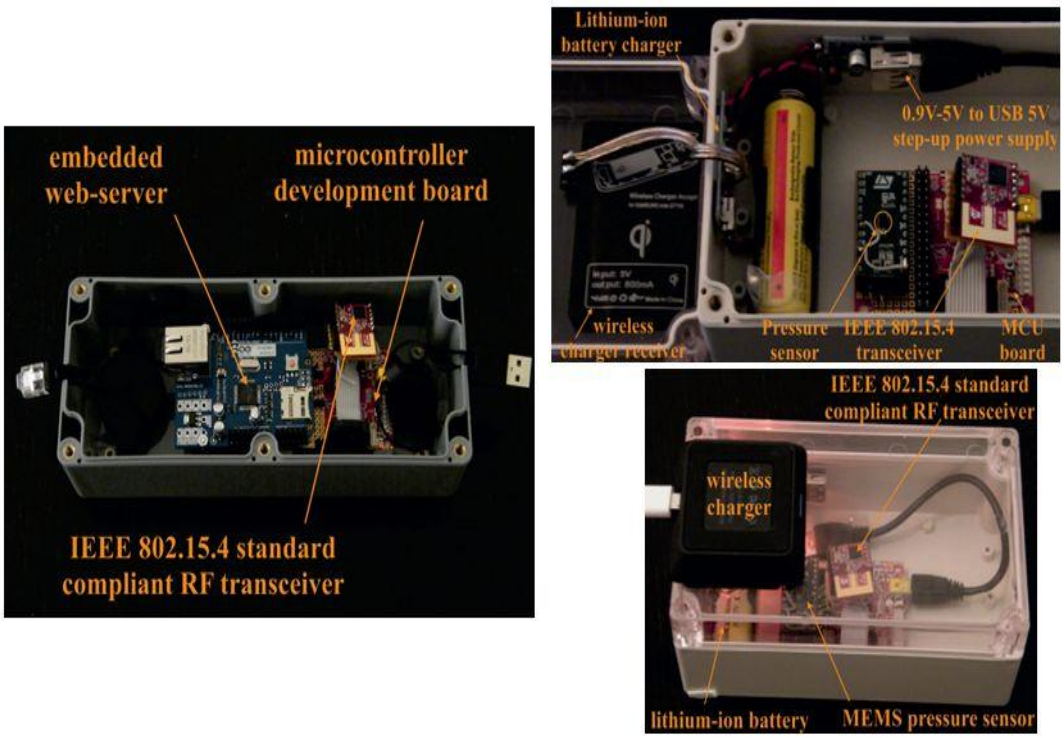


Σχήμα 2. Το αεροστεγές δοχείο που χρησιμοποιείται στα πειράματα και η όλη διάταξη σε λειτουργία



Το σχήμα 2 παρουσιάζει την κατασκευή, η οποία κλείνει αεροστεγώς και περιέχει τις συσκευές μέτρησης της πίεσης με τους αισθητήρες ΜΕΜΣ, όπως φαίνονται στο σχήμα 3.

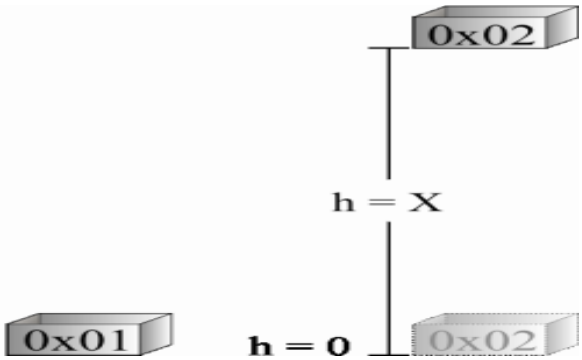
Σχήμα 3. Κατασκευαστικές λεπτομέρειες των συσκευών μέτρησης με τους αισθητήρες ΜΕΜΣ



3. Μέτρηση υψομετρικής διαφοράς

Ως δοκιμαστική εφαρμογή χρησιμοποιήθηκαν δύο αισθητήρες για τη μέτρηση και τον υπολογισμό του ύψους ενός κτιρίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 4. Στην περίπτωση αυτή οι δύο αισθητήρες Α και Β (0x01 και 0x02) έχουν τοποθετηθεί στην αρχή στο ίδιο ύψος (h=0 μέτρα).

Σχήμα 4. Διάγραμμα των θέσεων των αισθητήρων ΜΕΜΣ

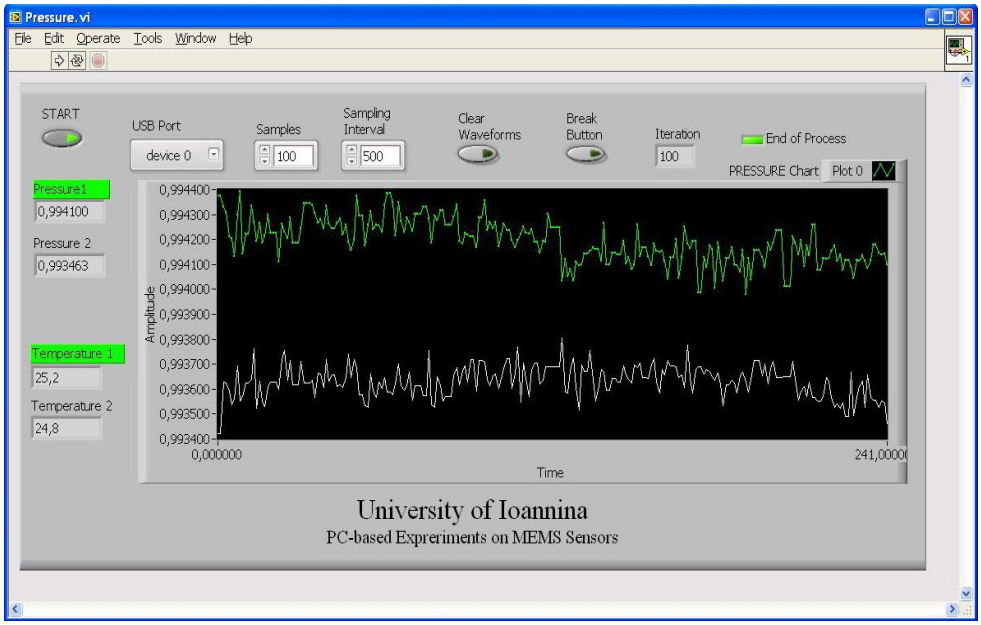


Η λήψη μετρήσεων υλοποιήθηκε μέσω LabView (σχήμα 5) ώστε να είναι δυνατή η επίδειξη του συστήματος από το διδάσκοντα κατά τη ανάλυση των θεωρητικών εννοιών που συσχετίζονται με τα πειράματα.

Αξίζει να σημειωθεί ότι αναπτύχθηκαν και προγράμματα σε Matlab, τα οποία πραγματοποιούν αυτόματη ανάλυση των μετρήσεων ατμοσφαιρικής πίεσης με γραφικές αναπαραστάσεις των δεδομένων, για την υποστήριξη της θεωρητικής εισαγωγής στο αντικείμενο που πρόκειται να πειραματιστούν οι διδασκόμενοι. Οι δύο πανομοιότυποι αισθητήρες εμφανίζουν απόκλιση στο σήμα εξόδου ακόμα και όταν μετράνε την ίδια τιμή ατμοσφαιρικής πίεσης. Η διαφορά αυτή έχει

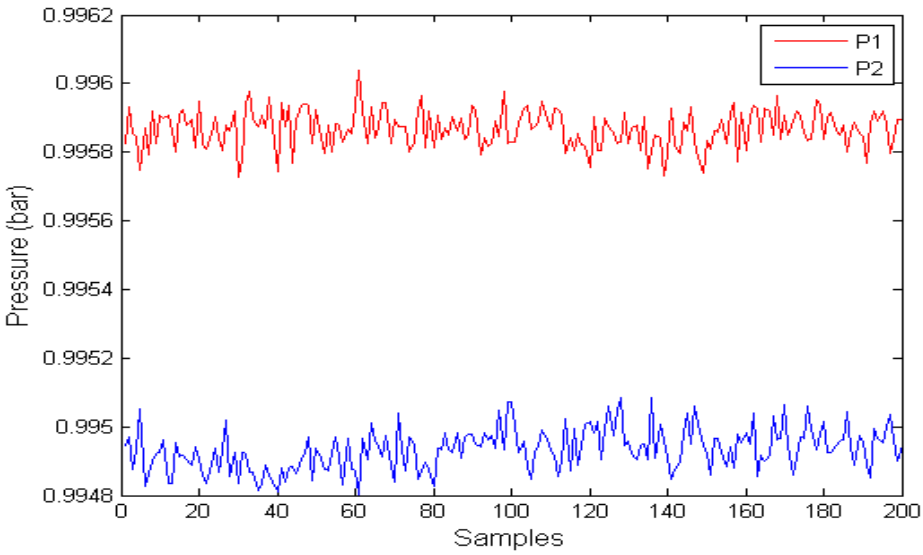
να κάνει με την ίδια την κατασκευή του αισθητήρα, και παρουσιάζεται στο σχήμα 6, όπου και οι δύο αισθητήρες βρίσκονται στο ίδιο ύψος (x=0m) και παρατηρείται απόκλιση στην μετρούμενη ένδειξη της πίεσης.

Σχήμα 5. Λήψη μετρήσεων μέσω LabVIEW



Για τον λόγο αυτό χρειάζεται βαθμονόμηση των υψομετρικών οργάνων για τον υπολογισμό της απόκλισης.

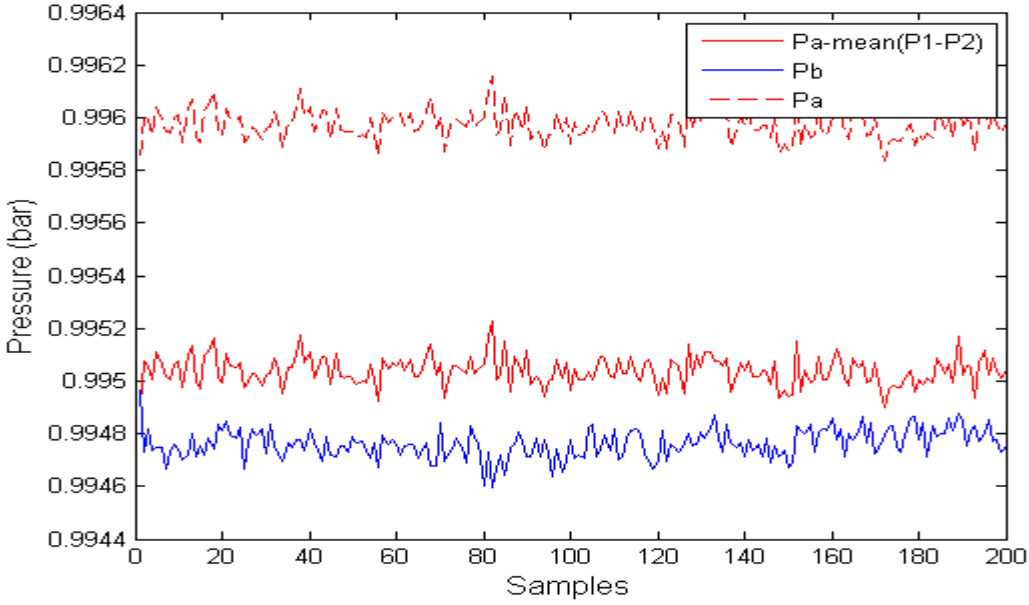
Σχήμα 6. Διάγραμμα των μετρήσεων των δύο αισθητήρων στο ίδιο σημείο (x=0m).



Στο σχήμα 7 φαίνονται οι μετρήσεις, από δοκιμαστική εφαρμογή, των δύο αισθητήρων μετά από την βαθμολόγησή τους για ύψος 2.3m, δηλαδή την απόσταση πατώματος και οροφής ενός δωματίου. Η κόκκινη γραμμή αναφέρεται στον αισθητήρα του πατώματος, η μπλε γραμμή στον αισθητήρα της οροφής (2.3m) και η διακεκομμένη κόκκινη γραμμή στην μέτρηση που

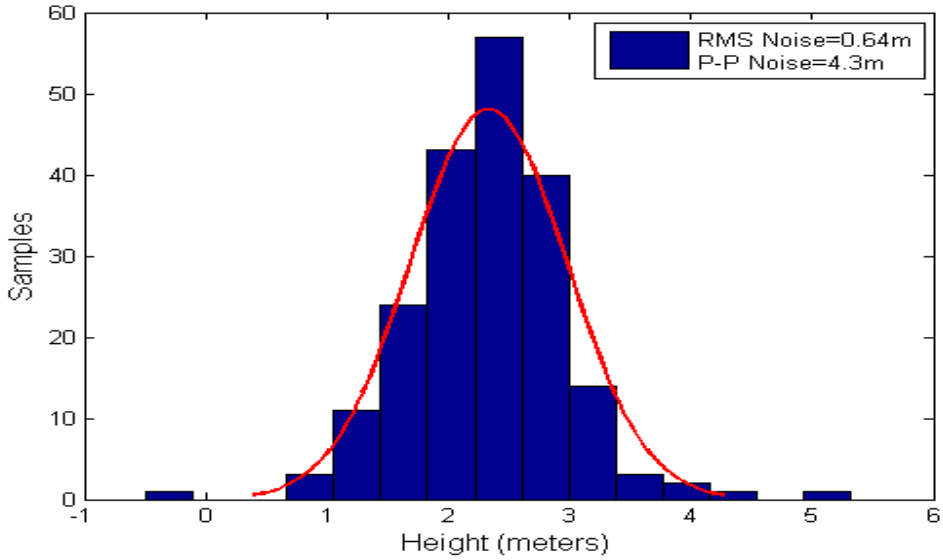
προκύπτει μετά από τη βαθμολόγηση (ουσιαστικά αφαίρεση του μέσου όρου των ενδείξεων των δύο αισθητήρων για το σημείο x=0m).

Σχήμα 7. Οι καμπύλες από τις μετρήσεις των αισθητήρων ΜΕΜΣ.



Από την γκαουσιανή κατανομή– RMS και Peak-to-Peak (P-P) θόρυβο του απόλυτου ύψους (σχήμα 8) η αναγωγή των μετρήσεων σε ύψος δίνει μια μέση τιμή x=2,59 m, δηλαδή μια ικανοποιητική τιμή που αποκλίνει από την πραγματική κατά 12.7%.

Σχήμα 8. Η γκαουσιανή κατανομή – RMS και Peak-to-Peak (P-P) του απόλυτου ύψους



4. Επίλογος

Η προτεινόμενη πειραματική διάταξη με τους αισθητήρες ΜΕΜΣ και τα πειράματα που μπορούν να γίνουν με αυτήν, αποτελεί έναν εξοπλισμό πολύ χαμηλού κόστους. Η διάταξη αυτή μπορεί να απευθυνθεί τόσο σε φοιτητές από απόσταση μέσω των δύο διαφορετικού τύπου

δικτύων κινητής τηλεφωνίας GSM και GPRS, ώστε ενώ στο εργαστήριο να υπάρχει μια μόνο διάταξη, με την ασύρματη επικοινωνία να κάνουν μετρήσεις ταυτόχρονα πολλοί φοιτητές. Επίσης ή ίδια διάταξη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ακόμη και σε φοιτητές που έχουν κινητικά προβλήματα (Μπολανάκης & Κώτσης, 2016), χωρίς να απαιτείται η φυσική τους παρουσία στο εργαστήριο.

5. Βιβλιογραφία

Μπολανάκης Ε. Δ. και Κώτσης Θ. Κ. (2016), Πείραμα για τη μέτρηση υψομετρικής διαφοράς: μία πρόταση για άτομα με κινητική αναπηρία, *στο Κουμαράς Π. (Επιμ.) Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες», Θεσσαλονίκη, σελ. 205-213.*

Στύλος, Γ., Κώτσης, Κ.Θ. & Εμβαλωτής Α. (2014). Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής (Α' Μέρος). *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 5, 7-15.

Bolanakis, D.E., Kotsis, K.T. & Laopoulos, T. (2015a). A prototype wireless sensor network system for a comparative evaluation of differential and absolute barometric altimetry. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 30(11), 20-28.

Bolanakis, D.E., Kotsis, K.T. & Laopoulos, T. (2015b). Temperature influence on differential barometric altitude measurements. *The 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS'2015)* (pp. 120-124), Poland.

Etkina, E., Heuvelen, A., Brookes, D.T. &Mills, D. (2002). Role of experiments in physics instruction – a process approach. *The Physics Teacher*, 40(6), 351-355.

Harms, U. (2000). Virtual and remote labs in physics education. *2nd European Conference on Physics Teaching in Engineering Education* (pp. 1-6), Budapest.

Kocijancic, S. (2002). Online experiments in physics and technology teaching. *IEEE Transactions on Education*, 45, 26-32.

Koponen, I.T. &Mäntylä, T. (2006). Generative role of experiments in physics and in teaching physics: A suggestion for epistemological reconstruction. *Science & Education*, 15(1), 31-54.

Morrison, A., Renaudin, V., Bancroft, J.B. &Lachapelle, G. (2012). Design and testing of a multi-sensor pedestrian location and navigation platform. *Sensors*, 12, 3720-3738.

Paces P. and Popelka J. (2013), "Performance evaluation of two altimeters intended for euler angles measurement", *Proc. of 2013 IEEE/AIAA 32nd Digital Avionics Systems Conference (DASC), East Syracuse, NY*, 2013, pp. 8C3-1 - 8C3-12.

Schauer, F., Ozvoldova, M. &Lustig, F. (2008). Real remote physics experiments across internet – inherent part of integrated e-learning. *International Journal of Online Engineering*, 4, 52-55.

Tang, W. &Tsai, Y-H (2005). Barometric altimeter short-term accuracy analysis. *IEEE Aerosp. Electron. Syst. Mag.*, 20, 24-26

Trumper, R. (2003). The physics laboratory – a historical overview and future perspectives. *Science & Education*, 12(7), 645-670.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ / ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΩΝΙΚΩΝ ΤΟΜΩΝ ΣΕ ΔΥΟ ΚΑΙ ΤΡΕΙΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕΣΩ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Παναγιώτης Τσάκωνας, Μιχαήλ Σαρρής, Ευάγγελος Βασιλείου, Χρήστος Χατζηχρήστος, Ηρακλής Νικολόπουλος

Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη
Στην εργασία αυτή περιγράφονται τα λειτουργικά χαρακτηριστικά της πρώτης έκδοσης διαδικτυακού λογισμικού για τη μελέτη και τη διδασκαλία των Κωνικών Τομών, των ιδιοτήτων τους και των εφαρμογών τους στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Το λογισμικό δοκιμάστηκε σε και αξιολογήθηκε από μαθητές της Β΄ Λυκείου. Η πειραματική διδασκαλία πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα τμήματα, εκ των οποίων ένα έπαιξε το ρόλο της ομάδας ελέγχου. Τα ακριβή αποτελέσματα της έρευνας αυτής παρουσιάζονται εδώ, μαζί με προτάσεις βέλτιστης ενσωμάτωσης τέτοιου τύπου λογισμικού στην εκπαιδευτική διαδικασία είτε αυτή αφορά τη διδασκαλία στην τάξη ή την εξ αποστάσεως εκπαίδευση.

Abstract
This paper discusses the operating characteristics of an initial version of software aiming to aid the teaching of conic sections, their properties and applications in Mathematics and Physical Sciences. The software was tested on and evaluated by students attending the second grade of Greek lyceum. Four separate groups of students were used one of which was the control group. The specific results of this research are presented in the full version of the paper, along with proposals concerning the optimum integration of such software in the educational process either taking place in the classroom or referring to distant learning.

1. Εισαγωγή

Η διδασκαλία των Κωνικών Τομών εντάσσεται στην ύλη των Μαθηματικών της Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών της Β΄ Λυκείου. Το αντίστοιχο κεφάλαιο του σχολικού εγχειριδίου ξεκινάμε την παρουσίαση των παραλλαγών των κωνικών τομών (Κύκλος, Παραβολή, Έλλειψη και Υπερβολή), όπου, εκτός από τις μαθηματικές ιδιότητες, αναφέρονται και άλλες που άπτονται των Φυσικών Επιστημών και των τεχνολογικών, ιατρικών και λοιπών εφαρμογών τους (ανακλαστική ιδιότητα παραβολής, διέλευση από τη δεύτερη εστία μιας έλλειψης κυμάτων που εκπέμπονται από την πρώτη και ανακλώνται στο εσωτερικό της, λιθοθρυψία, κατασκευή ανακλαστικών τηλεσκοπίων, κ.λπ.). Ακολούθως η μελέτη γενικεύεται με την εισαγωγή της εξίσωσης $Ax^2 + By^2 + \Gamma x + \Delta y + E = 0$ από τη μελέτη της οποίας οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν το είδος της κωνικής τομής από τη μορφή της εξίσωσης που κάθε φορά τους δίνεται.
Πιστεύουμε ότι η συγκεκριμένη ενότητα προσφέρεται για μια τρισδιάστατη παρουσίαση, μέσω αλληλεπιδραστικού λογισμικού προσομοίωσης - οπτικοποίησης, το οποίο θα διευκολύνει την κατανόηση εκ μέρους των μαθητών, θα αναδείξει τις σχέσεις των καμπυλών με το επίπεδο και τον κώνο, αλλά και μεταξύ τους, θα επιτρέψει στους μαθητές να εντοπίσουν χαρακτηριστικά που δε διδάσκονται, όπως για παράδειγμα το γεγονός ότι η εστία (η πρώτη όπου υπάρχουν δύο) καταλαμβάνει πάντα τη θέση (0,0) όταν ο άξονας συμμετρίας του κώνου συμπίπτει με κάποιον από τους άξονες του συστήματος αναφοράς, κ.λπ. Επίσης, θεωρούμε ότι ένα τέτοιο λογισμικό θα βοηθήσει τη διαθεματική προσέγγιση της μελέτης των κωνικών τομών, οι οποίες αναφέρονται σε διάφορα κεφάλαια της Φυσικής (σε *όλες* τις τάξεις του Λυκείου), όπως, ενδεικτικά, η κίνηση σε πεδία δυνάμεων (βαρυτικό, ηλεκτρικό, μαγνητικό), η ισόθερμη

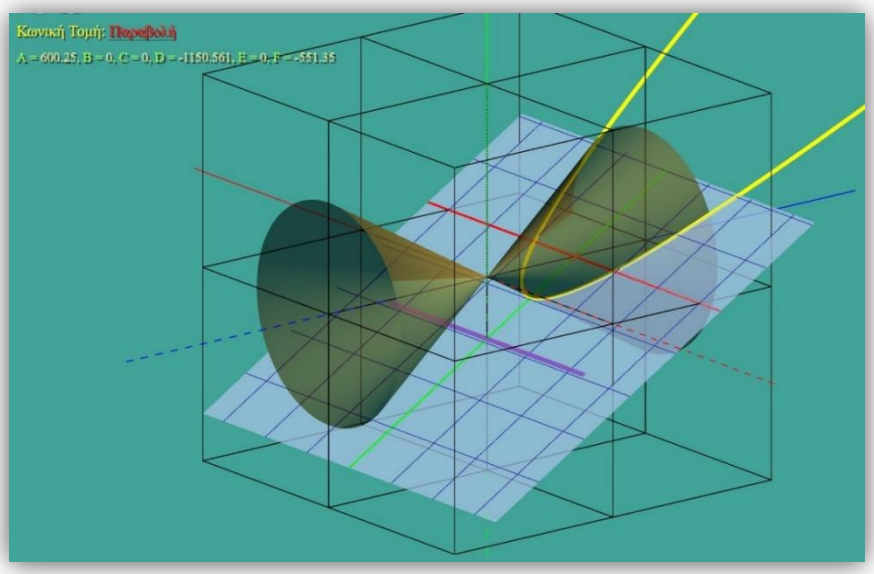
μεταβολή, η σχέση ταχύτητας – μετατόπισης σε Γραμμική Αρμονική Ταλάντωση, η δημιουργία κροσσών ενισχυτικής / αποσβετικής συμβολής σε δισδιάστατο ελαστικό μέσο, κ.λπ.

2. Μεθοδολογία / Ερευνητικά Ερωτήματα

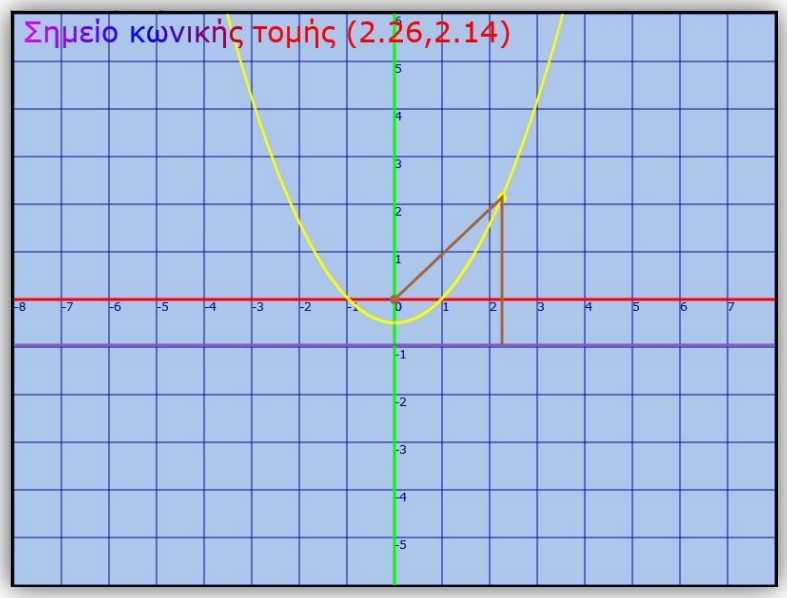
Με σκοπό τη διευκόλυνση της διδασκαλίας των Κωνικών Τομών από καθαρά μαθηματική σκοπιά, αλλά και την διαθεματική παρουσίαση της ενότητας αυτής, κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2015-2016 αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό λογισμικό ανοικτού κώδικα εκ μέρους ενός εκ των συγγραφέων, στη λειτουργικότητα και τα χαρακτηριστικά του οποίου συνεισέφεραν οι υπόλοιποι, με προοπτική να δοκιμαστεί στην τάξη κατά την επόμενη σχολική χρονιά (2016-2017).
Για τη δημιουργία του λογισμικού χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον της HTML5, η γλώσσα προγραμματισμού Javascript και η βιβλιοθήκη συναρτήσεων τρισδιάστατων γραφικών (API) WebGL. Σκόπιμα (Τσάκωνας & Καλκάνης 2013) το λογισμικό υλοποιήθηκε κατά τρόπο ώστε να διανέμεται διαδικτυακά, προκειμένου να:

- ελαχιστοποιηθούν δυσχέρειες τεχνικής φύσεως κατά την τοπική εγκατάσταση,
- επιτρέπεται άμεση διόρθωση σφαλμάτων, ενσωμάτωση προτεινόμενων τροποποιήσεων όπως προκύπτουν από τη χρήση και μελλοντικές αναβαθμίσεις χωρίς να απαιτείται εκ νέου διανομή και επανεγκατάσταση,
- αποφευχθούν εμπόδια από προγράμματα εναντίον των ιών, λόγω έλλειψης ψηφιακής υπογραφής,
- διευκολυνθεί η χρήση του από τους μαθητές / εκπαιδευτικούς σε ώρες εκτός μαθήματος ή / και σχολείου,
- επιτρέπεται η πρόσβαση και χρήση του λογισμικού και από εκπαιδευτικούς άλλων σχολικών μονάδων.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του λογισμικού υποστηρίζονται από όλους τους ευρέως χρησιμοποιούμενους φυλλομετρητές, οι οποίοι πλέον υποστηρίζουν εγγενώς την HTML5 και τη Javascript. Εξ άλλου οι απαιτήσεις στο επίπεδο της κάρτας γραφικών δεν θεωρούνται εξεζητημένες. Τέλος, έχει ληφθεί μέριμνα ώστε τα αρχεία κώδικα να έχουν το ελάχιστο δυνατό μέγεθος και η διακίνηση πληροφορίας να περιορίζεται σε μικρού μεγέθους εικόνες που χρησιμοποιούνται για το interface της εφαρμογής, ώστε ακόμη και συνδέσεις χαμηλής ταχύτητας, ή πολλαπλές ταυτόχρονες συνδέσεις από τη σύνδεση του σχολικού εργαστηρίου να μην καθυστερούν / εμποδίζουν την εκτέλεση του λογισμικού.
Για τη φιλοξενία του λογισμικού επιλέχθηκε χώρος του Πανελλήνιου Σχολικού Δικτύου, ο οποίος διατίθεται χωρίς κόστος (http://users.sch.gr/ptsakon/conic_sections/intro.html).
Στο περιεχόμενου του λογισμικού δόθηκε αρχικά έμφαση στην τρισδιάστατη απεικόνιση των σχετικών θέσεων κώνου και επιπέδου, τις οποίες ο χρήστης καθορίζει κατά βούληση είτε μέσω ευέλικτων χειριστηρίων ανοικτού λογισμικού (dat.gui) ή με το ποντίκι (η ευαισθησία του οποίου είναι δυνατό να προσαρμοστεί κατά την εκτέλεση του λογισμικού) και το πληκτρολόγιο. Διατίθενται δύο εναλλακτικές προβολές (ορθοκανονική και προοπτική, με τη δεύτερη να επιτρέπει αυξομείωση μεγέθυνσης), επιλέγεται δυναμικά η εμφάνιση / απόκρυψη στοιχείων της παρουσίασης (άξονες συστήματος αναφοράς, κυβικό πλέγμα, κώνος, επίπεδο, υποδιαιρέσεις κλίμακας, εστίες, διευθετούσες, ασύμπτωτες,) καθώς και οι χρωματικοί συνδυασμοί που προτιμά ο χρήστης ή που διευκολύνουν τη θέαση από την οθόνη του υπολογιστή / από προβολέα (για μεγάλο ακροατήριο). Επίσης οι διαστάσεις του επιπέδου, το ύψος, η γωνία κορυφής και το ποσοστό αδιαφάνειας του κώνου επιδέχονται ρυθμίσεων από το χρήστη. Τέλος διατίθεται προσομοίωση της κίνησης του επιπέδου ώστε να δημιουργούνται διαδοχικά όλες οι παραλλαγές κωνικών τομών. Η προσομοίωση εισάγει αυτόματα παύσεις σε εκείνες τις θέσεις του επιπέδου, που δημιουργούν κύκλο ή παραβολή, ώστε να διευκολύνεται ο εντοπισμός τους.



Εξ ίσου δυναμικό χαρακτήρα έχει και η δισδιάστατη απεικόνιση, στην οποία ο χρήστης βλέπει πληροφορίες που αφορούν στοιχεία ενδιαφέροντος (θέσεις κέντρου κύκλου - εστιών, εξισώσεις διευθετουσών – ασυμπτώτων), ή χαρακτηριστικές ιδιότητες που αναδεικνύονται κατά την ιχνηλασία της κωνικής τομής (για παράδειγμα ίσες αποστάσεις σημείου της παραβολής από την εστία και τη διευθετούσα – βλ. εικόνα που ακολουθεί).



Στην προβολή αυτή ο χρήστης μπορεί να ενεργοποιήσει το εργαλείο της βήμα προς βήμα μετάβασης από την γενική μορφή της εξίσωσης σε εκείνη που συνηθέστερα περιγράφει το επιλεγμένο είδος κωνικής τομής, καθώς επίσης και να αλλάξει με το ποντίκι του τα χαρακτηριστικά του γραφήματος και να δει άμεσα την αλλαγή στην εξίσωση, ή τις τιμές των συντελεστών της εξίσωσης και να δει την τροποποίηση της καμπύλης.
Η μετάβαση από την τρισδιάστατη στη δισδιάστατη απεικόνιση γίνεται με το πάτημα ενός κουμπιού, ώστε να διευκολύνεται η σύγκριση των δύο προβολών.

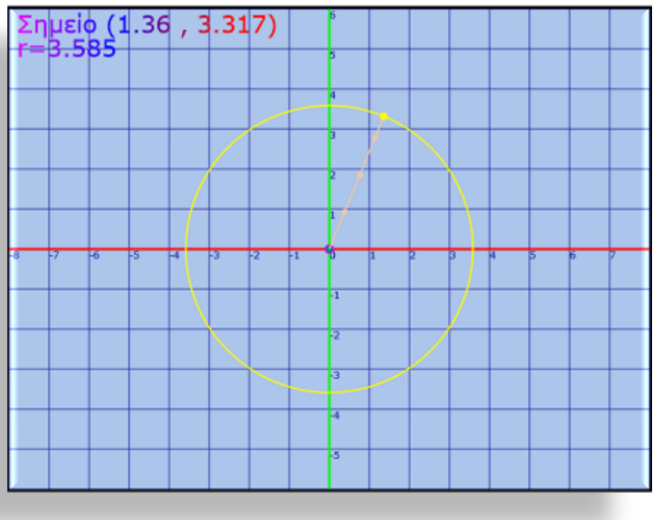
Επίσης διατίθεται η δυνατότητα ταυτόχρονης θέασης της τρισδιάστατης κωνικής τομής και της δισδιάστατης προβολής της, ώστε να ξεκαθαρίζονται ζητήματα αλλαγής των αναλογιών στους άξονες x και y κατά τη δισδιάστατη προβολή.
Το λογισμικό χρησιμοποιήθηκε, στο διάστημα Φεβρουαρίου-Μαρτίου 2017, σε 3 τμήματα (75 μαθητές) της Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών της Β΄ Λυκείου, εκ των οποίων το ένα αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου και τα άλλα δύο την ομάδα πειραματισμού και η εφαρμογή πραγματοποιήθηκε στο εργαστήριο πληροφορικής του σχολείου, ώστε οι μαθητές ανά δύο να έχουν στη διάθεσή τους έναν υπολογιστή και να μπορούν είτε να επαναλαμβάνουν τους χειρισμούς που εκτελούσε ο διδάσκων, τους οποίους πρόβαλε σε οθόνη διαδραστικού πίνακα είτε να ακολουθούν με το δικό τους ρυθμό τις οδηγίες από Φύλλο Εργασίας. Συνολικά διατέθηκαν 2 διδακτικές ώρες οι οποίες, με αναμόρφωση του ωρολογίου προγράμματος, ήταν συνεχόμενες.
Οι άξονες στους οποίους εστίασε η διδασκαλία ήταν:

- Αισθητοποίηση σχετικών θέσεων κώνου - επιπέδου
- Σύγκριση 3D και 2D απεικόνισης
- Αλγεβρική μορφή / απλοποίηση εξίσωσης Κ. Τ.
- Υποστήριξη μελέτης “εκτός ύλης”
- Διάκριση των τεσσάρων ειδών Κ. Τ.
- Ανάδειξη κριτηρίων ταυτοποίησης
- Προσομοίωση εναλλαγής μεταξύ των Κ. Τ.
- Χρήση του λογισμικού υπό καθοδήγηση αλλά και σε ατομικό επίπεδο
- Μελέτη ειδικών χαρακτηριστικών (κέντρο, εστίες, διευθετούσες)
- Επισκόπηση χαρακτηριστικής ιδιότητας Κ. Τ.
- Αλληλεπιδραστική τροποποίηση Κ. Τ. σε 3D και 2D.

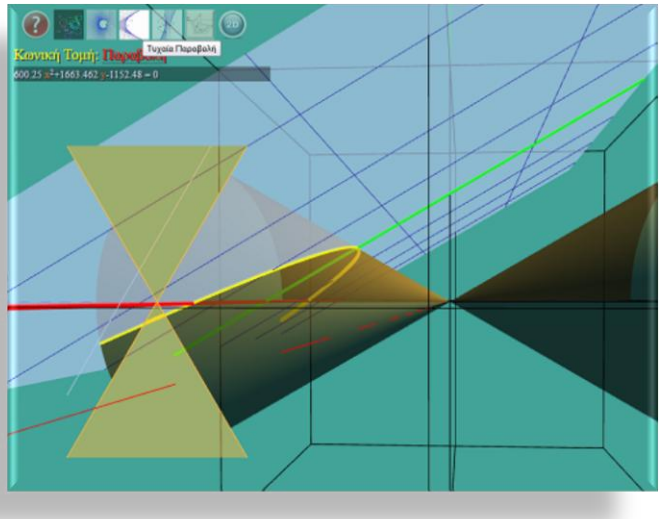
Το κύριο Ερευνητικό Ερώτημα ήταν κατά πόσο ένα τέτοιο λογισμικό βελτιώνει το βαθμό κατανόησης των μαθητών ως προς τις Κωνικές Τομές και των ιδιοτήτων τους.
Η διδασκαλία ξεκίνησε με δεκάλεπτη παρουσίαση / επίδειξη των δυνατοτήτων του λογισμικού και της φιλοσοφίας χειρισμού του. Σε όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας ήταν παρόντες δύο εκπαιδευτικοί ώστε να καλύπτουν τις απορίες των μαθητών ως προς το χειρισμό. Ακολούθως, διανεμήθηκε Φύλλο Εργασίας (που περιλάμβανε 6 ενότητες δραστηριοτήτων) με τη βοήθεια των οποίων οι μαθητές εκτέλεσαν προκαθορισμένες δοκιμασίες υπό μορφή διερεύνησης.
Η μελέτη ξεκίνησε με την περίπτωση του κύκλου και τη χρήση του κουμπιού “Τυχαίος Κύκλος”, το οποίο μετατοπίζει κατά τρόπο τυχαίο το επίπεδο ως προς τον κώνο, αλλά διατηρεί τον προσανατολισμό του σταθερό. Έτσι οι μαθητές επιβεβαίωσαν την (προφανή σε αρκετούς από αυτούς ιδέα) περί καθετότητας του επιπέδου στον άξονα συμμετρίας του κώνου. Ένα απόσπασμα αυτού του τμήματος του Φύλλου Εργασίας δίνεται ακολούθως:

- Επαναλάβατε το πάτημα του κουμπιού *Τυχαίος Κύκλος* μερικές φορές (σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα ώστε να ολοκληρώνεται η κίνηση του επιπέδου), έχοντας ανοιχτές τις ενότητες ρυθμίσεων *Προβολή* και *Επίπεδο*. Τι παρατηρείτε; Ελέγξτε τη σχέση του θy με το θ1. Δώστε στο θy τιμή 0 και πειραματιστείτε ξανά. Πώς πρέπει να τέμνει το επίπεδο τον κώνο, για να σχηματιστεί κύκλος; Γράψτε τα συμπεράσματά σας.

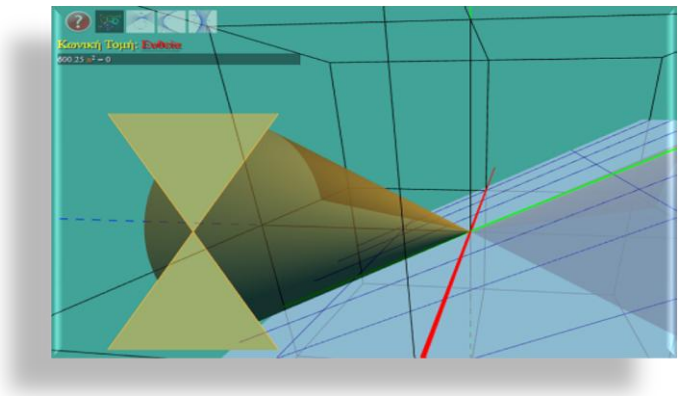
Στη συνέχεια πέρασαν σε δισδιάστατη προβολή όπου κλήθηκαν να αναγνωρίσουν την ιδιότητα των σημείων του κύκλου με χρήση της λειτουργίας ιχνηλασίας.



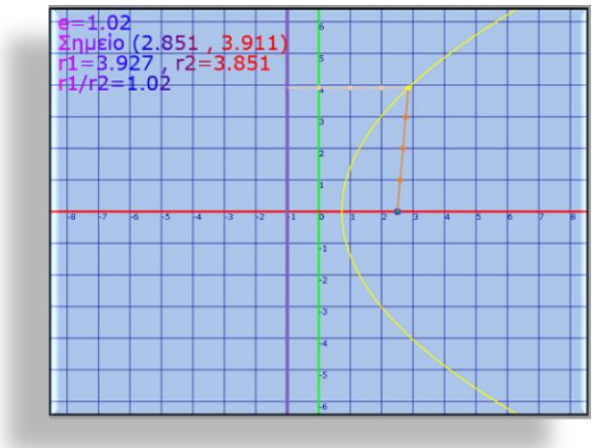
Τα ίδια στάδια ακολουθήθηκαν στη μελέτη της Παραβολής, όπου εισήχθησαν οι έννοιες της γενέτειρας του κώνου, της εστίας και της διευθετούσας. Στην περίπτωση αυτή ενεργοποιήθηκε και η δυνατότητα εμφάνισης μικρογραφίας (πλάγιας όψης) σε υπέρθεση ως προς την τρισδιάστατη προβολή, για να γίνει σαφέστερος ο σχετικός προσανατολισμός.



Ακολούθησαν οι μελέτες έλλειψης και υπερβολής που περιλάμβαναν παρόμοια βήματα. Σε ένα από τα τμήματα η διαδικασία συνεχίστηκε με τη διερεύνηση των τετριμμένων περιπτώσεων σημείου, δύο ευθειών και μίας ευθείας.



Το τελευταίο στάδιο περιλάμβανε ένα πανόραμα των Κωνικών Τομών με αλληλεπιδραστικό έλεγχο της εκκεντρότητας.



Η διερεύνηση / συζήτηση ολοκληρώθηκε με αναφορά στις τιμές της γωνίας κλίσης του επιπέδου σε σχέση με τον άξονα του κώνου (ή ένα κάθετο σε αυτόν επίπεδο), που αντιστοιχούν σε κάθε κωνική τομή.

3. Αποτελέσματα

Στο τέλος της δίωρης διδασκαλίας ζητήθηκε από τους μαθητές να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο αξιολόγησης του λογισμικού, που περιλάμβανε 15 ερωτήσεις κλειστού τύπου (10 με απάντηση ΝΑΙ/ΟΧΙ και 5 με διαβάθμιση τριών επιπέδων) και 3 ανοικτού.

1. Το μάθημα έγινε πιο ενδιαφέρον και ευχάριστο με τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών;	ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
2. Συμμετείχατε περισσότερο ενεργά και αποτελεσματικά στο μάθημα;	ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
3. Οι Νέες Τεχνολογίες ενίσχυσαν τη διαδικασία της μάθησης;	ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
4. Η διδασκαλία του μαθήματος με τις Νέες Τεχνολογίες υπήρξε ποιοτική;	ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
5. Η ποιότητα των ερωτήσεων στα φύλλα εργασίας καθόρισε και την ποιότητα της διδασκαλίας;	ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
6. Η χρήση των Νέων Τεχνολογιών σας βοήθησε να κατανοήσετε δύσκολα σημεία του μαθήματος;	ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
7. Οι μαθητές πρέπει να ανακαλύπτετε μόνοι σας τη γνώση, αξιοποιώντας την υπάρχουσα;	ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
8. Ενισχύθηκε η αυτενέργεια και η κριτική σας σκέψη;	ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
9. Η καθοδήγηση από τον διδάσκοντα είναι απαραίτητη;	ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐
10. Λειτουργήσατε ομαδοσυνεργατικά και επικοινωνήσατε ως ομάδα;	ΝΑΙ ☐ ΟΧΙ ☐

11. Βαθμολογήστε το interface του προγράμματος ως προς την ευχρηστία:
α. Καλό β. Μέτριο γ. Κακό

12. Η τρισδιάστατη απεικόνιση βοηθάει στην κατανόηση των Κωνικών Τομών:
α. Πολύ β. Μέτρια γ. Καθόλου

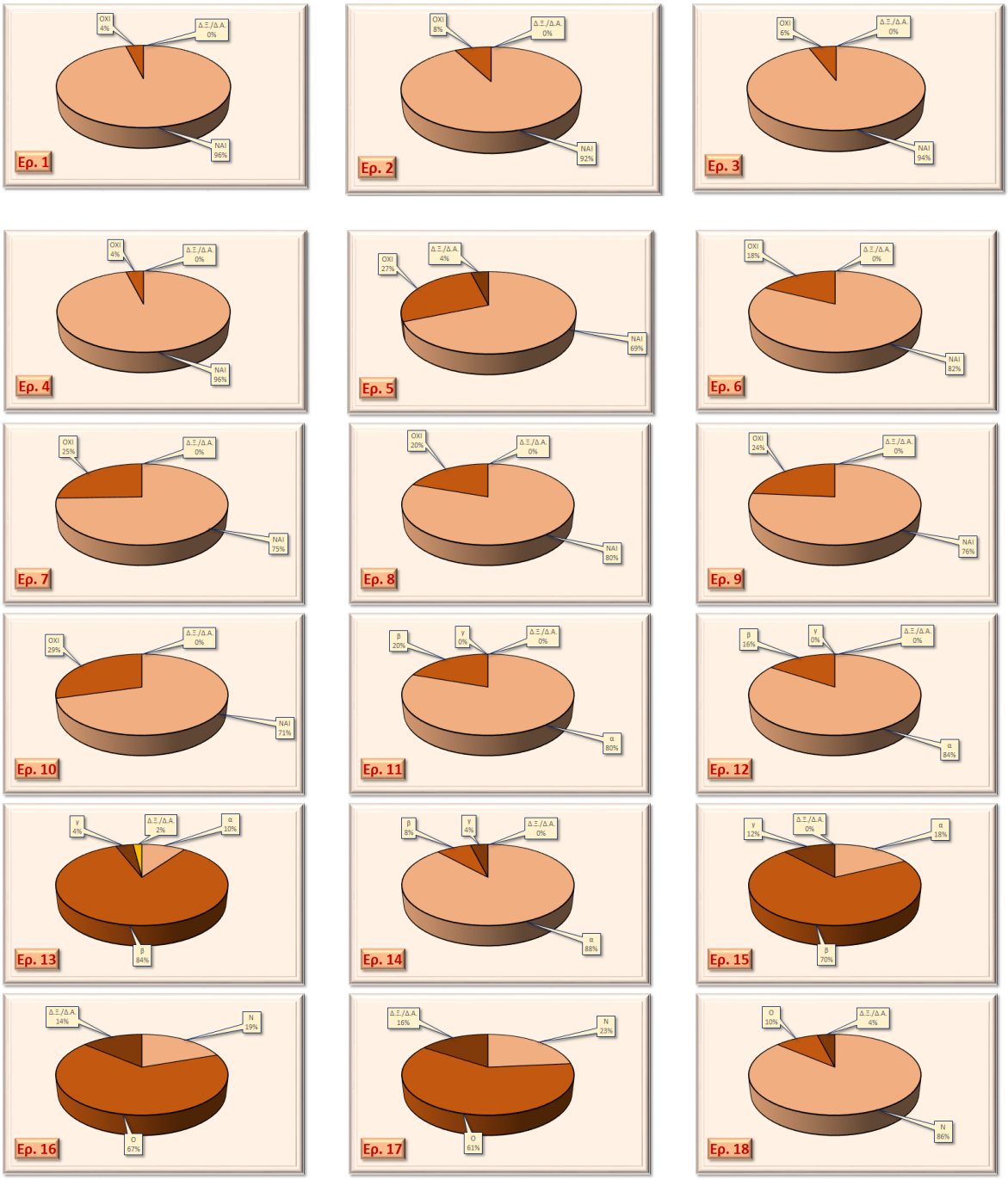
13. Η ποσότητα της παρεχόμενης πληροφορίας από το λογισμικό είναι:
α. Υπερβολική β. Επαρκής γ. Ελλειμματική

14. Η εναλλαγή μεταξύ τρισδιάστατης και δισδιάστατης προβολής είναι:
α. Χρήσιμη β. Αδιάφορη γ. Παραπλανητική

15. Αν ο καθηγητής σας πρότεινε να δουλέψετε προαιρετικά με το λογισμικό στο σπίτι, χωρίς διδασκαλία στην τάξη, θα το χρησιμοποιούσατε:
α. Οπωσδήποτε β. Ίσως γ. Σε καμία περίπτωση

"16. Ποιο χαρακτηριστικό του λογισμικοφ (αν κατά τη γνϊμ η σας υπάρχει κάποιο) θεωρείτε περιττό;"
"17. Ποια είναι η κυριότερη λειτουργία (αν κατά τη γνϊμ η σας υπάρχει κάποια) που λείπει από το λογισμικό;"
"18. Θεωρείτε ότι ο χρόνος που αφιερϊθη κε στη διδασκαλία με χρήση του λογισμικοφ ήταν αποδοτικός ή όχι; Επιχειρηματολογήστε υπζρ της άποψής σας."

Η συμπλήρωση έγινε ανώνυμα, προκειμένου να ελαχιστοποιηθεί η τάση υπερβολικά θετικής αξιολόγησης λογισμικού που έχουν δημιουργήσει ή/και παρουσιάζουν οι καθηγητές τους. Ακόμη και έτσι όμως οι περισσότερες απαντήσεις ήταν θετικές.

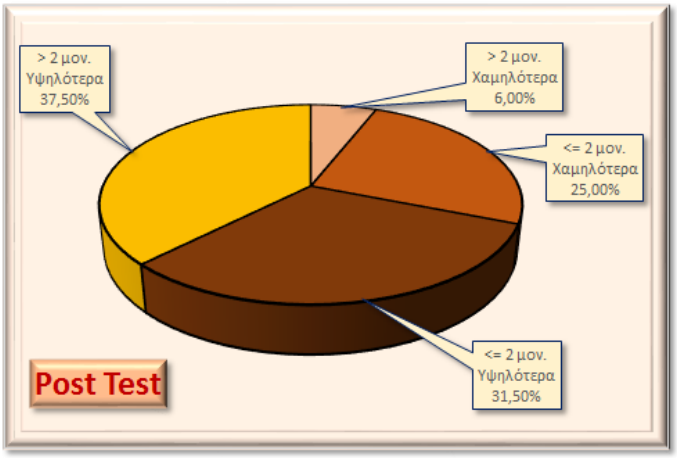


Ενδεικτικά αναφέρονται οι προτάσεις που λάβαμε στην ερώτηση 17

- Ταχύτερη απόκριση ποντικιού
- Ονομασία αξόνων
- Διαχωρισμός zoom / scroll
- Γενικός τύπος Κ. Τ.
- Φωνητική (;!) / γραπτή καθοδήγηση
- Γωνίες κλίσης στη μικρογραφία

Λόγω έλλειψης προϋπάρχουσας γνώσης επί του θέματος των Κωνικών Τομών δε δόθηκε ερωτηματολόγιο πριν τη διδασκαλία (pre-test). Αντίθετα, επιλέχθηκε να γίνει σύγκριση των βαθμολογικών στοιχείων του post-test (που δόθηκε σε επόμενη διδακτική ώρα) με την επίδοση των μαθητών σε άλλα διαγωνίσματα μαθηματικών. Χωρίσαμε τις επιδόσεις σε 4 κατηγορίες με βάση τη βαθμολογική διαφορά (διαφορά μεγαλύτερη / μικρότερη των 2 μονάδων της εικοσάβαθμης κλίμακας είτε προς τα πάνω είτε προς τα κάτω). Οι κατηγορίες και τα αποτελέσματα δίνονται ακολούθως:

post Test (%)	
> 2 μον. Χαμηλότερα	6
<= 2 μον. Χαμηλότερα	25
<= 2 μον. Υψηλότερα	31,5
> 2 μον. Υψηλότερα	37,5



4. Συμπεράσματα

Η προγενέστερη εμπειρία υποδηλώνει ότι η ανάπτυξη εφαρμογών σε διαδικτυακό περιβάλλον παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα έναντι άλλων τρόπων διάθεσης λογισμικού. Η τεχνολογία έχει πλέον ωριμάσει τόσο ώστε να επιτρέπει τη δημιουργία λογισμικού αξιώσεων τόσο ως προς τη λειτουργικότητά του και την ποιότητα του interface του, όσο και ως προς την ταχύτητα δημιουργίας εικόνων (CGI) προσομοίωσης / οπτικοποίησης σε δύο και τρεις διαστάσεις και σε πραγματικό χρόνο.

Προκύπτει επίσης ότι μια εικαστικά επιμελημένη και αλληλεπιδραστική παρουσίαση όχι μόνο αναζωογονεί το ενδιαφέρον για θέματα διδασκαλίας εκείνων των μαθητών που ανήκουν στη γενιά που επικοινωνεί κυρίως με εικόνες, αλλά, όσο πιο πολλούς βαθμούς ελευθερίας περιλαμβάνει, τόσο περισσότερο τους παρακινεί να πειραματιστούν με το λογισμικό σε επίπεδο αυτοδιδασκαλίας και είτε να αναζητήσουν περισσότερες λεπτομέρειες για αυτό που βλέπουν στο βιβλίο (σχολικό ή άλλο) είτε να ανακαλύψουν όψεις που δεν περιλαμβάνονται σε κανένα έντυπο.

Τέλος, η μόνιμη διαδικτυακή διαθεσιμότητα του λογισμικού μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για επέκταση της μελέτης των κωνικών τομών και σε άλλα μαθήματα, όπως για παράδειγμα η μελέτη της συμβολής κυμάτων (που περιλαμβάνεται στην ύλη της Φυσικής Προσανατολισμού της Γ΄ τάξης), όπου οι γεωμετρικοί τόποι των σημείων που παρατηρείται απόσβεση ή ενίσχυση

αποτελούν κλάδους υπερβολών, ή ακόμη και σε εφαρμογές εκτός των ορίων της σχολικής θεματολογίας, όπως η ανακλαστική ιδιότητα της παραβολής και της έλλειψης.

5. Βιβλιογραφία

Τσάκωνας Π., Καλκάνης Γ. Θ. (2013) Η τρίτη Διάσταση σε 3D Προσομοιώσεις / Οπτικοποιήσεις Πραγματικού Χρόνου για την (διαδικτυακή και επιτόπια) Εκπαίδευση – Προτάσεις και Εφαρμογές. *8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση,* 115–122.

Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΝΟΣ ΕΙΔΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΕΝΟΥ LMS ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

Αντώνης Σκέλλας, Δέσποινα Γαρυφαλλίδου, Γιώργος Ιωαννίδης

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Πατρών

Περίληψη
Σε αυτή τη μελέτη, παρουσιάζονται τα πρώτα αποτελέσματα της εκπαιδευτικής δοκιμής ενός Συστήματος Διαχείρισης Μάθησης (LMS) σχεδιασμένου για τη διδασκαλία των θερμικών φαινομένων. Ο σχεδιασμός του LMS έχει περιγραφεί σε προηγούμενη μελέτη. 93 μαθητές δημοτικού χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Η πειραματική ομάδα (N=47) διδάχθηκε αξιοποιώντας τεχνολογίες όπως τα LMS, ακολουθώντας μια προσέγγιση μεικτής μάθησης και χρησιμοποιώντας 1 υπολογιστή ανά μαθητή. Η ομάδα ελέγχου (N=46) διδάχτηκε τα ίδια αλλά χρησιμοποιήθηκαν παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας. Εδώ παρουσιάζεται μέρος από τα αποτελέσματα των post-test που προέκυψαν από τη σύγκριση των δύο ομάδων. Η σύγκριση φανερώνει σημαντικό πλεονέκτημα στη χρήση τεχνολογιών LMS στη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών στο δημοτικό.

Abstract
In this study, some first results of the educational trial of a Learning Management System (LMS) designed to assist the teaching of thermal phenomena are presented, while the detailed LMS design has already been described elsewhere. The 93 elementary students participating were divided into two groups. The experimental group (N = 47) was taught utilizing technologies such as the suitably adapted LMS, following a blended learning approach, and using one computer per student. The control group (N = 46) was taught by the same teacher using traditional teaching methods. Results presented herein derive solely from direct comparison between post-tests from the aforementioned groups. These findings suggest a significant educational advantage in using technologies such as suitably adapted LMS, for teaching Science in primary schools.

1. Εισαγωγή

Η κατανόηση των θερμικών φαινομένων είναι απαραίτητη για την κατανόηση του κόσμου μας. Σημαντικές πτυχές της καθημερινής ζωής καθορίζονται από τη ζέστη και το κρύο. Η διδασκαλία των θερμικών φαινομένων είναι εκπαιδευτικά δύσκολη. Οι μαθητές σχηματίζουν τις πρώτες ιδέες τους για τα θερμικά φαινόμενα σε πολύ μικρή ηλικία. Αυτές συχνά είναι ασαφείς και διαφέρουν από το επιστημονικά ορθό.
Τα Συστήματα Διαχείρισης Μάθησης (LMS) μπορούν να βρουν ίσως εφαρμογή στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, δεδομένου ότι επιτρέπουν την αναπαράσταση των φαινομένων, ενισχύουν την μελέτη μέσω πειραμάτων και επιτρέπουν τη δημιουργία μοντέλων και την επίλυση προβλημάτων (Kidney et al., 2007; Psycharis, 2011). Ενώ ο σχεδιασμός, η λειτουργία και τα χαρακτηριστικά των διαφόρων LMS έχουν διερευνηθεί επαρκώς (Lonn & Teasley 2009), οι πραγματικές εκπαιδευτικές μελέτες είναι λίγες και περιορίζονται κυρίως σε φοιτητές του Πανεπιστημίου. Υπάρχουν ελάχιστες εκπαιδευτικές δοκιμές σε μαθητές δημοτικού, ασαφείς στο σχεδιασμό του εκπαιδευτικού περιεχομένου (Becta, 2003; Berry, 2006), και με ανεπαρκώς καθορισμένους στόχους. Η παρούσα μελέτη εστιάζει στην ανάπτυξη, υλοποίηση και αξιολόγηση μιας νέας εκπαιδευτικής προσέγγισης, όπου το περιεχόμενο παραδίδεται σε μαθητές 10-12 ετών, μέσω του διαδικτύου, στο πλαίσιο μεικτής μάθησης. Θα πρέπει να

επισημανθεί όμως ότι αυτή η ερευνητική προσπάθεια είναι σε εξέλιξη. Οι περιορισμοί που προκύπτουν από το μέγεθος που πρέπει να έχει ένα άρθρο που παρουσιάζεται σε επιστημονικό συνέδριο δεν επιτρέπουν την παρουσίαση και την συστηματική τεκμηρίωση του LMS καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των μαθητών αλλά και της διδασκαλίας. Αυτά θα παρουσιαστούν σε άλλη μελέτη.

2. Μεθοδολογία

Σχεδίαση

Μια σειρά μαθημάτων για τη διδασκαλία των θερμικών φαινομένων (θέρμανση και ψύξη εσωτερικών χώρων, θερμαντικές μηχανές και αντλίες θερμότητας, θερμόμετρα, θερμική αλληλεπίδραση και ισορροπία, διάκριση θερμότητας και θερμοκρασίας, αγωγοί και μονωτές, τρόποι διάδοσης θερμότητας, διαστολή και συστολή, αλλαγή κατάστασης υλικών) σχεδιάστηκε (Skellas & Ioannidis 2011) και αναπτύχτηκε για χρήση με LMS-Moodle 2.6. Το Moodle προσφέρει μια σειρά χρήσιμων εργαλείων, σεβόμενο παράλληλα την κοινωνικο-δομική προσέγγιση (Duit & Treagust 1998). Οι μαθητές εργάστηκαν σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες ακολουθώντας μια προσέγγιση μεικτής μάθησης (χαρτί και μολύβι μαζί με on-line δραστηριότητες).
Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα εκπαιδευτικού σχεδιασμού. Αυτό που έχει γνωρίσει ευρεία αποδοχή είναι το μοντέλο του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού (Systems Approach Model) των Dick & Carey (2011). Η εκπαιδευτική παρέμβαση σχεδιάστηκε σύμφωνα με αυτό. Κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της εκπαιδευτικής παρέμβασης ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

- Αναγνώριση Εκπαιδευτικών Σκοπών
- Διεξαγωγή Εκπαιδευτικής Ανάλυσης
- Ανάλυση Εκπαιδευομένων και Μαθησιακού Πλαισίου
- Καθορισμός Στόχων Επίδοσης
- Ανάπτυξη Εργαλείων Αξιολόγησης
- Ανάπτυξη Εκπαιδευτικής Στρατηγικής
- Διαμορφωτική Αξιολόγηση
- Τελική Αξιολόγηση

Η εκπαιδευτική παρέμβαση

Σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον που βασίζεται στο διαδίκτυο, οι μαθητές αλληλεπιδρούν με το δάσκαλο, ενώ καθοδηγούνται από το εκπαιδευτικό περιεχόμενο. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω βιντεο μαθημάτων, on-line αναθέσεων στόχων, ερωτηματολογίων, projects, φόρουμ μαθητών κλπ. Οι μαθητές ενθαρρύνονται να επαναλάβουν το μάθημα όσες φορές επιθυμούν. Αν οι μαθητές αποτύχουν στους προκαθορισμένους στόχους, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να βοηθήσουν με επιπλέον εκπαιδευτικό υλικό. Στο τέλος, όλοι οι μαθητές θα έχουν ολοκληρώσει το μάθημά.
Η εκπαιδευτική δοκιμή είχε διάρκεια 12 διδακτικών ωρών στην τάξη, ενώ 2 ακόμα ώρες χρειάστηκαν για την συμπλήρωση των pre και post-test. Στόχος ήταν να συγκριθεί η αποτελεσματικότητα μιας διδασκαλίας που είχε σχεδιαστεί με χρήση LMS με εκείνη μιας συμβατικής. Δύο ομάδες μαθητών συμμετείχαν στην εκπαιδευτική δοκιμή. Η πρώτη ήταν η πειραματική ομάδα (N = 47), που διδάχθηκε με τη χρήση LMS και η Ομάδα Ελέγχου (N = 46),

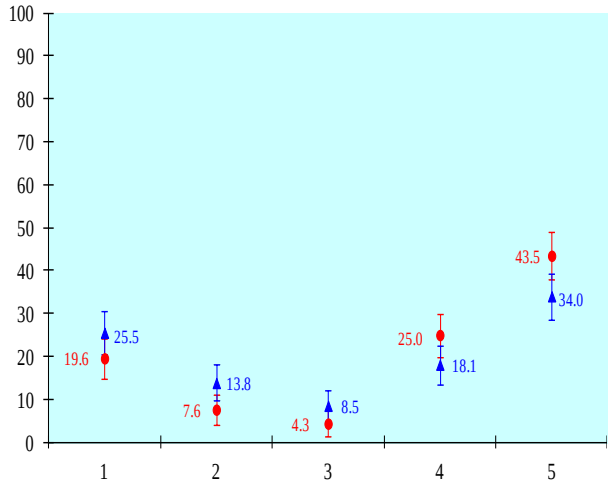
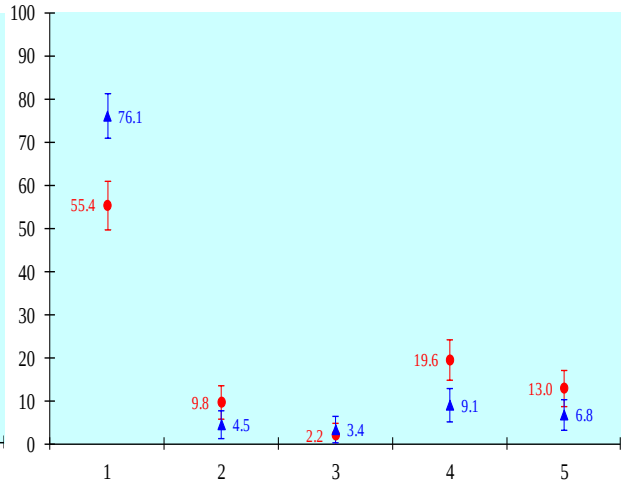
η οποία διδάχτηκε - από τον ίδιο εκπαιδευτικό- το ίδιο μαθησιακό περιεχόμενο με παραδοσιακή μέθοδο.
Αρχικά, όλοι οι μαθητές απάντησαν σε ερωτηματολόγιο pre-test. Δύο εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση της εκπαιδευτικής παρέμβασης οι μαθητές συμπλήρωσαν το post-test. Οι διαφορές ανάμεσα στις δύο προσεγγίσεις δείχνουν το βαθμό επίτευξης των στόχων.

3. Αποτελέσματα

Όλα τα αριθμητικά αποτελέσματα υπολογίστηκαν χρησιμοποιώντας ειδικά κατασκευασμένο λογισμικό, σε συνδυασμό με δημοφιλές υπολογιστικό πακέτο γραφικών παραστάσεων. Λήφθηκε ειδική μέριμνα για την αποφυγή των συστηματικών σφαλμάτων ενώ το εναπομείναν συστηματικό σφάλμα, καθορίστηκε στο 2,2%.
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται σε ιστογράμματα. Κάθε σημείο απεικονίζει το ποσοστό των μαθητών που κατέχουν μια συγκεκριμένη ιδέα. Οι μπάρες σφάλματος στα ιστογράμματα αντιπροσωπεύουν μία ολική τυπική απόκλιση σε κάθε πλευρά. Οι ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν ήταν είτε τύπου σωστού-λάθους είτε σύντομης απάντησης. Έγινε ομαδοποίηση των απαντήσεων «σύντομου κειμένου» από τους ερευνητές. Από την ανάλυση των δεδομένων του post-test εξήχθησαν μερικά πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας με χρήση ΤΠΕ όπως είναι τα LMS.

Τα ερευνητικά αποτελέσματα των post-test

Μπορείς να γράψεις 2 προτάσεις χρησιμοποιώντας τη λέξη «θερμότητα»

Pre-test	Post-test
	
Σχήμα 1 1. Απάντησε σωστά 2. Απάντησε με πρόταση από γραμματική[1] 3. Απάντησε με ασαφή πρόταση 4. Απάντησε λανθασμένα 5. Δεν απάντησε Κόκκινοι κύκλοι: Ομάδα Ελέγχου – διδασκαλία χωρίς χρήση LMS, N=46 Μπλε τρίγωνα: Πειραματική ομάδα –διδασκαλία με χρήση LMS, N=47	Σχήμα 2 1. Απάντησε σωστά 2. Απάντησε με πρόταση από γραμματική 3. Απάντησε με ασαφή πρόταση 4. Απάντησε λανθασμένα 5. Δεν απάντησε Κόκκινοι κύκλοι: Ομάδα Ελέγχου – διδασκαλία χωρίς χρήση LMS, N=46 Μπλε τρίγωνα: Πειραματική ομάδα –διδασκαλία με χρήση LMS, N=44

[1] Στην ομάδα αυτή κατατάχτηκαν προτάσεις οι οποίες είναι ορθές από συντακτική πλευρά αλλά αόριστες από πλευράς φυσικής όπως π.χ. «στη φυσική κάνουμε την ενότητα της θερμότητας» ή «ζεστιαξα με πρόταση με τη λέξη θερμότητα»

4. Συμπεράσματα

Το πρώτο συμπέρασμα είναι ότι εκπαιδευτικό περιεχόμενο για LMS, που είναι σχεδιασμένο σύμφωνα με τις αρχές του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για να διδάξει Φ.Ε. ακόμη και στο δημοτικό.
Στόχος κάθε διδασκαλίας Φυσικών επιστημών είναι η τελική κατανόηση των εννοιών, κάτι σύνθετο και πολυπαραγοντικό. Χωρίς αυτό να αποτελεί αναγκαστικά την μόνη αιτία βελτίωσης, φαίνεται ότι η πειραματική ομάδα, η οποία, εκτός από την διαφοροποίηση κατά την διδασκαλία, είχε επιπροσθέτως την ευκαιρία να επαναλάβει το μάθημα στο σπίτι (βλέποντας τα βίντεο και εκτελώντας μια σειρά από δραστηριότητες), και σχημάτισε τελικά (με οποιονδήποτε τρόπο) μια καλύτερη ιδέα για την έννοια της θερμότητας. Προκαταρκτική μελέτη των log-files, η ανάλυση των οποίων αποτελεί αντικείμενο άλλης έρευνας, δείχνει να τεκμηριώνει ότι οι μαθητές της ομάδας αυτής επανέλαβαν την μελέτη του εκπαιδευτικό περιεχόμενου στο σπίτι, κάτι που συμφωνεί και με ευρήματα άλλων ερευνητών (Γαρυφαλλίδου, Δ.Μ. και Ιωαννίδης, Γ.Σ., 2009). Αυτό φαίνεται να δείχνει ότι αν παρέχουμε στους μαθητές επαρκές και ενδιαφέρον δικτυακό εκπαιδευτικό υλικό, αυτοί θα αφιερώσουν χρόνο και προσπάθεια στη μελέτη του, και ως εκ τούτου, θα επιτευχθεί καλύτερη κατανόηση. Έτσι, μια χρήση κατάλληλα διαμορφωμένου LMS φαίνεται να έχει, εκτός της όποιας διαφοροποίησης κατά την διδασκαλία, και προσθετική αξία, όπως αποδεικνύεται από την άμεση σύγκριση των post-test. Όμως, αν και οι μαθητές φαίνεται να επιθυμούν να αφιερώσουν κάποιο προσωπικό χρόνο στη μελέτη εκπαιδευτικού υλικού που να βασίζεται στις ΤΠΕ, δυστυχώς οι περισσότεροι σήμερα χρησιμοποιούν τον υπολογιστή τους αποκλειστικά για παιχνίδια και μέσα κοινωνικής δικτύωσης, καθότι το υπάρχον υλικό συνήθως είτε δεν είναι επαρκές, είτε είναι διαθέσιμο μόνο σε κάποιες βασικές ξένες γλώσσες.
Τα πρώτα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ είναι πολύ ενθαρρυντικά, αν και χρήζουν περαιτέρω πειραματικής επιβεβαίωσης. Η πρώτη σύγκριση μεταξύ των δύο ομάδων έδειξε ότι η χρήση κατάλληλα διαμορφωμένου LMS φαίνεται να έχει σαφή εκπαιδευτικά πλεονεκτήματα. Συμπερασματικά, τα LMS αποδεικνύονται πολύ σημαντικά εργαλεία που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά όχι μόνο στην Τριτοβάθμια και Δευτεροβάθμια, αλλά και στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.

5. Βιβλιογραφία

Γαρυφαλλίδου, Δ.Μ. και Ιωαννίδης, Γ.Σ. (2009) Η ενέργεια ως ενιαίο σύνολο πολλαπλών μορφών και χαρακτηριστικών - μια διδακτική προσέγγιση με και χωρίς χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού.6^{ο} *Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση,*ISBN 978-960-89650-3-4, σελ. 259 – 266.

Berry, M. (2006) *An investigation of the effectiveness of virtual learning environment implementation in primary education*, University of Leicester.

British Educational Communications and Technology Agency (Becta) (2003) A review of the research literature on the use of managed learning environments and virtual learning environments in education, and a consideration of the implications for schools in the united kingdom, Coventry, Becta.

Dick, W., Carey, L. & Carey, J.O. (2011) The Systematic Design of Instruction 7th ed., Pearson Education, New York, NY, pp. 06- 11

Duit, R. & Treagust, D. (1998) Learning in science: From behaviourism towards social constructivism and beyond. International handbook of science education, Kluwer Academic Publishers, pp. 3-26.

Lonn, S. & Teasley, S. D. (2009) Saving time or innovating practice: Investigating perceptions and uses of Learning Management Systems. Computers & Education, Volume 53, Issue 3, pp. 686- 694.

Psycharis, S. (2011). The computational experiment and its effects on approach to learning and beliefs on Physics. Computers & Education, 56, 547-555.

Skellas, A.I. & Ioannidis, G.S. (2011) Web-design for learning primary school Science using LMSs: Evaluating specially designed task-oriented design using young schoolchildren. 14th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL) 2011, pp. 313 – 318.

ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΣ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΤΗΝ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΖΩΗ

Σοφοκλής Σωτηρίου[1], *Ελπίδα Γιαλούρη*[2]

[1] Ελληνογερμανική Αγωγή
[2] Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Περίληψη
Η χρήση του συστήματος Lab of Tomorrow επιτρέπει τη συλλογή δεδομένων κατά τη διάρκεια των καθημερινών δραστηριοτήτων των μαθητών και τη χρήση τους ως πειραματικών στοιχείων. Ενσωματώνοντας μία σειρά αισθητήρων στα ρούχα και στα παιχνίδια, μπορεί κανείς να μετατρέψει το παιχνίδι σε αντικείμενο πειραματισμού και μελέτης, παρουσιάζοντας μία σειρά φυσικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές να καταλαβαίνουν τη σύνδεση τους με αυτά που διδάσκονται στο μάθημα των φυσικών επιστημών. Τα αποτελέσματα από τη χρήση του συστήματος από 400 μαθητές παρουσιάζονται και αναλύονται στην εργασία αυτή.

Abstract
This study describes the potential of the Lab of Tomorrow system to facilitate the effective integration of inquiry based learning in school classrooms. In this framework numerous sensors are embedded on students' everyday objects (cloths, toys) while the acquired data are used for experimentation and analysis.

1. Εισαγωγή

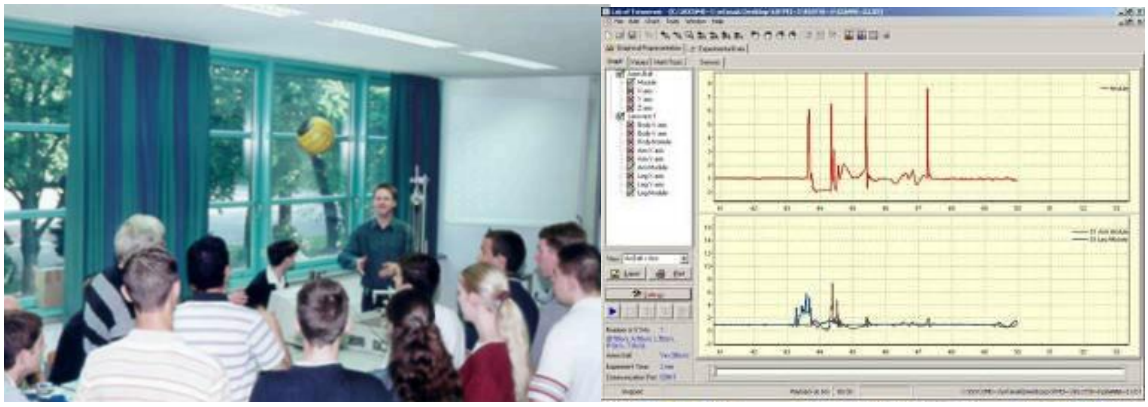
Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η εφαρμογή της χρήσης φορητών υπολογιστών και αισθητήρων στη θεματική περιοχή της Νευτώνειας Μηχανικής με στόχο τη σύνδεση των νόμων της Φυσικής με τις καθημερινές δραστηριότητες των μαθητών. Στόχος της διδακτικής παρέμβασης, υποστηριζόμενης από την τεχνολογία, είναι να δείξουμε τρόπους με τους οποίους οι μαθητές θα μπορούν να αντιμετωπίζουν τα όσα συμβαίνουν γύρω τους με συστηματικό και διερευνητικό τρόπο, όπως και όταν βρίσκονται μέσα στο σχολικό εργαστήριο. Σχεδιάστηκαν εκπαιδευτικά σενάρια που βασίζονται στη χρήση φορητών συστημάτων αισθητήρων που συλλέγουν π.χ. δεδομένα επιτάχυνσης, θέσης, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των φυσικών νόμων που διέπουν την κίνηση των σωμάτων. Το φορητό σύστημα αισθητήρων και η προτεινόμενη προσέγγιση δοκιμάστηκαν σε 18 σχολεία στην Ελλάδα, την Γερμανία, την Αυστρία και την Ιταλία. Στη διαδικασία αξιολόγησης συμμετείχαν 400 μαθητές ηλικίας 15 με 16 χρονών. Οι μαθητές συμμετείχαν στη εκπαιδευτική προσέγγιση για μία ολόκληρη σχολική χρονιά ώστε να είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Συγκεντρώθηκαν ποσοτικά δεδομένα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο αξιολόγησης TIMSS που αποτελεί σημείο αναφοράς σε διεθνές επίπεδο για την καταγραφή των επιδόσεων των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες και τα Μαθηματικά. Επιπρόσθετα βιντεοσκοπήθηκαν 500 ώρες μαθημάτων με στόχο να μελετηθεί σε βάθος η ένταξη της εκπαιδευτικής προσέγγισης στην εκπαιδευτική διαδικασία και να διαπιστωθεί εάν η καταγεγραμμένη βελτίωση στις επιδόσεις των μαθητών συνδυάζεται πραγματικά με την τροποποίηση της εκπαιδευτικής προσέγγισης. Για το λόγο αυτό τα βιντεοσκοπημένα μαθήματα μελετήθηκαν από δύο διαφορετικές οπτικές γωνίες. Στην πρώτη περίπτωση μελετήθηκε το προφίλ του κάθε μαθήματος με βάση τις εκπαιδευτικές προσεγγίσεις των εκπαιδευτικών και με αναφορά τις παραμέτρους που

προκύπτουν από τις βασικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες που αυτές περιλαμβάνουν (διάλεξη, εξέταση, διάλογο, πειραματισμό, κλπ.). Στη δεύτερη περίπτωση τα ίδια μαθήματα μελετήθηκαν με σημείο αναφοράς τις δραστηριότητες των μαθητών και τα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να διέπουν την ανακαλυπτική διδασκαλία.

2. Παιδαγωγική Προσέγγιση

Η υπόθεση που αποτελεί τη βάση της παρούσας ερευνητικής προσπάθειας είναι ότι η συμπλήρωση της παραδοσιακής επιστημονικής μεθοδολογίας πειραματισμού με οπτικοποιήσεις, αναπαραστάσεις, εφαρμογές και εργαλεία κατασκευής μοντέλων θα βοηθήσει τους μαθητές, να εκφράσουν τα νοητικά μοντέλα τους, να κάνουν καλύτερες προβλέψεις και να πραγματοποιούν αποτελεσματικότερους συλλογισμούς.

Εικόνα 1: Το Lab of Tomorrow παρουσιάζει νέες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών μετατρέποντας τις καθημερινές δραστηριότητες των μαθητών σε μέσο πειραματισμού. Ο συγχρονισμός του βίντεο του πειράματος με τη γραφική απεικόνιση των μετρούμενων παραμέτρων έχει κυρίαρχο ρόλο στον σχεδιασμό του λογισμικού καθώς αποτελεί τη «γέφυρα» ανάμεσα στην καθημερινή δραστηριότητα και την εκπαιδευτική διαδικασία. Εκπαιδευτικοί και μαθητές μπορούν να «βιώσουν» τους νόμους της κίνησης του Νεύτωνα, μπορούν να υπολογίσουν τον χρόνο πτήσης και την ταχύτητα της μπάλας, μελετώντας τις δικές τους δραστηριότητες την ώρα του μαθήματος της Φυσικής Αγωγής ή ακόμα και την ώρα του διαλείμματος.



Πιο συγκεκριμένα, οι ειδικότεροι στόχοι της προτεινόμενης παιδαγωγικής προσέγγισης είναι α) η επέκταση της μαθησιακής διαδικασίας και έξω από τα χρονικά και τα χωρικά όρια της τάξης στο εξωτερικό περιβάλλον και στις καθημερινές δραστηριότητες και β) η ενίσχυση της ανακαλυπτικής μάθησης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Osborne & Dillon 2008). Στο πλαίσιο της προτεινόμενης μεθόδου, οι μαθητές θα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν «έξυπνα» αντικείμενα και παιχνίδια για να οργανώσουν τα δικά τους πειράματα. Αυτό επιτυγχάνεται με την εκπαιδευτική εφαρμογή Lab of Tomorrow. Σειρά αισθητήρων ενσωματώνονται στα ρούχα και σε άλλα αντικείμενα (όπως μπάλες) και μεταδίδουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο τα οποία γίνονται διαθέσιμα μέσω μίας φιλικής προς τον μαθητή διεπιφάνειας (Εικόνα 1). Κατά την διάρκεια του πειράματος στην οθόνη εμφανίζονται οι γραφικές παραστάσεις των δεδομένων που προέρχονται από τους αισθητήρες σύμφωνα με την επιθυμία του χρήστη του λογισμικού. Ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ποιες εκ των γραφικών απεικονίσεων επιθυμεί να χρησιμοποιήσει για περαιτέρω ανάλυση. Μετά το πέρας του πειράματος, εκπαιδευτικοί και οι μαθητές μπορούν να δουν σε playback την εκτέλεση του πειράματος και να μελετήσουν τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις των μετρούμενων παραμέτρων μέσω της εφαρμογής στον υπολογιστή, όπως φαίνεται και στην Εικόνα 1.

3. Μεθοδολογία

Η αξιολόγηση της εφαρμογής έχει γίνει με τη μέθοδο TIMSS (Baumert et al.1997, Martin *et al.* 2008) που βασίζεται σε ειδικά σχεδιασμένα ερωτηματολόγια και στην ανάλυση βιντεοσκοπημένων δραστηριοτήτων στη τάξη. Το μοντέλο αξιολόγησης που υιοθετήθηκε προβλέπει αξιολόγηση πριν και μετά την εφαρμογή μόνο με ομάδα πειραματισμού. Για τις ανάγκες της αξιολόγησης της εφαρμογής επελέγησαν μαθητές ηλικίας 15-16 ετών που αντιστοιχούν στον Πληθυσμό TIMSS II. Οι μαθητές 400 μαθητές που συμμετείχαν προέρχονταν από 18 διαφορετικά σχολεία από την Ελλάδα, τη Γερμανία, την Ιταλία και την Αυστρία. Καθώς τα σενάρια εφαρμογής του Lab of Tomorrow εντάσσονται στην ίδια θεματική περιοχή τα συγκεκριμένα ερωτηματολόγια μπορούν να εφαρμοστούν αποτελεσματικά στις συγκεκριμένες ηλικιακές ομάδες.

Οι ερωτήσεις που περιλαμβάνονται στα ερωτηματολόγια TIMSS είναι βαθμονομημένες γεγονός που επιτρέπει την χρήση τους ως αναφορά για συγκρίσεις μεταξύ αποτελεσμάτων από διαφορετικές χώρες. Επιπρόσθετα το γεγονός ότι τα ερωτηματολόγια TIMSS έχουν δοκιμασθεί επανειλημμένα και έχουν βελτιωθεί συστηματικά σε επαναλαμβανόμενους κύκλους εφαρμογής εξασφαλίζει σε σημαντικό βαθμό την αποτελεσματικότητα των μετρήσεων με βάση τη συγκεκριμένη μέθοδο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι παράλληλα με την εφαρμογή των ερωτηματολογίων η μέθοδος TIMSS προβλέπει και τη συλλογή δεδομένων που σχετίζονται με α) το αναλυτικό πρόγραμμα των μαθηματικών και των φυσικών επιστημών (κατά πόσον τα θέματα που περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο καλύπτουν διδακτέα ύλη και πόσος χρόνος αφιερώνεται στην παρουσίαση και στην εμπέδωση τους), β) με το πρόγραμμα επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών και με τις δεξιότητες τους στην χρήση νέων τεχνολογικών εργαλείων και συγκεκριμένων εκπαιδευτικών προσεγγίσεων και γ) τη διαθεσιμότητα εκπαιδευτικού υλικού και εφαρμογών.

Πίνακας 1: Οι μέσες τιμές της επίδοσης των μαθητών πριν και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση.

Αποτελέσματα στις Φυσικές Επιστήμες						
Χώρα	**Τύπος**	**N**	**Pre-Test (SD)**	**N**	**Post-Test (SD)**	**Διαφορά**
Ελλάδα	Εκπαιδευτική Παρέμβαση	102	585 (44)	102	621 (33)	36
Γερμανία	Εκπαιδευτική Παρέμβαση	108	576 (42)	108	625 (40)	49
Αυστρία	Εκπαιδευτική Παρέμβαση	98	592 (35)	98	628 (32)	36
Ιταλία	Εκπαιδευτική Παρέμβαση	89	580 (46)	89	610 (42)	30
Αποτελέσματα στα Μαθηματικά						
Χώρα	**Τύπος**	**N**	**Pre-Test (SD)**	**N**	**Post-Test (SD)**	**Διαφορά**
Ελλάδα	Εκπαιδευτική Παρέμβαση	102	590 (41)	102	632 (33)	42
Γερμανία	Εκπαιδευτική Παρέμβαση	108	609 (38)	108	635 (32)	36
Αυστρία	Εκπαιδευτική Παρέμβαση	98	586 (51)	98	612 (42)	26
Ιταλία	Εκπαιδευτική Παρέμβαση	89	582 (56)	89	610 (52)	28

Τα μαθήματα βιντεοσκοπήθηκαν σε όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς. Ακολούθησε ανάλυση των βιντεοσκοπημένων μαθημάτων. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε με το λογισμικό Videograph. Αφού ορίστηκαν οι βασικές παράμετροι παρατήρησης για την εκπαιδευτική

προσέγγιση και τις δραστηριότητες των μαθητών (επίλυση προβλημάτων, πειραματισμός με τη χρήση του συστήματος, ανάλυση δεδομένων, παρουσιάσεις εργασιών) τα βιντεοσκοπημένα μαθήματα χωρίστηκαν σε μικρά χρονικά διαστήματα (περίπου 20sec) και σε κάθε χρονικό διάστημα αποδόθηκε ένας μοναδικός χαρακτηρισμός με βάση την αρχική παραμετροποίηση. Με τον τρόπο αυτό αποτυπώθηκε ένα αναλυτικό «προφίλ» του κάθε μαθήματος. Επιπρόσθετα, χάρη στη βιντεοσκόπηση, αποτυπώθηκαν πολύ χρήσιμα στοιχεία για την δομή των μαθημάτων, για τις αλλαγές που επιφέρει η χρήση του συστήματος στην εκπαιδευτική πρακτική αλλά και κύρια για το χρόνο που αφιερώνουν οι εκπαιδευτικοί για την επίτευξη των διδακτικών στόχων. Ο συνολικός χρόνος υλοποίησης της διδακτικής παρέμβασης ήταν 8 μήνες (ένα πλήρες σχολικό έτος) ενώ το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην πραγματοποίηση των αξιολογήσεων TIMSS ήταν 9 μήνες. Κατά μέσον όρο βιντεοσκοπήθηκαν 20 διδακτικές ώρες σε κάθε τάξη εφαρμογής. Τα μαθήματα που βιντεοσκοπήθηκαν οργανώθηκαν σε τρεις διαφορετικές κατηγορίες με βάση τις διαφορετικές φάσεις εφαρμογής. Στην πρώτη κατηγορία (Τύπος Α) εντάσσονται τυπικά μαθήματα που χρησιμοποιήθηκαν ως αναφορά και αναδεικνύουν την διδακτική πρακτική σε κάθε σχολείο. Στην δεύτερη κατηγορία (Τύπος Β) εντάσσονται τα μαθήματα της πρώτης φάσης εφαρμογής της διδακτικής παρέμβασης όπου οι εκπαιδευτικοί έπρεπε να ενσωματώσουν στην εκπαιδευτική πρακτική σενάρια χρήσης του συστήματος που είχαν προετοιμαστεί από την ερευνητική μας ομάδα. Στην τρίτη κατηγορία (Τύπος Γ) εντάσσονται μαθήματα που προσεγγίζουν ακόμα περισσότερο το ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας στο πλαίσιο των οποίων εκπαιδευτικοί και μαθητές είχαν τη δυνατότητα να σχεδιάσουν τα δικά τους σενάρια χρήσης και να υλοποιήσουν τα δικά τους πειράματα χρησιμοποιώντας το σύστημα Lab of Tomorrow. Η ανάλυση των δεδομένων βασίζεται στη μέθοδο IRT (Item Response Theory) και παρουσιάζει την μέση απόδοση της κάθε τάξης με μέση τιμή την τιμή 500. Για την περίπτωση της διδακτικής μας παρέμβασης, τα αποτελέσματα πριν και μετά την εφαρμογή (για τη δοκιμασία στις Φυσικές Επιστήμες και στα Μαθηματικά) παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τα δεδομένα παρουσιάζουν σημαντική αύξηση στην απόδοση των μαθητών τόσο στα Μαθηματικά όσο και στις Φυσικές Επιστήμες. Οι Γερμανοί μαθητές παρουσιάζουν την σημαντικότερη αύξηση απόδοσης στις Φυσικές Επιστήμες ενώ οι Έλληνες μαθητές παρουσιάζουν την σημαντικότερη αύξηση στα Μαθηματικά.

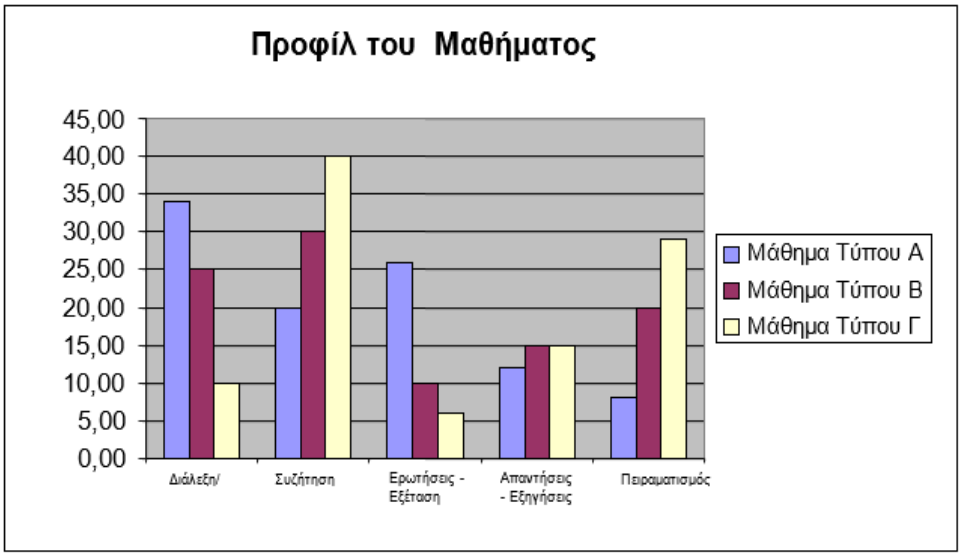
Τα δεδομένα από την ανάλυση των βιντεοσκοπημένων μαθημάτων ανέδειξαν με τον καλύτερο τρόπο την τροποποίηση της εκπαιδευτικής προσέγγισης που επέφερε η χρήση του συστήματος Lab of Tomorrow. Στα μαθήματα τύπου Α (παραδοσιακό μάθημα) ο χρόνος που αφιερώνεται στην παρουσίαση (διάλεξη) του εκπαιδευτικού είναι περίπου 35% κατά μέσον όρο στις τάξεις που έλαβαν μέρος στην εφαρμογή (Εικόνα 2).

Στα μαθήματα τύπου Β ο χρόνος διάλεξης περιορίζεται στο 25% του χρόνου του μαθήματος και ο χρόνος της εξέτασης στο 10%. Ο χρόνος συζήτησης αυξάνεται στο 30% ενώ ο χρόνος πειραματισμού καλύπτει το 20% του μαθήματος. Τέλος στα μαθήματα τύπου Γ αναδεικνύεται η αξία του συστήματος στην προώθηση της ανακαλυπτικής μεθόδου. Η διάλεξη του εκπαιδευτικού καταναλώνει μόνο 10% του χρόνου του μαθήματος, ενώ η συζήτηση και ο πειραματισμός (βασικά χαρακτηριστικά του ανακαλυπτικού μοντέλου) καλύπτουν το 70% του μαθήματος. Σε μία προσπάθεια να καταγράψουμε το κατά πόσον τα μαθήματα που πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση του συστήματος Lab of Tomorrow περιλαμβάνουν τις συγκεκριμένες δραστηριότητες και εμπλέκουν τους μαθητές στην επιστημονική μεθοδολογία πραγματοποιήσαμε νέα ανάλυση των βιντεοσκοπημένων μαθημάτων καθορίζοντας ως βασικές παραμέτρους παρατήρησης τις δραστηριότητες των μαθητών με βάση τα βασικά χαρακτηριστικά της ανακαλυπτικής διδασκαλίας. Εάν θελήσει κάποιος να περιγράψει τα κύρια (ή απαραίτητα) χαρακτηριστικά της ανακαλυπτικής διδασκαλίας θα μπορούσε να αναφέρει τις εξής βασικές δραστηριότητες στις οποίες θα πρέπει να εμπλέκεται ο μαθητής:

- Να καλείται να απαντήσει σε ερωτήσεις που βασίζονται σε επιστημονικά δεδομένα
- Να δίνει προτεραιότητα στα δεδομένα και τα στοιχεία που έχει στη διάθεση του για να απαντήσει στις ερωτήσεις που τίθενται.

- Να εμπλέκεται σε πειραματικές δραστηριότητες που θα τον βοηθούν να τεκμηριώσει επιστημονικά τις απόψεις του.
- Να συνδέει τις απόψεις του με την επιστημονική γνώση.
- Να είναι σε θέση να καταγράφει και να επικοινωνεί τις απόψεις του.

Εικόνα 2: Το προφίλ των μαθημάτων διαφορετικών τύπων που μελετήθηκαν στο πλαίσιο της ερευνητικής μας εργασίας. Το διάγραμμα αποτυπώνει με ιδανικό τρόπο την μετάβαση από την παραδοσιακή στην Ανακαλυπτική εκπαιδευτική διαδικασία.



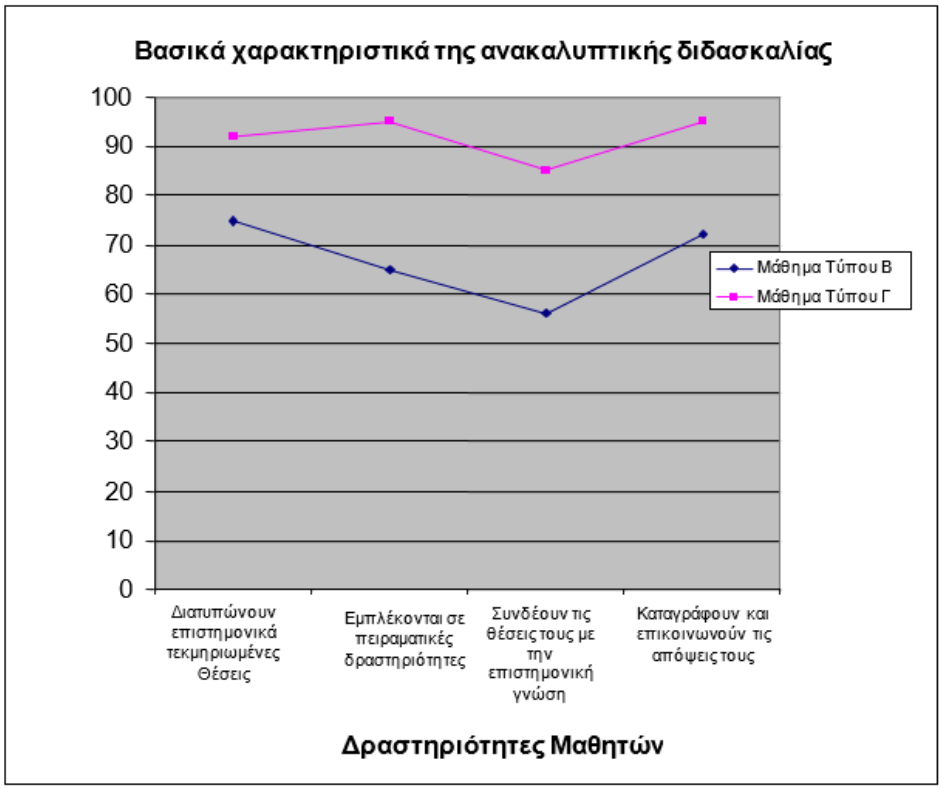
Η Εικόνα 3 παρουσιάζει τη συχνότητα παρουσίασης των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων στα μαθήματα τύπου Β και Γ που πραγματοποιήθηκαν με την χρήση του συστήματος. Για τη δημιουργία του γραφήματος πραγματοποιήθηκε ανάλυση περίπου 200 διδακτικών ωρών. Ειδικότερα στα μαθήματα τύπου Γ όπου μαθητές και εκπαιδευτικοί έχουν την ευκαιρία να σχεδιάσουν τα δικά τους πειράματα και να λειτουργήσουν πιο «ελεύθερα», στα πλαίσια πάντα του αναλυτικού προγράμματος το ποσοστό εμφάνισης των βασικών χαρακτηριστικών της ανακαλυπτικής διδασκαλίας ξεπερνά το 90%.
Σε όλες τις περιπτώσεις, ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα συγκλίνουν πως η χρήση του συστήματος Lab of Tomorrow, πλαισιωμένου με την προτεινόμενη εκπαιδευτική προσέγγιση μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην βελτίωση της εκπαιδευτικής πρακτικής στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών που ακολουθείται σήμερα σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες καθώς:

- βελτιώνει σημαντικά την απόδοση των μαθητών σε γνωστικό επίπεδο συμβάλλοντας στην καλύτερη κατανόηση φυσικών φαινομένων (που αφορούν κύρια στους νόμους της Μηχανικής) και των φυσικών νόμων που τα διέπουν συνδυάζοντας αρμονικά τις καθημερινές δραστηριότητες των μαθητών με τον επιστημονικό πειραματισμό.
- υποστηρίζει αποτελεσματικά την ένταξη ανακαλυπτικών προσεγγίσεων στην εκπαιδευτική διαδικασία μεταφέροντας το επίκεντρο του ενδιαφέροντος στον μαθητή, εμπλέκοντας τον ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία, αυξάνοντας τελικά τον ενδιαφέρον του για το μάθημα και τα υπό μελέτη θέματα
- υποστηρίζει το έργο του εκπαιδευτικού διαφοροποιώντας το προφίλ του παραδοσιακού μαθήματος καθώς προσφέρει ένα περιβάλλον στο οποίο η κάθε δραστηριότητα (πχ το παιχνίδι των μαθητών) μπορεί να αποτελέσει αφορμή για την παρουσίαση φυσικών

φαινομένων και εννοιών που μέχρι σήμερα παρουσιάζονται με τρόπο θεωρητικό και απόμακρο, περιορίζοντας σημαντικά το ενδιαφέρον των μαθητών.

- εμπλουτίζει το μάθημα με μία σειρά από δραστηριότητες που αποτελούν τη βάση για την ένταξη της επιστημονικής μεθοδολογίας στην εκπαιδευτική πράξη και την ανάπτυξη σχετικών δεξιοτήτων στους μαθητές (παρουσίαση τεκμηριωμένων απόψεων, οργάνωση σκέψης, ανάπτυξη κριτικής σκέψης, δυνατότητα συνεργασίας, παρουσίαση αποτελεσμάτων στο κοινό).

Εικόνα 3: Η συχνότητα εμφάνισης των κύριων χαρακτηριστικών της ανακαλυπτικής διδασκαλίας στις δραστηριότητες των μαθητών στα μαθήματα τύπου Β και Γ που πραγματοποιήθηκαν με το σύστημα Lab of Tomorrow.



4. Συμπεράσματα

Το σύστημα Lab of Tomorrow και η προτεινόμενη προσέγγιση δοκιμάστηκαν σε 18 σχολεία στην Ελλάδα, την Γερμανία, την Αυστρία και την Ιταλία. Στην διαδικασία αξιολόγησης συμμετείχαν 400 μαθητές ηλικίας 15 με 16 χρονών. Οι μαθητές συμμετείχαν στη εκπαιδευτική προσέγγιση για ολόκληρη τη σχολική χρονιά ώστε να είναι δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Σε όλες τις περιπτώσεις, ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα συγκλίνουν πως η χρήση του συστήματος Lab of Tomorrow, πλαισιωμένου με την προτεινόμενη εκπαιδευτική προσέγγιση μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην βελτίωση της εκπαιδευτικής πρακτικής στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών που ακολουθείται σήμερα σε πολλές Ευρωπαϊκές χώρες. Η παρούσα έρευνα βασίζεται στη χρήση του συστήματος Lab of Tomorrow (LOT) «Εργαστήριο του Αύριο» το οποίο σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε και βελτιώθηκε στο πλαίσιο των έργων Lab of Tomorrow (www.ea.gr/ep/laboftomorrow) και inLOT (www.inlot.eu) που χρηματοδοτήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τα συντόνιζαν το Ερευνητικό Πανεπιστημιακό Ινστιτούτο Συστημάτων Επικοινωνίας και Υπολογιστών και η εταιρεία ΑΝΚΟ αντίστοιχα.

5. Βιβλιογραφία

Baumert, J., Lehmann, R. et al. (1997). TIMSS – mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Opladen: Leske&Budrich.

Martin, M.O., Mullis, I.V.S. & Foy, P. (with Olson, J.F., Erberber, E., Preuschoff, C. & Galia, J.). (2008). TIMSS 2007 International Science Report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the Fourth and Eighth Grades Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.

Osborne J. and Dillon J. (2008) *Science Education in Europe: Critical Reflections*. A Report to the Nuffield Foundation.

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΕΝΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ

Απόστολος Μιχαλούδης, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη
Η εργασία αφορά στην εφαρμογή προσομοιώσεων φυσικών φαινομένων, οι οποίες ενσωματώνουν ηλεκτρονικά φύλλα εργασίας, προάγοντας τη διερευνητική μάθηση και προωθώντας τη στρατηγική ελέγχου των μεταβλητών. Συγκεκριμένα, το φαινόμενο της οριζόντιας βολής μελετήθηκε από μαθητές Λυκείου μέσω προσομοιώσεων, οι οποίες εστίαζαν μεταξύ άλλων στη στρατηγική ελέγχου των μεταβλητών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατάλληλα σχεδιασμένες προσομοιώσεις και συνοδευτικές δραστηριότητες μπορούν να εμφυσήσουν στους μαθητές την επιστημονική μέθοδο και τη διερεύνηση, ενώ ταυτόχρονα μπορούν να τους βοηθήσουν στην ανάπτυξη στρατηγικής διαχείρισης των μεταβλητών, ώστε να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών, αποκτώντας παράλληλα και άλλες σημαντικές δεξιότητες.

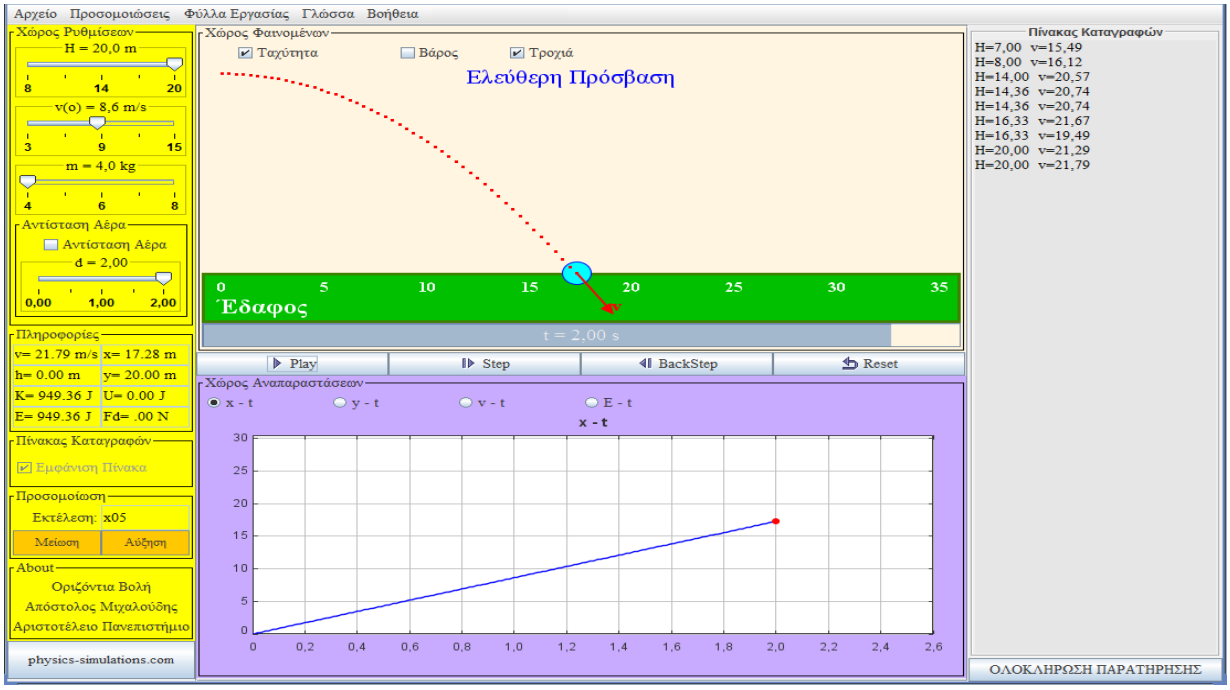
Abstract
This paper describes a research about the implementation of simulations with e-worksheets that promote inquiry learning and variable-control strategy. Specifically, the phenomenon of horizontal throw was studied by High School students with the use of simulations that focus in variable-control strategy. The results showed that properly designed simulations and accompanied activities can incite the students to develop scientific and inquiry methods, along with the development of variable control, in order to understand the relations of these variables, and acquiring useful skills.

1. Εισαγωγή

Τα τεχνολογικά εργαλεία έχουν αποδείξει ότι χρησιμεύουν στην εκπαιδευτική διαδικασία και την ενισχύουν. Ψηφιακά περιβάλλοντα, όπως οι προσομοιώσεις, προάγουν τη διερευνητική μάθηση (Garrison & Kanuka 2004), βοηθώντας τους μαθητές να αποκτήσουν σημαντικές γνώσεις και δεξιότητες (Kirkley & Kirkley 2004). Έρευνες επιβεβαιώνουν τα παραπάνω συμπεράσματα (Bernstein 2010, Fencl 2013, Moore et al. 2014), αποδεικνύοντας ότι οι προσομοιώσεις βοηθούν πριν το μάθημα (Novak et al. 1999), κατά τη διάρκειά του (Rieber 1994) και μετά από αυτό (Mackinnon & Brett 2010).
Αντίστοιχες έρευνες των συγγραφέων (Michaloudis & Hatzikraniotis 2017, Μιχαλούδης & Χατζηκρανιώτης 2014; 2015; 2016) αναδεικνύουν τη σπουδαιότητα τέτοιων δραστηριοτήτων. Μέσω των προσομοιώσεων οι μαθητές κατανοούν καλύτερα τα φαινόμενα, αντιλαμβάνονται τις συσχετίσεις μεγεθών, ενισχύουν την αυτοπεποίθησή τους (Redish 2001) και αποκτούν δεξιότητες διαχείρισης, αναπτύσσουν τεχνική εύρεσης ορίων της λύσης ενός προβλήματος και αναζήτησης με πολλαπλούς τρόπους, ενισχύοντας την κριτική σκέψη (Μιχαλούδης & Χατζηκρανιώτης 2016).
Μια προσομοίωση ελέγχεται από ένα αριθμό παραμέτρων, που μεταβάλει ο χρήστης-μαθητής, και εναπόκειται στον εκπαιδευτικό, μέσα από τα φύλλα εργασίας (ΦΕ) να επιβάλει (ή όχι) τον έλεγχο των μεταβλητών. Η «στρατηγική ελέγχου μεταβλητών» παίζει κομβικό ρόλο στη δυνατότητα των μαθητών να διεξάγουν ελεγχόμενα πειράματα. Η παραπάνω στρατηγική είναι θεμελιώδης, τόσο για τον πειραματισμό όσο και τον επιστημονικό εγγραμματισμό των

μαθητών, ωστόσο δεν αναπτύσσεται χωρίς πρακτική ή διδασκαλία (Schwichow et. al 2016). Έρευνες δείχνουν ότι για την επιτυχή υιοθέτηση της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών απαιτείται μια πορεία με εκπαιδευτικά βοηθήματα-ικριώματα.
Σε προηγούμενη εργασία (Μιχαλούδης & Χατζηκρανιώτης 2015) παρουσιάζονται προσομοιώσεις που καταγράφουν ακούσια τα clicks σε log-files. Οι καταγεγραμμένες κινήσεις των μαθητών αφορούν clicks στο χώρο Φαινομένων (ΧΦ), ενεργοποίηση γραφικών απεικονίσεων, πλήκτρα διαχείρισης, αλλαγή παραμέτρων, επιλογή γραφικών αναπαραστάσεων. Το θεωρητικό πλαίσιο της ανάλυσης είναι η Activity-Theory (Engestrom 1987). Αναλόγως του τύπου των ΦΕ (κλειστό-ανοικτό) παρατηρήθηκε υπέρμετρη αύξηση των clicks, όταν οι μαθητές κληθήκαν να διαχειριστούν 2-παραμετρικά προβλήματα (Μιχαλούδης & Χατζηκρανιώτης 2016).
Η εργασία πραγματεύεται την ανάπτυξη προσομοιώσεων με ενσωματωμένα ΦΕ που ακολουθούν διερευνητικό συνεχές, στοχεύοντας στην προώθηση του ελέγχου μεταβλητών.

Εικόνα 1: Προσομοίωση και πίνακας καταγραφών

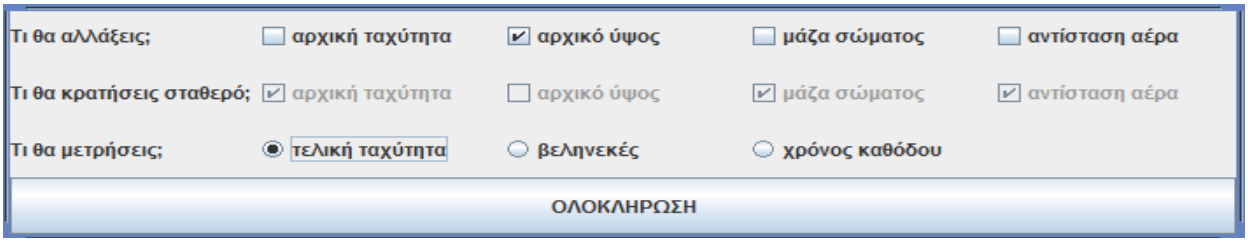


2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Η εργασία αποτελεί προέκταση πάνω στις προσομοιώσεις και τη διερευνητική μάθηση (Michaloudis & Hatzikraniotis 2017). Η υλοποίηση (Εικόνα 1) έγινε με το Easy-Java-Simulations (Esquembre 2003) και ακολουθεί τη δομή διακριτών χώρων (Φαινομένου-Αναπαραστάσεων-Χειρισμών), όπως περιγράφεται σε παλαιότερη εργασία (Μιχαλούδης & Χατζηκρανιώτης 2014).
Οι προσομοιώσεις έχουν 3 λειτουργίες: (α) ανεξάρτητες, όπου όλες οι παράμετροι είναι διαθέσιμες στον χρήστη-μαθητή (β) με έλεγχο μεταβλητών, και (γ) ενσωματωμένα ΦΕ. Ο έλεγχος μεταβλητών βοηθά τους μαθητές να σχεδιάσουν μία ορθολογική διερευνητική διαδικασία. Οι μαθητές επιλέγουν μία ανεξάρτητη μεταβλητή που θα μεταβάλλουν και μία εξαρτημένη που θα μετρούν (Εικόνα 2). Οι υπόλοιπες παραμένουν σταθερές (ανενεργές σε μεταβολή).
Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση της οριζόντιας βολής (εικόνα 1). Σε αυτήν, οι μαθητές έχουν 4 ανεξάρτητες μεταβλητές (αρχική ταχύτητα και ύψος, μάζα και αντίσταση αέρα), καθώς και 3 εξαρτημένες (τελική ταχύτητα, βεληνεκές και χρόνος καθόδου). Στα 2

πρώτα επίπεδα τα προβλήματα είναι μονοπαραμετρικά. Οι μαθητές, με προτροπή από το ΦΕ, επιλέγουν μία ανεξάρτητη μεταβλητή, όπου μπορούν να μεταβάλλουν την τιμή της από το χώρο Ελέγχου, και μία εξαρτημένη για να μετρούν. Στο ΧΦ μπορούν να εμφανίσουν κάποια γραφικά και να παρατηρήσουν το φαινόμενο ή να κάνουν κλικ πάνω σε αυτό για να πάρουν μετρήσεις. Στο χώρο των Αναπαραστάσεων (ΧΑ) επιλέγουν γραφική παράσταση και την παρατηρούν ή κάνουν κλικ για συντεταγμένες. Τέλος, στο χώρο Καταγραφών καταγράφονται αυτόματα οι τιμές της ανεξάρτητης και της εξαρτημένης μεταβλητής.

Εικόνα 2: Επιλογή παραμέτρων



Στα επόμενα επίπεδα, τα προβλήματα γίνονται διπαραμετρικά και οι μαθητές (Μ) αναλαμβάνουν περισσότερες πρωτοβουλίες, ενώ η συμμετοχή του καθηγητή που σχεδίασε το ΦΕ μειώνεται (Εικόνα 3).

Εικόνα 3: Διαδικασίες του ΦΕ και κατανομή ενεργειών ανά επίπεδο διερεύνησης

Φ.Ε.	1	2	3	4	5	6	7	8
Τίτλος προβλήματος	σώμα εκτελεί βολή με διαφορετικές ταχύτητες	σώματα διαφορετικής μάζας εκτελούν βολή	επίδραση αντίστασης αέρα στο χρόνο καθόδου	κανόνι χτυπά στόχο στη θάλασσα	βολή σε ακίνητο στόχο	βολή σε κινούμενο στόχο	βολή με εμπόδιο έναν τοίχο	ανοικτό πρόβλημα βολής
Επίπεδο	Κλειστό		Δομημένο		Καθοδηγούμενο		Ανοικτό	
Ερωτήσεις	ΦΕ	ΦΕ	ΦΕ	ΦΕ	ΦΕ	ΦΕ	Μ	Μ
Διαδικασία-Παρατήρηση	ΦΕ	ΦΕ	ΦΕ	ΦΕ	Μ	Μ	Μ	Μ
Πρόβλεψη	ΦΕ	ΦΕ	Μ	Μ	Μ	Μ	Μ	Μ
Λύση	ΦΕ	ΦΕ	Μ	Μ	Μ	Μ	Μ	Μ
Ανάλυση	ΦΕ	ΦΕ	Μ	Μ	Μ	Μ	Μ	Μ
Εξήγηση	ΦΕ	ΦΕ	Μ	Μ	Μ	Μ	Μ	Μ
Διαχείριση Μεταβλητών								
αρχική ταχύτητα	ΦΕ	-	-	-	Μ	-	Μ	Μ*
αρχικό ύψος	-	-	-	-	Μ	Μ	-	Μ*
μάζα σώματος	-	ΦΕ	-	-	-	-	-	Μ*
αντίσταση αέρα	-	-	Μ	Μ	-	Μ	Μ	Μ*
τελική ταχύτητα	-	ΦΕ	-	Μ	-	-	-	Μ*
βελνεκές	-	-	-	-	Μ	Μ	Μ	Μ*
χρόνος καθόδου	ΦΕ	-	Μ	-	-	-	-	Μ*
Καθοδήγηση	Μεγάλη			Μεσαία		Μικρή		Μηδέν

* *ο μαθητής ελεύθερα επιλέγει το πρόβλημα που θέλει να μελετήσει, διαλέγοντας ανεξάρτητη μεταβλητή, παράμετρο και εξαρτημένη, που να ανταποκρίνονται στο πρόβλημα που ο ίδιος περιγράφει.*

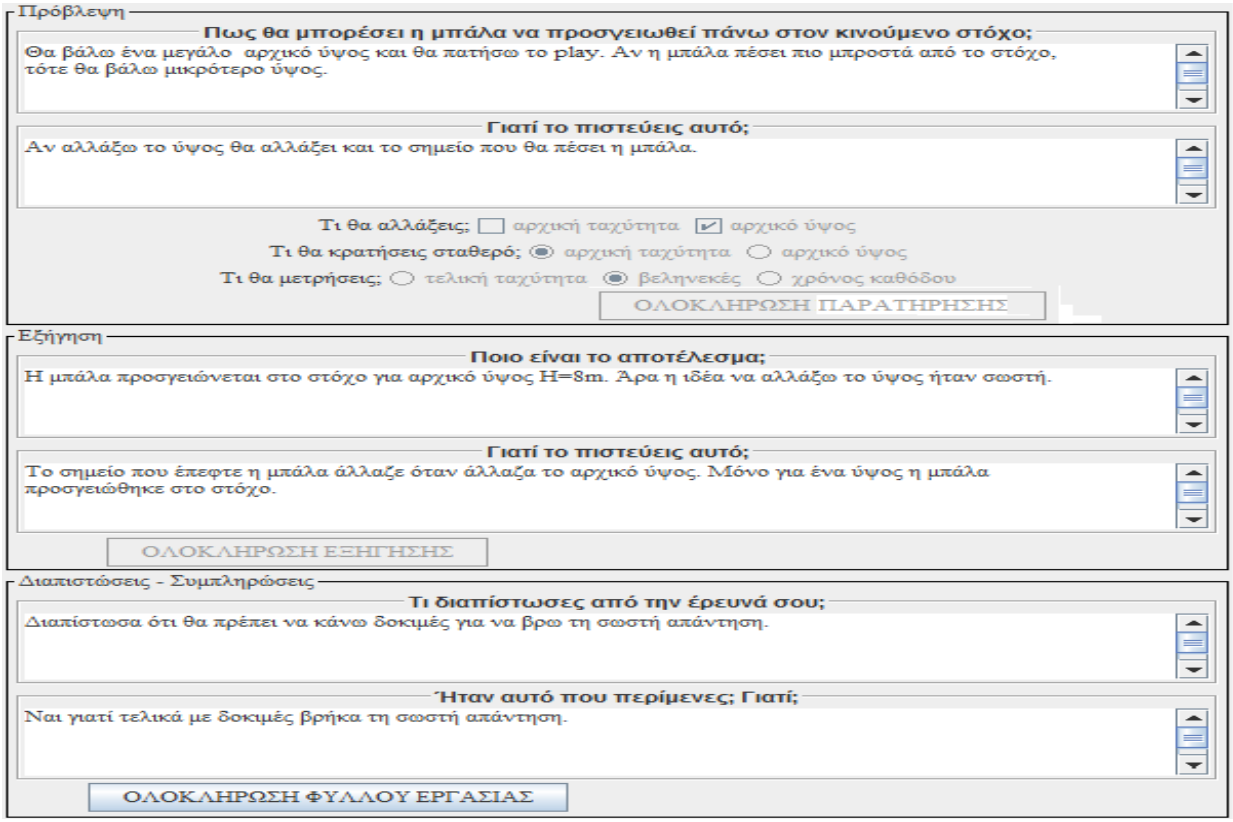
Τα ενσωματωμένα στην προσομοίωση ΦΕ ακολουθούν πρακτική ελέγχου μεταβλητών, υιοθετούν τη στρατηγική Predict-Observe-Explain (White & Gunstone 1992) και έχουν διερευνητική προσέγγιση (Σκουμιός 2011, Hackling 2005). Τα ΦΕ είναι διαδραστικά και

αλληλεπιδρούν με την προσομοίωση, έχοντας τη δυνατότητα να μεταβάλλουν παραμέτρους (Εικόνα 4). Οι μαθητές κάνουν πρόβλεψη, επιλέγουν τι θα μεταβάλλουν, τι θα μετρήσουν, και ανοίγει η προσομοίωση με τις επιλεγμένες παραμέτρους. Αφού κάνουν μετρήσεις, καλούνται να εξηγήσουν τι παρατήρησαν, σε αντιπαραβολή με την πρόβλεψή τους. Τέλος, κάνουν διαπιστώσεις για τη δραστηριότητα.

Προσομοιώσεις και ΦΕ προάγουν τη διερευνητική μάθηση, χρησιμοποιώντας ένα «συνεχές» τεσσάρων επιπέδων (Bell et al. 2005), όπου σταδιακά αυξάνονται οι διαδικασίες που αναλαμβάνουν οι μαθητές. Καθώς τα ΦΕ μεταβαίνουν από το ένα επίπεδο στο άλλο, αυξάνονται και οι ευθύνες των μαθητών, μέχρι να οδηγηθούν σε πλήρως ανοικτή διερεύνηση.

Στην έρευνά μας πήραν μέρος 11 μαθητές και 7 μαθήτριες της Β' Λυκείου, χωρίς πρωθύστερη εμπειρία σε προσομοιώσεις και διερευνητική μάθηση. Τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν 8 ΦΕ, δύο για κάθε επίπεδο διερεύνησης. Τα ερωτήματα της έρευνας είχαν να κάνουν με το κατά πόσο επηρεάζονται οι κινήσεις των μαθητών, σε αριθμό και τύπο, από το επίπεδο διερεύνησης, αλλά κυρίως αν μπορούν να διαχειριστούν σωστά τις μεταβλητές.

Εικόνα 4: Τα ενσωματωμένα διαδραστικά ΦΕ



3. Αποτελέσματα

Συνολικά συμπληρώθηκαν 144 ΦΕ και αντίστοιχα κατεγράφησαν ισάριθμα log-files. Στα φύλλα εργασίας καταγράφηκαν περί τις 18.900 λέξεις, ενώ στα αρχεία καταγραφής καταγράφηκαν περίπου 3.400 ενέργειες – κλικς. Αυτό μας δίνει ένα μέσο όρο 131 λέξεις και 24 ενέργειες ανά φύλλο εργασίας, ή 1.050 λέξεις και 190 ενέργειες ανά μαθητή, έχοντας όμως σημαντικές διαφορές ανάμεσα στα επίπεδα διερεύνησης.

3.1. Απαντήσεις στα Φύλλα Εργασίας

Τα φύλλα εργασίας εξετάστηκαν ως προς την ορθότητα των απαντήσεων. Οι απαντήσεις βαθμολογήθηκαν ως σωστές, μερικώς σωστές ή λάθος. Στην εικόνα 5 βλέπουμε την επίδοση

των μαθητών ως προς τις απαντήσεις τους στα ΦΕ, ανά επίπεδο διερεύνησης. Αυτό που παρατηρείται σε κάθε επίπεδο, είναι η αύξηση των σωστών απαντήσεων στην Εξήγηση, σε σχέση με την Πρόβλεψη. Οι μαθητές, καθώς διενεργούν τις δραστηριότητες, κατανοούν καλύτερα τα φαινόμενα και δείχνουν να είναι σε θέση να απαντήσουν ορθότερα στις ερωτήσεις των ΦΕ. Πέρα απ' αυτό, παρατηρείται επίσης μία αύξηση στη σαφήνεια των απαντήσεων, καθώς προχωράμε στα μεγαλύτερα επίπεδα διερεύνησης. Αν και δε μετρήθηκε ποσοτικά, υπάρχει μία ποιοτική αύξηση στις απαντήσεις των μαθητών, στο ανοικτό και στο καθοδηγούμενο επίπεδο σε σχέση με τα προηγούμενα επίπεδα. Οι απαντήσεις τους είναι μεγαλύτερες σε έκταση, δηλαδή οι μαθητές προσπαθούν να αναλύσουν περισσότερο τα ευρήματά τους, χρησιμοποιούν στοιχεία από τα δεδομένα που συνέλεξαν και αιτιολογούν τη σκέψη τους με βάση τις ενέργειές τους στις προσομοιώσεις. Μία μαθήτρια, στο Δομημένο επίπεδο, σε ερώτηση σχετικά με την αρχική ταχύτητα και το βεληνεκές της βολής, έγραψε

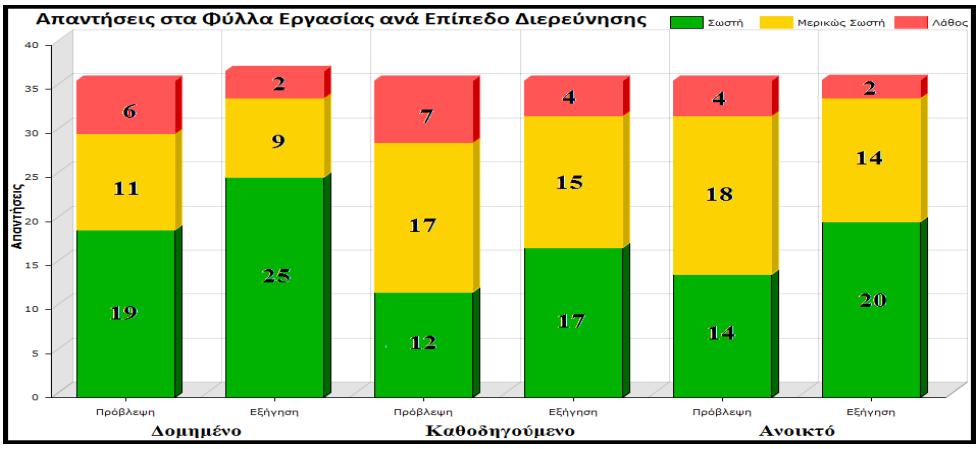
«Το μπαλάκι πάει πιο μακριά, όταν έχει μεγαλύτερη αρχική ταχύτητα»

Αργότερα, στο ανοικτό επίπεδο, όπου της ζητήθηκε να διερευνήσει τη σχέση όποιων μεγεθών επιθυμεί, αυτή επέλεξε να μελετήσει την επίδραση της αρχικής ταχύτητας και της αντίστασης του αέρα στο χρόνο καθόδου. Στην Εξήγηση έγραψε

«Ο χρόνος καθόδου τελικά επηρεάζεται από την αντίσταση του αέρα, αλλά και πάλι δεν επηρεάζεται από την αρχική ταχύτητα. Από τον πίνακα καταγραφών παρατήρησα ότι πχ για αντίσταση αέρα d=1 ο χρόνος καθόδου ήταν t=1,82 s για όλες τις τιμές της αρχικής ταχύτητας. Όταν αύξησα την αντίσταση του αέρα σε d=2 ο χρόνος καθόδου έγινε t=2,14 με ταχύτητα v=11m/s ή v=15m/s ήταν το ίδιο. Βέβαια, στη γραφική παράσταση είδα ότι με μεγαλύτερη αντίσταση το σώμα πέφτει πιο κοντά, αλλά ο χρόνος δεν αλλάζει με την ταχύτητα.»

Διαπιστώνουμε ότι η μαθήτρια, στο ανοικτό επίπεδο, χρησιμοποιεί στην απάντησή της δεδομένα από τις μετρήσεις που έκανε, αλλά και από την παρατήρησή της στο ΧΑ, γεγονός που αποτελεί μία σαφή ένδειξη αύξησης της ποιότητας των απαντήσεων.

Εικόνα 5: Απαντήσεις στα ΦΕ ανά επίπεδο διερεύνησης



3.2 Διαχείριση Μεταβλητών

Το ενδιαφέρον στην έρευνά μας εστιάστηκε κυρίως στην ικανότητα διαχείρισης των μεταβλητών από τους μαθητές. Στην εικόνα 6 βλέπουμε τα λάθη που έγιναν στην επιλογή της μεταβλητών, ανά επίπεδο διερεύνησης. Να σημειωθεί ότι στο κλειστό επίπεδο οι μαθητές δεν επέλεγαν μεταβλητές, αλλά ήταν ήδη επιλεγμένες.

Οι μαθητές έκαναν συνολικά 14 λάθη στην επιλογή μεταβλητών. 4 έγιναν στην επιλογή της ανεξάρτητης μεταβλητής, 6 στην παράμετρο, ενώ 4 έγιναν στην επιλογή της εξαρτημένης μεταβλητής. Αρχικά έγιναν 2 λάθη στην επιλογή της εξαρτημένης μεταβλητής, στο δομημένο επίπεδο. Τα περισσότερα λάθη (9) έγιναν στο καθοδηγούμενο επίπεδο (2 ανεξάρτητη – 5 παράμετρο – 2 εξαρτημένη. Στο καθοδηγούμενο επίπεδο οι μαθητές έρχονται για πρώτη φορά

αντιμέτωποι με διπαραμετρικά προβλήματα και ο τρόπος με τον οποίο αντιμετωπίζουν τα προβλήματα αυτά είναι μάλλον άγνωστος σε αυτούς. Στη συνέχεια, στο ανοικτό επίπεδο, έχοντας την εμπειρία της διαχείρισης διπαραμετρικών προβλημάτων, έκαναν λιγότερα λάθη.

Εικόνα 6: Λάθη στην επιλογή των μεταβλητών ανά επίπεδο διερεύνησης

14 Λάθη στην επιλογή μεταβλητών συνολικά σε όλα τα ΦΕ

- 4 στην επιλογή της ανεξάρτητης μεταβλητής
- 6 στην επιλογή της παραμέτρου
- 4 στην επιλογή της εξαρτημένης μεταβλητής

Λάθη ανά επίπεδο διερεύνησης

Επίπεδο	Ανεξάρτητη	παράμετρος	εξαρτημένη
Κλειστό	0	0	0
Δομημένο	0	0	2
Καθοδηγούμενο	2	5	2
Ανοικτό	2	1	0

Η επιλογή μεταβλητών δυσκόλεψε αρχικά τους μαθητές, όταν κλήθηκαν να διαχειριστούν σύνθετα προβλήματα, αλλά η εξοικείωση με τις διερευνητικές διαδικασίες και η εμπειρία που απέκτησαν τους βοήθησε να ανταπεξέλθουν ικανοποιητικά, στο ανοικτό επίπεδο.

3.3 Αρχεία Καταγραφής

Τα αρχεία καταγραφής περιέχουν χρονικά τις ενέργειες – κλικς των μαθητών σε αυτές. Έτσι, μπορούμε να έχουμε μία εικόνα της πορείας που διέγραψαν οι μαθητές κατά την εκτέλεση των προσομοιώσεων. Οι ενέργειες που έπραξαν οι μαθητές στα φύλλα εργασίας φαίνονται στην εικόνα 6, ανά κατηγορία και ανά επίπεδο διερεύνησης.

Εικόνα 6: Κατηγορίες Ενεργειών ανά Επίπεδο Διερεύνησης

Οι ενέργειες στο Κλειστό επίπεδο ήταν ελάχιστες, καθώς έχει προ-συμπληρωμένα αρκετά σημεία και ζητά από τους μαθητές ελάχιστες και σαφώς καθορισμένες ενέργειες. Ο λόγος είναι να εξοικειωθούν οι μαθητές τόσο με το χειρισμό του περιβάλλοντος της προσομοίωσης, όσο και με τις διαδικασίες που απαιτούνται από το διερευνητικό τρόπο προσέγγισης των προβλημάτων στα ΦΕ. Οι κατηγορίες που κυριαρχούν είναι αυτές του χειρισμού (handling, 142 κλικς) και των ρυθμίσεων (settings, 140 κλικς), ενώ ανύπαρκτες ή σχεδόν ανύπαρκτες είναι οι υπόλοιπες

κατηγορίες (0 κλικς στο ΧΑ-Plots και 17 κλικς στο ΧΦ-Actionview), στις 299 συνολικά ενέργειες.
Στο Δομημένο επίπεδο, από τις 526 ενέργειες σημειώθηκαν 270 κλικς χειρισμού, 235 ρυθμίσεων, 0 στις γραφικές παραστάσεις και 21 στο ΧΦ. Παρατηρούμε μία αύξηση στον αριθμό των κλικς, αλλά στις ίδιες κατηγορίες. Οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν και πάλι μονοπαραμετρικά προβλήματα, αλλά έχοντας περισσότερες αρμοδιότητες.
Στο Καθοδηγούμενο επίπεδο, οι μαθητές αντιμετωπίζουν διπαραμετρικά προβλήματα. Ο συνολικός αριθμός κινήσεων διπλασιάζεται, 1.224 συνολικά, με 499 κλικς χειρισμού, 660 ρυθμίσεων, 11 στο ΧΑ και 54 στο ΧΦ. Οι μαθητές φαίνεται να επιλέγουν όλες τις δυνατές τιμές των μεταβλητών, και γι' αυτό παρατηρείται σημαντική αύξηση στον αριθμό των κλικς ρυθμίσεων και χειρισμού. Η πολυπλοκότητα των δραστηριοτήτων και η εισαγωγή 2^{ης} παραμέτρου αναγκάζει τους μαθητές, για πρώτη φορά, να χρησιμοποιήσουν και άλλου τύπου ενέργειες, όπως του ΧΑ.
Στο Ανοικτό επίπεδο, οι μαθητές καλούνται να διερευνήσουν σχέσεις μεταξύ των μεγεθών με δική τους πρωτοβουλία, αλλά σε διπαραμετρικά προβλήματα. Επίσης, προτρέπονται στο να χρησιμοποιήσουν όλους τους τύπους των ενεργειών, κυρίως αυτών που γίνονται στο ΧΑ και ΧΦ, που ήταν και οι λιγότερο χρησιμοποιούμενοι. Το αποτέλεσμα είναι οι κινήσεις να αυξάνονται (συνολικά 1.351 κινήσεις) αλλά και να ανακατανέμονται στους χώρους: 373 να αποτελούν κλικς χειρισμού, 388 ρυθμίσεις, 436 στο ΧΑ και 154 στο ΧΦ. Είναι χαρακτηριστική η αύξηση των κλικς στα ΧΦ & ΧΑ: Έχοντας αποκτήσει την εμπειρία των διπαραμετρικών προβλημάτων στο προηγούμενο επίπεδο, οι μαθητές φαίνεται να νιώθουν περισσότερο σίγουροι για τους χειρισμούς και τις ρυθμίσεις, οπότε αυτές είναι πιο περιορισμένες σε σχέση με του προηγούμενου επιπέδου. Για παράδειγμα, δε δοκιμάζουν όλες τις δυνατές τιμές των μεταβλητών, αλλά περιορίζονται σε μία μικρότερη περιοχή, που εκτιμούν ότι εκεί βρίσκεται η λύση του προβλήματος. Επίσης παρατηρούμε ότι, όταν υπάρχει παρότρυνση, οι μαθητές χρησιμοποιούν και άλλους τύπους ενεργειών, που απέφευγαν προηγουμένως. ίσως εξαιτίας και του υψηλότερου βαθμού κατανόησης που απαιτούν.

4. Συμπεράσματα

Αρχικά, παρατηρούμε ότι ο αριθμός και το είδος των ενεργειών επηρεάζονται από ΦΕ και επίπεδο διερεύνησης. Οι μαθητές χρησιμοποιούν περισσότερους τύπους ενεργειών σε πολυπλοκότερα προβλήματα και το ΦΕ επηρεάζει και το είδος των ενεργειών που θα γίνουν, όπως φάνηκε στο ανοικτό επίπεδο με τα κλικς στους ΧΑ - ΧΦ. Κινήσεις που προηγουμένως ζητούνταν ρητά, εφαρμόζονται αργότερα, σε συμφωνία με τη Θεωρία Δραστηριοτήτων περί μετατροπής ενεργειών σε αυτοματισμούς (Engestrom 1987).
Όσων αφορά στη διαχείριση των μεταβλητών, οι μαθητές είχαν αρχικά δυσκολία στα διπαραμετρικά προβλήματα, τα οποία ξεπεράστηκαν μέσω των δραστηριοτήτων. Τα λάθη μειώθηκαν δραστικά και οι μαθητές διαχειρίστηκαν αποτελεσματικά τις μεταβλητές.
Στα μεγαλύτερα επίπεδα υπήρχε ανάγκη περισσότερων ενεργειών. Οι μαθητές ανταποκρίθηκαν σε αυτό, αλλά παράλληλα ανέπτυξαν δεξιότητα εύρεσης της περιοχής της λύσης, γεγονός που μείωσε τις συνολικές κινήσεις σε συγκεκριμένους τύπους ενεργειών, με αποτέλεσμα την καλύτερη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, τα οποία αργότερα χρησιμοποιούν για να αιτιολογήσουν τα συμπεράσματά τους.
Η έρευνα έδειξε ότι οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν στρατηγικές ελέγχου μεταβλητών, συλλογής δεδομένων αλλά και χρησιμοποίησης αυτών για διεξαγωγή συμπερασμάτων. Οι προσομοιώσεις, με την υποστήριξη διερευνητικών δραστηριοτήτων, βοηθούν τους μαθητές να αποκτήσουν και έναν πιο επιστημονικό τρόπο προσέγγισης του φυσικού κόσμου.

5. Βιβλιογραφία

Μιχαλούδης, Α. & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2014). Εφαρμογή προσομοιώσεων και σύγχρονων εκπαιδευτικών μεθόδων στη διδασκαλία της Φυσικής. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΤΠΕ στην Εκπαίδευση, 3-5 Οκτωβρίου 2014* (σσ. 671-678). Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο.

Μιχαλούδης, Α. & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2015). Καταγραφή των βημάτων που ακολουθούν οι μαθητές στις εκπαιδευτικές προσομοιώσεις. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.

Μιχαλούδης, Α. & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2016). Δημιουργία προσομοιώσεων διερευνητικής μάθησης και καταγραφή κινήσεων των μαθητών. *Πρακτικά Εργασιών 10ου Πανελλήνιου και Διεθνούς Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση», 23-25 Σεπτεμβρίου 2016*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Σκουμιός, Μ. (2011). *Εφαρμοσμένη διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Πρακτικές Ασκήσεις Β΄ Φάσης, Διδακτικές σημειώσεις). Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Παν. Αιγαίου

Bell, L., Smetana, L. & Binns, I. (2005). *Simplifying Inquiry Instruction*. H.W. Wilson Company.

Bernstein, J., Scheerhorn, S. & Ritter, S. (2010). Using Simulations and Collaborative Teaching to Enhance Introductory Courses. *College Teaching*, 9-14.

Engestrom, Y. (1987). Learning by expanding. *Helsinki: Orienta-Konsultit Oy*.

Esquembre, F. (2003). Easy Java Simulations: A software tool to create scientific simulations in Java. *In Computer Physics Communications*. Elsevier.

Fencl, J. (2013). *Using PhET simulations in the physics first classroom: an alternative to traditional laboratories and teaching styles*. University of Wisconsin-River Falls.

Garrison, D. & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The Internet and Higher Education*.

Hackling, W.M (2005), Working Scientifically: Implementing and Assessing Open Investigation Work in Science, *Dept. of Education and Training, Western Australia*

Kirkley, S. & Kirkley, J. (2004). Creating next generation blended learning environments using mixed reality, Video Games and Simulations. *TechTrends*.

Mackinnon, K. & Brett, C. (2010). Computer science teacher: Current educational conversations and perspectives. ACSE.

Michaloudis, A. & Hatzikraniotis, E. (2017). Fostering Students' Understanding with Web-Based Simulations in an Inquiry Continuum Framework. In *Research on e-Learning and ICT in Education* (pp. 105-117). Springer International Publishing.

Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R. & Perkins, K. K. (2014). PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. *Journal of chemical education*, 1191-1197.

Novak, G., Patterson, E., Gavrin, A. & Christian, W. (1999). Just-in-time teaching: Blending active learning with web technology. Upper Saddle River, Prentice Hall.

Rieber, L. (1994). *Computers, graphics & learning*. Madison, Wis.: Brown & Benchmark.

Redish F.E. (2001) Forward to Physlets for the Physics Instructor, in *Physlets: Teaching Physics with Interactive Curricular Material*, Christian W. & Belloni M., Prence Hall, New Jersey.

Schwichow, M., Croker S., Zimmerman C. Höffler T., Härtig H. (2016) Teaching the control-of-variables strategy: A meta-analysis, *Developmental Review*.

White, R. & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London: Falmer Press.

Η ΣΥΛΛΟΓΙΚΗ (COLLECTIVE) ΚΑΙ ΑΝΑΔΥΟΜΕΝΗ (EMERGENT) ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ, ΟΠΩΣ ΔΙΔΑΣΚΕΤΑΙ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ «ΣΜΗΝΗ ΠΟΥΛΙΩΝ» ΤΗΣ NETLOGO. ΜΙΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ.

Άνθιμος Χαλκίδης[1], Αριστοτέλης Γκιόλμας[1], Αρτεμησία Στούμπα[1], Μαρία Παπακωνσταντίνου[2], Zafar Iqbal[3], Κώστας Καραμάνος[4], Κωνσταντίνος Σκορδούλης[4]

[1] Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2] Πανεπιστήμιο Πειραιά
[3] Ιδιωτικός Τομέας
[4] ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Γίνεται όλο και περισσότερο αποδεκτό διεθνώς, ότι η συμπεριφορά των φυσικών συστημάτων δεν μπορεί να ερμηνευτεί μόνο με μαθηματικές εξισώσεις, και απαιτείται μία πιο ολιστική προσέγγιση. Αυτός είναι και ένας λόγος για την ανάπτυξη και εξάπλωση της – λεγόμενης – επιστήμης των Πολύπλοκων Συστημάτων, ενταγμένης μέσα σε πολλά επιστημονικά πεδία, αλλά και μέσα σε εκπαιδευτικά πλαίσια. Μία μεγάλη ποικιλία από συστήματα στη Φύση, την οικονομία, την κοινωνία κ.α. τείνουν να αναδεικνύουν μία συλλογική συμπεριφορά, με συγκεκριμένα μοτίβα να προκύπτουν σε αυτά, και με όρους όπως η «νοημοσύνη σμήνους» να γίνονται πλέον μέρος της καθημερινής πρακτικής των επιστημών. Επομένως προκύπτει μία ανάγκη διδασκαλίας της συμπεριφοράς αυτών των συστημάτων, ακόμη και αν οι διδασκόμενοι δε διαθέτουν ένα «ισχυρό» υπόβαθρο στις Θετικές Επιστήμες. Πολύ χρήσιμο εργαλείο για το σκοπό αυτό είναι τα πολυ-πρακτορικά συστήματα μοντελοποίησης και προσομοιώσεων, με προεξέχον αυτό της NetLogo. Στην παρούσα εργασία, προτείνεται το μοντέλο «Σμήνη Πουλιών» ("Flocking") της NetLogo και εντάσσεται σε μία ειδικά σχεδιασμένη διδακτική παρέμβαση, με στόχο να δημιουργηθεί μία διδακτική στρατηγική σχετική με τη συλλογική συμπεριφορά των φυσικών συστημάτων και τη «νοημοσύνη σμήνους», σε Έλληνες μαθητές Πρώιμης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Abstract

It is becoming internationally accepted that the behavior of natural systems cannot be thoroughly interpreted by mathematical equations alone, and a more holistic approach is required. This is a reason for the growth and the expansion of Complex Systems' science in many scientific fields, as well as in educational settings. A great variety of systems in nature, economy, society etc, tend to depict a collective behavior, with specific patterns of behavior arising and terms such as "swarm intelligence" becoming now part of science's everyday practice. Therefore, a need rises to teach about the comportment and central aspects of such systems, even if the learners do not possess a "heavy" Science background. Very useful tools for this purpose are the Multi-Agent-Based computer models and simulations, with NetLogo prevailing among them. In the present work, a NetLogo model, called "flocking", is proposed and embedded in a specially designed teaching intervention, in order to create a teaching strategy for the instruction about natural systems' collective behavior and "swarm intelligence" to Greek Junior Secondary Education students.

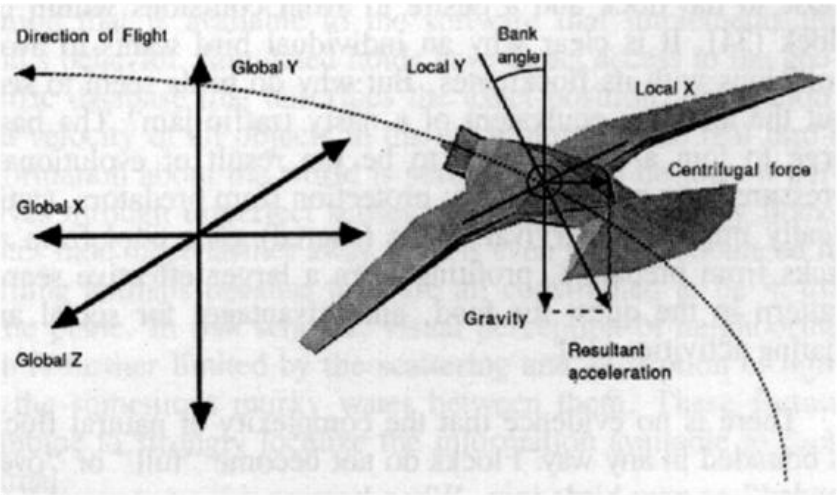
1. Εισαγωγή

Στη σημερινή επιστημονική πρακτική αυξάνεται συνεχώς η ταυτοποίηση και η μελέτη φυσικών συστημάτων που αποτελούνται από πολλά μέρη και εμφανίζουν μία συλλογική συμπεριφορά σύνθετη ή και χαοτική, ενώ τα επιμέρους μέρη τους ακολουθούν σχετικά απλούς κανόνες (Bonabeau, Dorigo and Theraulaz, 1999; Deneubourg & Goss, 1989). Πολλά από αυτά τα συστήματα υπάγονται και στα Πολύπλοκα Συστήματα (Complex Systems) (Solé & Goodwin, 2001) και η ερμηνεία της συμπεριφοράς τους δεν μπορεί να γίνει με μαθηματικές εξισώσεις αλλά κυρίως με κατανόηση (i) των απλών κανόνων που ακολουθούν τα μέλη τους και (ii) των αλληλεπιδράσεων – μικρής και μεσαίας κλίμακας – μεταξύ των μελών τους.
Από εκπαιδευτική σκοπιά έχει τονιστεί στη βιβλιογραφία η μεγάλη σημασία του να διδάσκονται οι μαθητές όλων των βαθμίδων τις ιδιότητες τέτοιων φυσικών συστημάτων (Jacobson & Wilensky, 2006; Goldstone, 2006). Με μία τέτοιας μορφής εκπαίδευση οι μαθητές θεωρείται ότι μαθαίνουν πως δεν εξηγούνται τα πάντα με τον αναγωγικό τρόπο σκέψης (όπως πιθανά τους οδηγούν να σκέφτονται τα κλασικά προβλήματα της σχολικής επιστήμης), αναζητούν ερμηνείες σε επίπεδο όχι ατομικής συμπεριφοράς αλλά αλληλεπιδράσεων και αναγνωρίζουν ή προβλέπουν μοτίβα στη φύση. Είναι πολύ σύνηθες τέτοια συστήματα στη Φύση να μοντελοποιούνται μέσω υπολογιστικών προσομοιώσεων (Railsback & Grimm, 2012) και ένα πολύ πρόσφορο λογισμικό για το σκοπό αυτό είναι η NetLogo (Wilensky, 1999; Wilensky & Rand, 2015). Η NetLogo είναι ένα πολυ-πρακτορικό περιβάλλον προσομοιώσεων, προγραμματισμού και μοντελοποίησης, στηριγμένο στη γλώσσα Logo, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως σε διεθνές επίπεδο για εκπαιδευτικούς αλλά και ερευνητικούς –πλέον– σκοπούς.

2. Μεθοδολογία/ Ερευνητικά ερωτήματα

Στη διδακτική παρέμβαση που περιγράφεται εδώ, χρησιμοποιείται το μοντέλο της NetLogo «Σμήνος Πουλιών» ("Flocking") (Wilensky, 1998), από τη Βιβλιοθήκη Μοντέλων της. Στο μοντέλο αυτό, οι πράκτορες (agents) προσομοιώνουν την πτήση ενός σμήνους πουλιών. Το μοντέλο έχει τις ιστορικές του ρίζες στο μοντέλο των "boids" (bird-oid objects = αντικείμενα σαν πουλιά), το οποίο εισήγαγε ο προγραμματιστής Craig Reynolds (Reynolds, 1987) και το οποίο θεωρήθηκε σταθμός στην εξέλιξη των περιβαλλόντων Τεχνητής Ζωής (Artificial Life). Ένα τέτοιο boid απεικονίζεται στην Εικόνα 1.

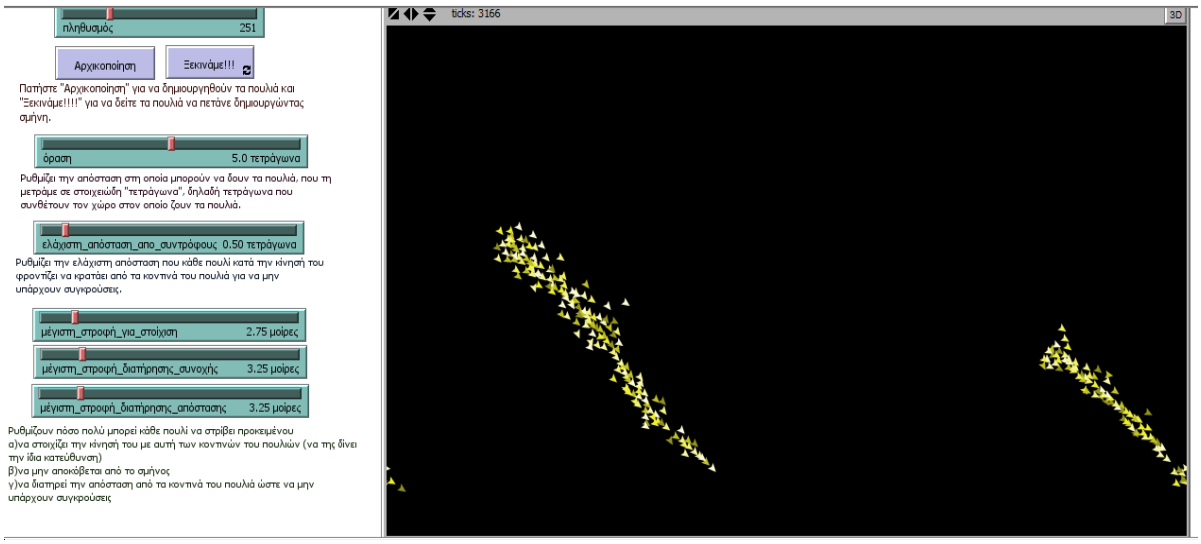
Εικόνα 1: Το «boid» και η τροχιά πτήσης του στο σμήνος, με όρους Φυσικής (Reynolds 1987)



Τα boids του Reynolds πετούν σε σμήνη ακολουθώντας μόνο *τρεις* απλούς κανόνες: (i) **στοίχιση**: Ευθυγραμμίζουν, κατά το δυνατό, την ταχύτητά τους με τα γειτονικά τους πτηνά στο

σμήνος (ii) **διατήρηση συνοχής**: Προσπαθούν να μένουν κοντά με τα γειτονικά τους πτηνά στο σμήνος και (iii) **διατήρηση απόστασης**: Επιδιώκουν να διατηρούν μία ελάχιστη απόσταση με τα γειτονικά τους πτηνά στο σμήνος, προς αποφυγή συγκρούσεων.
Οι κανόνες πτήσης βέβαια των αληθινών πουλιών σε σμήνη είναι πολύ συνθετότεροι και ακόμα υπό διερεύνηση επιστημονικά (Cavagna et al., 2015; Stonedahl & Wilensky, 2011). Όμως οι τρεις κανόνες πτήσης των boids δίνουν προσομοιώσεις πολύ κοντινές με τα αληθινά μοτίβα πτήσης των πτηνών (Stonedahl & Wilensky, 2011) και είναι εύχρηστες για διδακτικούς σκοπούς. Στους τρεις αυτούς κανόνες στηρίζεται και το μοντέλο της NetLogo «Σμήνη Πουλιών» ("Flocking"), όπου οι κανόνες οπτικοποιούνται ως παράμετροι που επηρεάζουν την κίνηση των πουλιών (Εικόνα 2).
Οι μαθητές εργάστηκαν ανά δύο ή τρεις με το μοντέλο «Σμήνη Πουλιών» στον υπολογιστή, στην προσπάθειά τους να απαντήσουν τις ερωτήσεις του Φύλου Εργασίας. Η γενική διδακτική στρατηγική είναι η καθοδηγούμενη διερεύνηση, ενώ το γνωσιοθεωρητικό υπόβαθρο είναι ο Κατασκευαστικός Εποικοδομητισμός (Constructionism) (Papert, 1991). Η παρέμβαση δοκιμάστηκε σε δείγματα μαθητών από δύο Γυμνάσια της Αθήνας, παρεμφερούς κοινωνικοοικονομικού και γνωστικού υποβάθρου. Η διδακτική παρέμβαση διήρκεσε δύο ώρες στο πρώτο σχολείο στο οποίο δοκιμάστηκε στο πλαίσιο ενός ομίλου που πραγματοποιείται μετά την λήξη του ωραρίου, και 3 διδακτικές ώρες στο δεύτερο σχολείο στο πλαίσιο του μαθήματος της Πληροφορικής. Στο πρώτο σχολείο το δείγμα αποτελείτο από 20 μαθητές (16 της Α' Γυμνασίου, 1 της Β΄ και 3 της Γ΄ Γυμνασίου), εκ των οποίων τα 11 ήταν κορίτσια και τα 9 αγόρια. Στο δεύτερο σχολείο το δείγμα αποτελείτο από 27 μαθητές της Γ' Γυμνασίου εκ των οποίων τα 17 αγόρια και τα 10 κορίτσια.

Εικόνα 2: Στιγμιότυπο οθόνης ενός από τα, προσαρμοσμένα στη διδακτική παρέμβαση, μοντέλα



Ως διδακτικοί στόχοι της παρέμβασης τέθηκαν, οι εξής:

- Να είναι σε θέση οι μαθητές να διαπιστώνουν την επίδραση στο σμήνος της μεταβολής κάθε μίας από τις τρεις προαναφερθείσες παραμέτρους και επιπλέον δύο παραμέτρων του μοντέλου, δηλαδή του πληθυσμού και του εύρους οπτικού πεδίου, ώστε να οδηγηθούν στην κατανόηση της βασικής σημασίας των τοπικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ γειτόνων για τη διαμόρφωση συνολικών, μεγάλης κλίμακας συμπεριφορών στα φυσικά συστήματα. (Levy & Wilensky, 2008; Chi, 2005; Resnick, 1997). Ταυτόχρονα η παρέμβαση αποτελεί μία μεθοδολογία διερευνητικής μάθησης.
- Να μπορούν οι μαθητές να εκφράσουν με σαφήνεια, εάν τα σμήνη των «πουλιών» έχουν κάποιο αρχηγό/οδηγό και υπό ποιες συνθήκες, και να το δικαιολογούν, διαδικασία που είναι

σημαντική για την ανασκευή του «ντετερμινιστικού - κεντροποιημένου» τρόπου σκέψης (deterministic - centralized mindset, D-C mindset) (Resnick, 1997).

- Να δομούν οι μαθητές, δοκιμάζοντας διαφορετικές τιμές των παραμέτρων, συγκεκριμένα μοτίβα και χρονικές εξελίξεις για τα σμήνη στην οθόνη και να τα ταυτοποιούν (το πλαίσιο του Κατασκευαστικού Εποικοδομητισμού, Constructionism).
- Να διαπιστώνουν αν η συμπεριφορά των σμηνών είναι δυναμική (εάν αλλάζει με το χρόνο), εάν είναι επαναλήψιμη κλπ.

Βάση για τη δόμηση των Φύλλων Εργασίας (φ.ε) της παρέμβασης αποτέλεσαν άλλα φ.ε. των συγγραφέων για ανάλογες διδακτικές παρεμβάσεις (Gkiolmas et al., 2012; 2013; 2016; Χαλκίδης κ.α., 2016), καθώς και άλλα φ.ε. που υπάρχου στη διεθνή βιβλιογραφία για το μοντέλο «Σμήνη Πουλιών» (Teahan, 2010; Greenfest-Allen, 2008). Στην εικόνα 3 φαίνονται αποκόμματα από Ερωτήσεις που παρουσιάζονται στα Φύλλα Εργασίας.
Σε μια πρώτη πιλοτική ανάλυση οι απαντήσεις των μαθητών κατηγοριοποιήθηκαν ώστε να αξιολογηθεί η επίτευξη των στόχων της διδακτικής παρέμβασης.

Εικόνα 3: Ενδεικτικές ερωτήσεις από το φύλλο εργασίας.

[Ερώτηση 7]. Τώρα ας γίνουμε πιο συγκεκριμένοι: Βάλτε σε κύκλο την - κατά τη γνώμη σας - σωστή απάντηση και δικαιολογήστε την όσο μπορείτε, με βάση τις δοκιμές που έχετε κάνει:
α. Τα σμήνη των πουλιών δεν έχουν ποτέ αρχηγό / οδηγό.
β. Τα σμήνη των πουλιών έχουν πάντα κάποιον αρχηγό /οδηγό.
γ. Τα σμήνη πουλιών άλλοτε έχουν και άλλοτε όχι αρχηγό /οδηγό, ανάλογα με τις τιμές που βάζουμε
δ. Το ίδιο σμήνος με συγκεκριμένες τιμές μπορεί να ξεκινήσει με αρχηγό και στην πορεία να μην έχει ή το αντίστροφο.
Σκεφτείτε καλά κι αιτιολογήστε τι επιλέξατε:
……

[Ερώτηση 9] Ας προσπαθήσουμε τώρα να ερμηνεύσουμε πώς επηρεάζει τη συμπεριφορά των πουλιών *κάθε ένα από τα δύο αυτά κουμπιά* («όραση» και «ελάχιστη απόσταση») *χωριστά*.
Διατυπώστε τη σκέψη σας.
……..

[Ερώτηση 14] Ας προσπαθήσουμε τώρα - παίζοντας με τα παραμέτρους - να κατασκευάσουμε / «χτίσουμε» εμείς είδη από σμήνη. Σημειώνετε κάθε φορά τι σκεφτήκατε και με ποιο συνδυασμό το πετύχατε:
Α. όλα τα πουλιά να έχουν μπει σε ομάδες, όπως να ’ ναι. Κανένα μόνο του.
Β. Αρκετά πουλιά μόνα τους – χωρίς συντρόφους στο πέταγμα:
Γ. Σμήνη σφαιρικά (περίπου)
Δ. Όλα τα σμήνη - ανεξαρτήτως των σχημάτων τους - να πηγαίνουν στην οθόνη προς την ίδια κατεύθυνση.
Ε. Σμήνη μακρουλά σαν ουρές, διαφόρων σχημάτων.
ΣΤ. Επαναλαμβάνεται μία σταθερή εικόνα στην οθόνη, χωρίς να βλέπουμε σμήνη.
Τι συμπεράσματα βγάζετε;
……

3. Αποτελέσματα

Οι σημαντικές ερωτήσεις του Φύλλου Εργασίας, ως προς τα αποτελέσματα, είναι συγκεκριμένες ερωτήσεις από την Ερώτηση 6 και μετά.
Ερωτήσεις 6 και 7: Διερεύνηση του αν τα σμήνη των πουλιών έχουν ή όχι αρχηγό και υπό ποιες συνθήκες.
Από τους 47 μαθητές του συνολικού δείγματος: 35 βλέπουν τα σμήνη να έχουν κάποιο πουλί σαν αρχηγό, 8 βλέπουν τα σμήνη να μην έχουν αρχηγό και 4 δεν δύνανται να απαντήσουν. Να τονιστεί ότι από τους 35 που βλέπουν τα σμήνη να έχουν αρχηγό, οι 19 δεν επεκτείνονται περαιτέρω, ενώ οι 16 αναφέρουν στην απάντησή τους ότι υπάρχει αρχηγός, αλλά αυτός ο αρχηγός αλλάζει με το χρόνο.
Ερωτήσεις 8 και 9: Διερεύνηση του ρόλου που παίζουν οι δύο παράγοντες (και επιλογείς) «Όραση» και «Ελάχιστη απόσταση από τους συντρόφους» στο σμήνος.
Στο δεύτερο σχολείο το δείγμα των μαθητών δεν έφτασε σε συμπεράσματα στο Ερώτημα αυτό. Στο πρώτο σχολείο: 13 μαθητές βλέπουν σαν πιο σημαντική, για το σχηματισμό σμηνών, την

παράμετρο «όραση» (πόσο μακριά βλέπουν τα πουλιά), 3 μαθητές την ελάχιστη απόσταση (πόσο κοντά μπορούν να πλησιάσουν τα πουλιά), 2 μαθητές τις βλέπουν σαν εξίσου σημαντικές και 2 δεν μπορούν να απαντήσουν ή απάντησαν άλλα.

Ερώτηση 10: Ρόλος του επιλογέα «Μέγιστη στροφή διατήρησης απόστασης», που οι κατασκευαστές τον έχουν δομήσει ώστε να είναι σημαντικότερος από τους άλλους στη συγκρότηση των σμηνών (Wilensky & Rand, 2015).

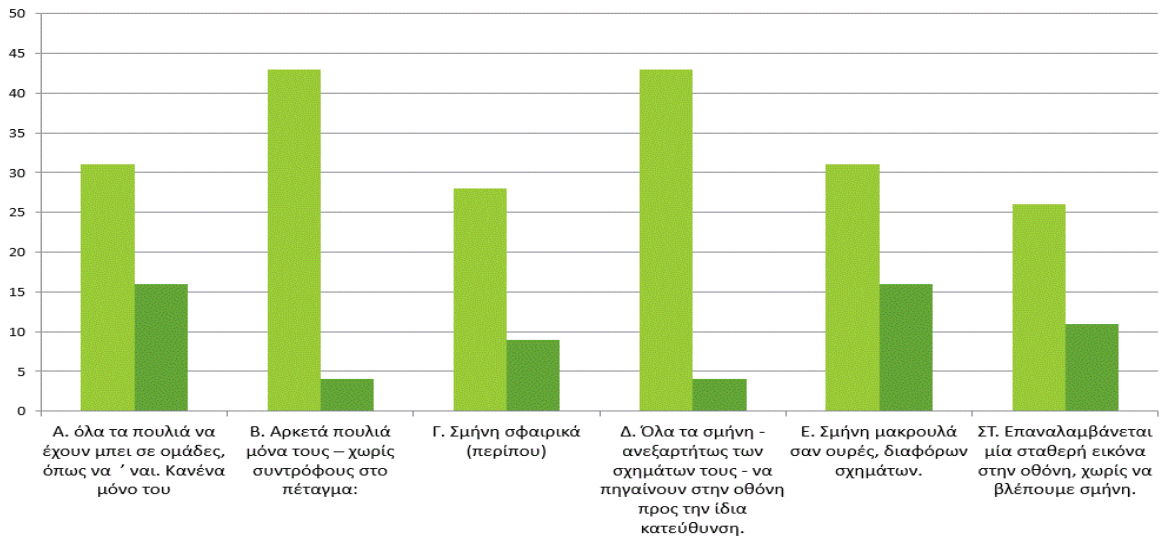
Βλέπουμε (πίνακας 1) ότι μεγάλες πλειοψηφίες των μαθητών (18 και 17 και 31 μαθητές αντίστοιχα) συγκλίνουν προς το επιστημονικά «αποδεκτό», ότι δηλαδή: για μεγάλες τιμές της μέγιστης γωνίας στροφής τα πουλιά σχηματίζουν σταθερούς γενικά σχηματισμούς, αλλά όχι πάντα σμήνη, για μεσαίες τιμές της γωνίας σχηματίζονται σμήνη αλλά όχι με σταθερή σύνθεση (μέλη) και για μικρές τιμές της γωνίας δεν έχουμε – κατά κανόνα – σχηματισμό σμηνών.

Πίνακας 1: Οι τοποθετήσεις των μαθητών στην Ερώτηση 10 που αναφέρεται στον ρόλο του επιλογέα "μέγιστη στροφή διατήρησης απόστασης", που είναι ο σημαντικότερος σύμφωνα με τους κατασκευαστές του μοντέλου

Συμπεριφορά	**Πλήθος**
Μεγάλες τιμές.	
τα πουλιά σχηματίζουν σταθερούς σχηματισμούς (patterns) αλλά όχι σμήνη	18
τα πουλιά κινούνται ακανόνιστα και στρίβουν	9
τα πουλιά είναι μόνα ή σε πολύ μικρά σμήνη / αλλάζουν συνεχώς σμήνη	8
Μεσαίες τιμές	
γίνονται σμήνη αλλά αλλάζουν συνεχώς σύνθεση	17
δεν σχηματίζουν σμήνη	2
Μικρές τιμές	
δεν προλαβαίνουν να φτιαχτούν σμήνη	31
διατηρούν σμήνη	2

Ερώτηση 14: Κατασκευαστική εποικοδομητική ερώτηση. «Χτίσε» σμήνη με συγκεκριμένα μοτίβα ή προδιαγραφές.

Εικόνα 4: Πλήθη ομάδων που πέτυχαν (αριστερή στήλη σε κάθε περίπτωση) ή δεν πέτυχαν (δεξιά στήλη) να διαμορφώσουν σμήνη με συγκεκριμένα μοτίβα ή προδιαγραφές



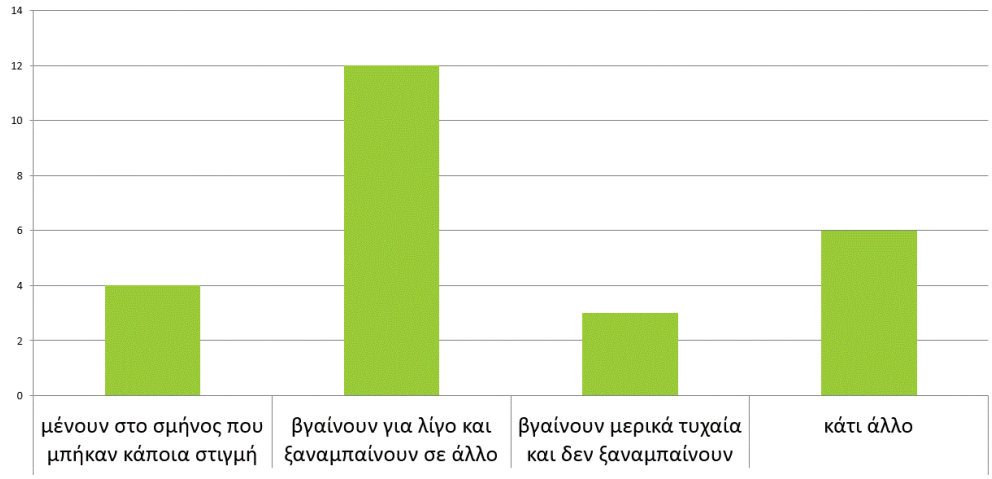
Παρατηρούνται (εικόνα 4) μεγάλα ποσοστά επιτυχία σε ό,τι αφορά την απαίτηση: όλα – κατά το δυνατόν – τα πουλιά, μόνα τους (περίπτωση Β, 43 έναντι 4) και όλα τα πουλιά προς την ίδια κατεύθυνση (περίπτωση Δ, 43 έναντι 4). Στα άλλα απαιτούμενα μοτίβα βλέπουμε ότι τα

ποσοστά επιτυχία είναι μικρότερα. Να τονιστεί βέβαια ότι οι μαθητές βλέπουν το μοντέλο σε ζεύγη ή τριάδες ενώ απαντούν κατά μόνας.

Ερώτημα 15: Γενική συμπεριφορά των πουλιών (boids). Περιγραφή της συμπεριφοράς του ενός πράκτορα (agent). Πρέπει να επισημανθεί ότι στα Ερωτήματα 15 και 16 πρόλαβαν να απαντήσουν μόνο τα μέλη του δείγματος του ενός σχολείου.

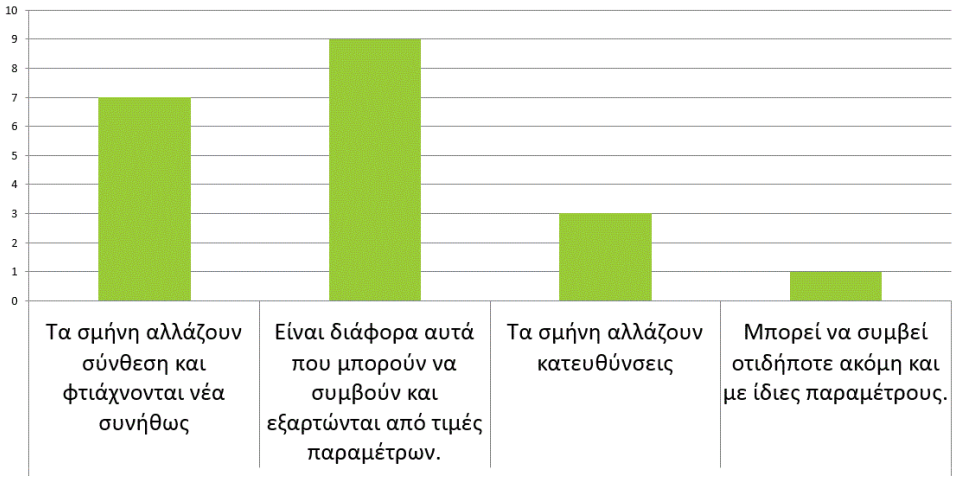
Η επικρατούσα απάντηση (12 μαθητές) περιγράφει ότι τα πουλιά βγαίνουν για λίγο από κάποιο σμήνος και ξαναμπαίνουν σε άλλο, δηλαδή διαπιστώνεται σε αρχικό στάδιο η τάση για «αυτό-οργάνωση» του πολύπλοκου συστήματος, βάσει των παραμέτρων (εικόνα 5), χωρίς περαιτέρω εμβάθυνση, πράγμα κατανοητό.

Εικόνα 5: Τα ευρήματα από το ερώτημα 15, σχετικά με την γενική συμπεριφορά των «πουλιών»



Ερώτημα 16: Τι συμβαίνει κατά τις συγκρούσεις σμηνών (παράγοντας «τυχαιότητα» και παράγοντας «μη επαναληψιμότητα» στο μοντέλο)

Εικόνα 6: Τα ευρήματα από το ερώτημα 16, σχετικά με την συμπεριφορά κατά τις «συγκρούσεις σμηνών»



Εδώ παρατηρείται (εικόνα 6) διασπορά των απαντήσεων, κατανοητή γιατί είναι έννοιες δύσκολο να ταυτοποιηθούν και να παρατηρηθούν από μαθητές και ειδικά Γυμνασίου.

4. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των απαντήσεων στα φύλλα εργασίας φαίνεται ότι το Φύλλο Εργασίας:

α. Έχει την προβλεπόμενη δομή και είναι αυτοσυνεπές.

β. Είναι ορθά ενταγμένο στο μαθησιακό του πλαίσιο (inquiry-based learning) και στο γνωσιοθεωρητικό του υπόβαθρο (Constructionism).

γ. Ανταποκρίνεται στους διδακτικούς στόχους που παρατίθενται στη μεθοδολογία.

Ως προς τα ευρήματα, τα συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από τη διδακτική παρέμβαση, με την όποια εγκυρότητα έχουν, είναι:

- Η παρέμβαση είναι σχετικά επιτυχής ως προς το να διαπιστώνουν οι διδασκόμενοι το σχετικό ρόλο και ισχύ των τριών βασικών παραμέτρων του μοντέλου (και του πολύπλοκου συστήματος): εμβέλεια όρασης, ελάχιστη απόσταση και (η ισχυρότερη) στροφή για ευθυγράμμιση. Το κυριότερο είναι ότι εδώ επιτυγχάνεται ένας βασικός διδακτικός στόχος στη διδακτική των Πολύπλοκων Συστημάτων, ότι δηλαδή ότι οι πολύ μεγάλης εμβέλειας αλληλεπιδράσεις (όραση) ή οι πολύ τοπικές (ελάχιστη απόσταση) μεταξύ πρακτόρων δεν είναι τόσο ισχυρές όσο οι αλληλεπιδράσεις μεσαίας εμβέλειας (γειτόνων) (Wilensky & Resnick, 1999; Levy & Wilensky, 2008).

- Υπάρχει σχετική αποτυχία της παρέμβασης, όπως γίνεται εδώ, στο να κατανοήσουν οι μαθητές / μαθήτριες ότι τα σμήνη δεν έχουν αρχηγό, δεν οργανώνονται κεντρικά. Απαιτείται επανασχεδιασμός της διδασκαλίας στον τομέα αυτόν.

- Ο κονστρουκσιονιστικός στόχος (να φτιαχτεί σύστημα συγκεκριμένων μοτίβων ή συγκεκριμένης συμπεριφοράς με το χρόνο) υλοποιείται εν μέρει. Ίσως θέλει απλούστευση και πιο πολύ καθοδήγηση για να είναι επιτεύξιμος από τους μαθητές.

- Σε τομείς που αφορούν τις πτυχές / χαρακτηριστικά του μοντελοποιούμενου Πολύπλοκου συστήματος, όπως: τυχαιότητα, αυτό-οργάνωση, μη επαναληψιμότητα, η παρέμβαση είναι επιτυχής λαμβανομένου υπ' όψιν του νοητικού υποβάθρου και της ηλικίας των μαθητών. Ίσως όμως σε μελλοντική σχεδίαση, μπορούν να αποσαφηνιστούν τα στοιχεία αυτά και να γίνει βαθύτερη κατανόηση.

Συνεπώς θεωρούμε ότι η διδακτική παρέμβαση αυτή με τη NetLogo, με κατάλληλο επανασχεδιασμό, μπορεί να αποτελέσει μία βάση για τη διδασκαλία φαινομένων συλλογικής συμπεριφοράς, ανάδυσης και νοημοσύνης σμήνους, στα Πολύπλοκα Συστήματα ή στη Φύση γενικά, για μαθητές, χωρίς βαθιές γνώσης υποδομής σε Μαθηματικά και Φυσική.

5. Βιβλιογραφία

Χαλκίδης, Α., Γκιόλμας, Α., Στούμπα, Α., Κονταξή, Μ., Σκορδούλης, Κ. (2016). Μπορούν μαθητές Γυμνασίου να προσεγγίσουν έννοιες πολυπλοκότητας εργαζόμενοι με τη βιβλιοθήκη μοντέλων της NetLogo; Ευρήματα από μια πρώτη διερεύνηση. στο Mikropoulos, T. A., Papachristos, N., Tsiara, A., Chalki, P. (eds.), *Proceedings of the 10th Pan-Hellenic and International Conference "ICT in Education",* Ioannina: HAICTE. pp. 419-426

Bonabeau, E., Dorigo, M. & Theraulaz, G. (1999). *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. New York: Oxford University Press.

Cavagna, A., Giardina, I., Grigera, T.,S., Jelic, A., Levine, D., Ramaswamy, S., and Viale, M.(2015). Silent Flocks: Constraints on Signal Propagation across Biological Groups. *Physical Review Letters*,114, 218101.

Chi, M., T., H. (2005). Commonsense concepts of emergent processes: why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences* 14: pp. 161–199.

Deneubourg, J., L. & Goss, S. (1989). Collective patterns and decision-making. Ethology, *Ecology & Evolution*, Vol.1, pp. 295–311.

Gkiolmas, A., Chalkidis, A., Karamanos, K., Papaconstantinou, M. & Skordoulis, C. (2012). A Constructionist Method for Teaching Teachers about Basic Properties of Complex Systems, using a NetLogo Model, in *Proceedings of Constructionism 2012*, Athens, pp. 270-280.

Gkiolmas, A., Karamanos, K., Chalkidis, A., Skordoulis, C., Papaconstantinou, M. & Stavrou, D. (2013). Using Simulations of NetLogo as a Tool for Introducing Greek High-School Students to Eco-Systemic Thinking. *Advances in Systems Science and Application (2013) Vol.13*, n. 3, pp. 275-297.

Gkiolmas, A., Papaconstantinou, M., Chalkidis, A. & Skordoulis, C. (2016). Multi-Agent Models, Made in NetLogo, for Teaching Simple Properties of Complex Natural Systems, and their Instructional Use, in Smyrnaiou Z., Riopel M. & Sotiriou M. (eds*) Recent Advances in Science and Technology Education, Ranging from Modern Pedagogies to Neuroeducation and Assessment*, Cambridge Scholars Publishing, pp. 146-157.

Goldstone, R. L. (2006). The complex systems see-change in education. *Journal of Learning Sciences, 15*, 35–43.

Greenfest-Allen, E. (2008) Exercise 4. *Course: Emergence (CMSC/BIOL 361).* Pennsylvania: Bryn Mawr College. στο http://cs.brynmawr.edu/Courses/cs361/spring2008/Exercises/Exercise4.pdf Ανακτήθηκε: στις 9 Νοεμβρίου 2016

Jacobson, M. J. & Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(1), pp. 11–34.

Levy, S. T. & Wilensky, U. (2008). Inventing a "Mid-level" to make ends meet: reasoning between the levels of Complexity. *Cognition and Instruction*, 26(1), pp. 1–47.

Papert, S. (1991). Situating Constructionism. In: S. Papert & I. Harel (Eds), *Constructionism*, pp. 1-11. Norwood, New Jersey : Ablex.

Railsback, S. F. & Grimm, V. (2012). *Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction* Princeton, NJ: Princeton University Press.

Resnick, M. (1997) *Turtles, Termites and Traffic Jams: Explorations in Massively Parallel Microworlds.* Massachusetts: MIT Press.

Reynolds, C. W. (1987). Flocks, herds and schools: a distributed behavioral model. *Computer Graphics*, 21 (4), pp. 25-34.

Solé, R. V. & Goodwin, B. (2001). *Signs of life: How Complexity pervades Biology.* New York: Basic Books.

Stonedahl F. & Wilensky, U. (2011). Finding forms of flocking: Evolutionary search in ABM parameter-spaces. *Multi-Agent-Based Simulation XI* (Volume 6532 of the series Lecture Notes in Computer Science), pp.61–75.

Teahan, W., J. (2010). *Artificial Intelligence: Exercises II. Agent Behaviour - I.* Frederiksberg, Denmark: Ventus Publishing ApS

Wilensky, U. & Rand, W. (2015). *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo.* MIT Press, Cambridge Massachusetts.

Wilensky, U. (1999). *NetLogo.* http://ccl.northwestern.edu/netlogo/ Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

Wilensky, U. & Resnick, M. (1999). Thinking in levels: A dynamic systems approach to making sense of the world. *Journal of Science Education and Technologv*, 8(1), pp. 3-19.

Wilensky, U. (1998). *NetLogo Flocking model.* http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Flocking Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ ΜΕ ΤΟ SCRATCHJR

Μιχαήλ Καλογιαννάκης[1], *Σταμάτιος Παπαδάκης*[2]
[1]ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη
Στην προσχολική εκπαίδευση, στη θεματική περιοχή των Φυσικών Επιστημών, οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) μπορούν να συμβάλουν στον εμπλουτισμό των βιωματικών νοητικών παραστάσεων των παιδιών, στην αντιμετώπιση γνωστικών εμποδίων και στο διδακτικό μετασχηματισμό των προϋπαρχουσών ιδεών. Με το ScratchJr τα παιδιά έχουν τη δυνατότητα να προγραμματίσουν τις δικές τους διαδραστικές ιστορίες, παιχνίδια, και προσομοιώσεις, αναπαριστώντας με ένα εποικοδομητικό και ταυτόχρονα διασκεδαστικό τρόπο βασικές έννοιες από το χώρο των Φυσικών Επιστημών. Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από μια μικρής κλίμακας έρευνα για τη διδασκαλία εννοιών και φαινομένων από το χώρο των Φυσικών Επιστημών με τη βοήθεια του περιβάλλοντος ScratchJr σε παιδιά προσχολικής ηλικίας.

Abstract
In preschool education, in the scope of Natural Sciences, Information and Communication Technologies can contribute in the enrichment of children's experiential mental representations, in the addressing cognitive obstacles and in the transformation of pre-existing ideas. With ScratchJr preschoolers can program their own interactive stories, games, animations, and simulations, while representing them in constructive and fun way concepts from the field of Natural Sciences. This paper presents results from a small-scale study, examining the effect of using the ScratchJr programming environment in teaching Natural Science phenomena to preschoolers.

1. Εισαγωγή

Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση

Η προσχολική εκπαίδευση, ως ένα από τα πρώτα οργανωμένα «σχολικά» περιβάλλοντα υποδοχής των παιδιών έχει μία ιδιαίτερη θέση στη δημιουργία των αρχικών αντιλήψεών τους για την επιστημονική γνώση (Καλλέρη 2016). Μία από τις σημαντικότερες καινοτομίες στο χώρο των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε) αποτελεί η εισαγωγή της επιστημονικής διερεύνησης. Η διερεύνηση στη διδασκαλία των Φ.Ε παρέχει στα παιδιά αυθεντικές επιστημονικές εμπειρίες δίνοντας νόημα στη μάθηση και βελτιώνοντας την κατανόησή τους (Harlen 1996, Ραβάνης 2016, Kalogiannakis et al. 2017, Καλογιαννάκης 2017). Διάφορες έρευνες αναδεικνύουν - στην πλειονότητά τους - τις Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) ως αποτελεσματικά εργαλεία διδασκαλίας και μάθησης στην προσχολική εκπαίδευση (Zaranis et al. 2013, Papadakis 2016, Καλογιαννάκης 2017) οι οποίες βοηθούν την εισαγωγή της επιστημονικής διερεύνησης. Από παλιά τα ερευνητικά δεδομένα συγκλίνουν στο ότι οι ΤΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ώστε να υποβοηθήσουν την γνωστική ανάπτυξη και τη μάθηση παιδιών προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας (Κόμης 2004) και τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώνονται και από σύγχρονες βιβλιογραφικές αναφορές (Καλογιαννάκης 2017, Kalogiannakis & Papadakis 2017, Papadakis et al. 2016).

Είναι γεγονός ότι οι καταλληλότερες επιστημονικές δεξιότητες για την προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία αποτελούν η παρατήρηση, η επικοινωνία, η σύγκριση, η ταξινόμηση, η μέτρηση, η ερμηνεία και η πρόβλεψη (Harlen 1996, Ραβάνης 2016). Για τα μικρά παιδιά οι παραπάνω επιστημονικές δεξιότητες αποτελούν μέσο με το οποίο διαμορφώνονται οι έννοιες κατά τη διαδικασία της μάθησης και είναι αδύνατον να καλλιεργηθούν ανεξάρτητα περιεχομένου (Κωνσταντίνου κ.α., 2002). Για τη διδασκαλία των Φ.Ε. σε παιδιά προσχολικής ηλικίας είναι σημαντική η δυνατότητα μεγαλύτερης εμπλοκής στις δραστηριότητες που υλοποιούνται ώστε να βελτιστοποιείται η μάθησή τους και να αναπτύσσεται σε σημαντικό βαθμό η ατομική και συλλογική σκέψη τους (Ogborn et al. 1996).

Στα πλαίσια αυτά, στην προσχολική εκπαίδευση, στο θεματικό πεδίο των Φ.Ε οι ΤΠΕ μπορούν να προσφέρουν την απαραίτητη οπτικοποίηση και συνδέονται άμεσα με την αναπαράσταση φαινομένων του φυσικού κόσμου με στόχο την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης (Νέα Προγράμματα Σπουδών 2011). Ωστόσο, είναι σημαντικό οι ποικίλες σύγχρονες μορφές των ΤΠΕ - μπορούμε να τις αποκαλούμε ψηφιακές τεχνολογίες - να είναι απλές στη χρήση και προσαρμοσμένες στις ιδιαιτερότητες της προσχολικής ηλικίας, να προωθούν τη δημιουργική και ανεξάρτητη χρήση, παρέχοντας τον έλεγχο των επιλογών στα ίδια τα παιδιά. Για παράδειγμα, σε σχέση με τις σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες μια ανάλυση των φορητών εφαρμογών με ελληνικό περιεχόμενο που είναι διαθέσιμες μέσω του Apple App Store ή του Google Play Store, και οι οποίες υποτίθεται ότι δημιουργήθηκαν προκειμένου να ενισχύσουν την μάθηση των παιδιών προσχολικής ηλικίας έδειξε ότι σχεδόν στο σύνολο τους αποφέρουν ελάχιστα μαθησιακά οφέλη (Papadakis et al. 2017).

Στον αντίποδα, το ScratchJr αποτελεί ένα σύγχρονο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού το οποίο έχει δημιουργηθεί με γνώμονα τις αναπτυξιακές ανάγκες των παιδιών ηλικίας 5 έως 7 ετών, όπως οι αναδυόμενες κινητικές δεξιότητες, η ικανότητα ανάγνωσης και η αυτορρύθμιση (Kazakoff 2015 p.51). Με το ScratchJr, τα παιδιά προσχολικής ηλικίας μπορούν να προγραμματίσουν τις δικές τους διαδραστικές ιστορίες, παιχνίδια, κινούμενα σχέδια και προσομοιώσεις. Ενώνοντας πλακίδια τα οποία αντιπροσωπεύουν εντολές με τον ίδιο τρόπο που ενώνουν κομμάτια ενός παζλ, τα παιδιά μπορούν να δημιουργήσουν μια ιστορία με χαρακτήρες που χορεύουν, παίζουν ήχους και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, τα παιδιά μαθαίνουν πρώιμες μαθηματικές και γραμματικές έννοιες και αναπτύσσουν βασικές δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων (Flannery et al. 2013).

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζεται η χρήση και τα πρώτα αποτελέσματα της αξιοποίησης του περιβάλλοντος ScratchJr για τη διδασκαλία εννοιών και φαινομένων από το χώρο των Φ.Ε. στην προσχολική εκπαίδευση.

Χρήση εκπαιδευτικής τεχνολογίας στην προσχολική εκπαίδευση

Παρά τις αρχικές αμφιταλαντεύσεις (Cordes & Miller 2000), από την πλειονότητα των εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και των ερευνητών θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική η ορθολογική ενσωμάτωση της εκπαιδευτικής τεχνολογίας στην προσχολική εκπαίδευση (OECD 2013, Pegrum et al. 2013, Peirce 2013). Η καλλιέργεια της δημιουργικότητας των παιδιών είναι ζωτικής σημασίας για την προσχολική εκπαίδευση. Με την ενσωμάτωση των ψηφιακών τεχνολογιών στο πρόγραμμα σπουδών της προσχολικής εκπαίδευσης, προσφέροντας ευκαιρίες για δημιουργικές εμπειρίες που υποστηρίζουν μια σειρά μαθησιακών στόχων υψηλότερου επιπέδου και προωθούν τη μάθηση προσανατολισμένη στις Φ.Ε (Laverick 2015). Σύμφωνα με τους McManis & Gunnewig (2012 p.15) «*η εκπαιδευτική τεχνολογία διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη μάθηση των παιδιών όταν βασίζεται στην έρευνα, στις κατάλληλες για την ανάπτυξη των μικρών παιδιών αναπτυξιακές πρακτικές και όταν συμμορφώνεται με τους στόχους του προγράμματος σπουδών*».

Ειδικότερα, στις μέρες μας, ο ταχύτατος ρυθμός ανάπτυξης της ψηφιακής τεχνολογίας προσφέρει μια αστείρευτη πηγή καινοτόμων επιλογών στους εκπαιδευτικούς της προσχολικής εκπαίδευσης (Kalogiannakis & Papadakis 2017, Lee 2016, Papadakis et al. 2016). Ωστόσο, οι

ποικίλες μορφές της τεχνολογίας δεν έχουν σχεδιαστεί πάντοτε με τον κατάλληλο τρόπο ώστε να υποστηρίζουν τη μάθηση των παιδιών προσχολικής ηλικίας και ως εκ τούτου οι εκπαιδευτικοί πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί στη χρήση της στο νηπιαγωγείο (Hirsch-Parsek et al. 2015). Η παραπάνω διαπίστωση γίνεται ακόμη πιο έντονη στην περίπτωση των αυτοαποκαλούμενων εκπαιδευτικών εφαρμογών οι οποίες απευθύνονται σε παιδιά προσχολικής ηλικίας (Papadakis & Kalogiannakis 2017). Παρότι ο αριθμός των διαθέσιμων εφαρμογών οι οποίες απευθύνονται στα παιδιά της συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας αυξάνεται σχεδόν με γεωμετρικούς ρυθμούς, δεν έχει παρατηρηθεί και η αντίστοιχη τάση στην ποιότητα των εφαρμογών αυτών (Papadakis et al 2017). Οι Yelland & Gilbert (2011), οι Flewitt et al. (2014) σε έρευνές τους διαπίστωσαν ότι η πλειονότητα των εκπαιδευτικών εφαρμογών για παιδιά προσχολικής ηλικίας ήταν τύπου «πρακτικής και εξάσκησης» και χαρακτηρίζονταν από περιορισμένες δυνατότητες επιλογής δραστηριοτήτων και συγκεκριμένα ελεγχόμενα αποτελέσματα.

Επιπρόσθετα, όπως αναφέρουν οι Hirsh-Pasek et al. (2015) η πλειονότητα των εκπαιδευτικών εφαρμογών σήμερα μπορούν να θεωρηθούν ότι ανήκουν στο «πρώτο κύμα» της ψηφιακής επανάστασης. Σε αυτό το κύμα, οι εφαρμογές είναι στη μορφή φύλλων εργασίας, παιχνιδιών και παζλ τα οποία έχουν αναπαραχθεί σε ένα ψηφιακό μορφότυπο δίχως κανένα θεωρητικό υπόβαθρο σχετικά με το πώς μαθαίνουν τα παιδιά ή/και πώς οι μοναδικές δυνατότητες των έξυπνων κινητών συσκευών μπορούν να αξιοποιηθούν προκειμένου να υποστηρίξουν την μάθηση. Ως εκ τούτου, στα πλαίσια της ραγδαίας διείσδυσης των έξυπνων φορητών συσκευών και των συνοδευτικών τους εφαρμογών και στο χώρο της προσχολικής εκπαίδευσης παρουσιάζεται ως επιτακτική η ανάγκη δημιουργίας αναπτυξιακά κατάλληλων εκπαιδευτικών εφαρμογών καθώς και η χρήση κατάλληλων ψηφιακών περιβαλλόντων για τα παιδιά της συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας.

Το περιβάλλον ScratchJr

Το ScratchJr αποτελεί ένα σύγχρονο γραφικό προγραμματιστικό περιβάλλον, διαθέσιμο -προς το παρόν- μόνο για φορητές συσκευές, το οποίο απευθύνεται σε παιδιά προσχολικής και πρώτης σχολικής ηλικίας. Το ScratchJr βασίζεται στο δημοφιλές προγραμματιστικό περιβάλλον για αρχαρίους Scratch (Resnick 2007) και μπορεί να θεωρηθεί ως μια τροποποιημένη «ελαφριά» έκδοσή του. Ως εκ τούτου διαθέτει ένα πιο φιλικό για τα μικρά παιδιά περιβάλλον διεπαφής και λιγότερη πολυπλοκότητα ως προς τον αριθμό των διαθέσιμων εντολών (Παπαδάκης κ.ά. 2015; Papadakis et al 2016).

Το ScratchJr δημιουργήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες από ερευνητές στο MIT και το Πανεπιστήμιο Tufts λαμβάνοντας υπόψιν τις αναπτυξιακές ανάγκες των παιδιών ηλικίας 5 έως 7 ετών, όπως οι αναδυόμενες λεπτές κινητικές δεξιότητες, η ικανότητα ανάγνωσης, και της αυτορρύθμισης. Το ScratchJr χρησιμοποιεί πλακίδια εντολών προκειμένου το παιδί να προγραμματίσει χαρακτήρες οι οποίοι πραγματοποιούν διάφορες ενέργειες στη σκηνή δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό, διαδραστικές ιστορίες, παιχνίδια, κινούμενα σχέδια και προσομοιώσεις (Παπαδάκης κ.ά. 2015, Kazakoff 2015).

Από παιδαγωγική άποψη το ScratchJr έχει δημιουργηθεί με γνώμονα την εποικοδομητική προσέγγιση επιχειρώντας να εμπλέξει τα παιδιά σε διαδραστικές, ουσιαστικές εμπειρίες. Αντίστοιχα με το Scratch, το ScratchJr έχει ένα «χαμηλό πάτωμα» (Flannery et al. 2013) δηλαδή όλα τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά του είναι εύκολα προσβάσιμα στα μικρά παιδιά. Αυτό σημαίνει ότι δίχως την επίβλεψη ενός ενήλικα και με ελάχιστη αρχική βοήθεια, τα παιδιά μπορούν για παράδειγμα να κινήσουν τους χαρακτήρες στην σκηνή, να προσθαφαιρέσουν και να τροποποιήσουν χαρακτήρες, κ.ά. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή έχει και «ψηλό» ταβάνι (Flannery et al. 2013) δηλαδή όσο εύκολο είναι για ένα παιδί προσχολικής ηλικίας να δημιουργήσει την δική του διαδραστική ιστορία, το περιβάλλον παρέχει στα μικρά παιδιά επαρκή «χώρο» για τη δημιουργία έργων που ποικίλλουν ως προς την πολυπλοκότητα τους, διατηρώντας το εργαλείο

κατάλληλο για την πνευματική και ηλικιακή κλίμακα του χρήστη. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται το γραφικό περιβάλλον διεπαφής του ScratchJr.

Εικόνα 1: Το γραφικό περιβάλλον διεπαφής του ScratchJr

2. Μεθοδολογία

Η παρούσα έρευνα η οποία υλοποιήθηκε το σχολικό έτος 2014-15σχετίζεται με τη χρήση του περιβάλλοντος ScratchJr για τη σύνδεση του ψηφιακού γραμματισμού με τις παραδοσιακές διδακτικές πρακτικές και την εισαγωγή εννοιών από το χώρο των Φ.Ε στο νηπιαγωγείο. Συμμετείχαν 43 παιδιά (22 αγόρια, 21 κορίτσια) εκ των οποίων 35 ήταν νήπια και 8 προνήπια τα οποία φοιτούσαν σ' ένα δημόσιο και σ' ένα ιδιωτικό νηπιαγωγείο κλασικού τμήματος στην περιφέρεια της Κρήτης. Η έρευνα υλοποιήθηκε σε δύο στάδια. Το πρώτο στάδιο περιελάμβανε τη βασική επιμόρφωση των νηπιαγωγών, οι οποίες θα υλοποιούσαν την παρέμβαση, στο περιβάλλον του ScratchJr. Οι νηπιαγωγοί ήταν εν ενεργεία φοιτήτριες στο τελευταίο έτος σπουδών του Παιδαγωγικού Τμήματος Προσχολικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης. Ως εκ τούτου, η επιμόρφωση πραγματοποιήθηκε από τους ερευνητές εκτός των ωρών λειτουργίας των νηπιαγωγείων, στους χώρους του Πανεπιστημίου Κρήτης (Εικόνα 2). Στο δεύτερο στάδιο, οι φοιτήτριες εφήρμοσαν στις τάξεις μια διδακτική παρέμβαση διάρκειας 20 ωρών κατά την οποία στις πρώτες 13 ώρες τα παιδιά εξοικειώθηκαν με το προγραμματιστικό περιβάλλον του ScratchJr.

Αναλυτικότερα, τα παιδιά εξοικειώθηκαν με την κίνηση των χαρακτήρων (εμπρός, πίσω, αναπήδηση), την εναλλαγή υποβάθρου, την εισαγωγή πολλαπλών σελίδων, ενέργειες εμφάνισης/απόκρυψης χαρακτήρων, τροποποίησης ταχύτητας κίνησης χαρακτήρα, κ.α. Οι δραστηριότητες τις οποίες κλήθηκαν να υλοποιήσουν τα παιδιά ήταν βασισμένες στο επίσημο βιβλίο του ScratchJr με τίτλο "The Official ScratchJr Book" (Bers & Resnick 2015) καθώς και στο εκπαιδευτικό υλικό το οποίο ήταν διαθέσιμο ελεύθερο στον ιστότοπο του προγράμματος, στην διεύθυνση https://www.scratchjr.org/teach/activities. Στις υπόλοιπες 7 ώρες, τα παιδιά εργάστηκαν για τη δημιουργία διαφόρων έργων στο ScratchJr για την αναπαράσταση φαινομένων από το χώρο των Φ.Ε. Για την απρόσκοπτη υλοποίηση του σχεδιασμού, οι ερευνητές είχαν φροντίσει να προμηθεύσουν τα νηπιαγωγεία με ένα ικανό αριθμό ταμπλετών προκειμένου τα παιδιά να εργάζονται σε λειτουργικές ομάδες των 2-3 ατόμων. Το βασικό μεθοδολογικό εργαλείο ήταν η συνέντευξη με τις νηπιαγωγούς καθώς και τα έργα που δημιουργήθηκαν στο ScratchJr από τα ίδια τα παιδιά κατά τη διάρκεια της παρέμβασης.

Εικόνα 2: Επιμόρφωση των νηπιαγωγών στο περιβάλλον του ScratchJr

3. Αποτελέσματα

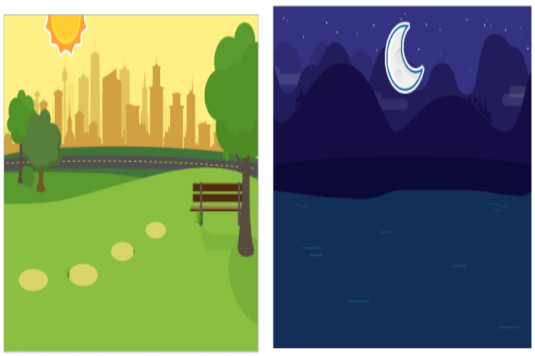
Τα αρχικά αποτελέσματα της μελέτης μας θα παρουσιαστούν βάσει δύο αξόνων: (α) της παρατήρησης των δημιουργών των παιδιών στο περιβάλλον του ScratchJr και (β) των συνεντεύξεων των νηπιαγωγών οι οποίες υλοποίησαν την παρέμβαση.

5.1 Δημιουργίες των παιδιών στο ScratchJr

Τα παιδιά μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης κλήθηκαν να δημιουργήσουν μέσω του ScratchJr διαδραστικές ιστορίες οι οποίες να αναπαριστούν φαινόμενα από το χώρο των Φ.Ε. όπως για παράδειγμα την εναλλαγή μέρας και νύχτας, την εναλλαγή των εποχών, κ.α. Η επιλογή των φαινομένων πραγματοποιήθηκε βάσει των επιλογών των ίδιων των παιδιών σε συνεργασία με τις νηπιαγωγούς. Όπως φαίνεται από τα ενδεικτικά στιγμιότυπα των έργων (Εικόνες 3 α, β, γ) τα παιδιά ανταποκρίθηκαν θετικά στην ενασχόληση τους με το ScratchJr.

Εικόνα 3 α, β, γ: Στιγμιότυπα από έργο παιδιών στο ScratchJr το οποίο προσομοιώνει την ανατολή, το ηλιοβασίλεμα και την έλευση της νύχτας

α β γ



Επιπρόσθετα, με αφετηρία την ενασχόληση των παιδιών με το ScratchJr έθεσαν το ερώτημα της χρονικής διάρκειας της περιστροφής της γης γύρω από το εαυτό της και προσπάθησαν να αναπαραστήσουν τόσο με τα έργα τους στο ScratchJr όσο και με το σώμα τους τις κινήσεις της γης. Με βάση τα παραπάνω αναπτύχθηκε η χωρική σκέψη η οποία είναι ένα αναπόσπαστο και θεμελιώδες κομμάτι της θεωρίας και πράξης στην αστρονομία (Ampartzaki & Kalogiannakis 2016). Επίσης, τέθηκαν ενδιαφέροντα ερωτήματα τέθηκαν όπως εάν η γη είναι πιο μεγάλη από τον ήλιο, πόσοι πλανήτες υπάρχουν και τα ονόματά τους, κ.ά.

Εκτός της παρατήρησης των έργων των παιδιών, οι νηπιαγωγοί οι οποίες συμμετείχαν στην έρευνα θέλησαν να διερευνήσουν την αποτελεσματικότητα της παρέμβασης ως προς την μεταβολή της στάσης των παιδιών και της αποκόμισης γνώσεων στον τομέα των Φ.Ε. λόγω της χρήσης του ScratchJr. Μέσω ανοικτού τύπου ερωτήσεων οι νηπιαγωγοί κατέγραψαν ότι όλα τα παιδιά αντιμετώπισαν ιδιαίτερα θετικά την ενασχόληση τους με το περιβάλλον. Χαρακτηριστικά τα παιδιά δήλωσαν ότι επιθυμούσαν να χρησιμοποιούν το ScratchJr και στα

υπόλοιπα «μαθήματα» όπως π.χ. στις δραστηριότητες των μαθηματικών και του γραμματισμού. Αντίστοιχα, από τις απαντήσεις τους σε στοχευμένες ερωτήσεις οι νηπιαγωγοί διαπίστωσαν ότι τα παιδιά κατανόησαν έννοιες που θεωρούνται «απαιτητικές», όπως της περιστροφής της γης, της εναλλαγής των εποχών, κ.α. Ιδιαίτερα σημαντικό ε κρίνεται το γεγονός ότι δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στην στάση και στο βαθμό αποκόμισης των γνώσεων μεταξύ αγοριών και κοριτσιών.

5.2 Συνεντεύξεις νηπιαγωγών

Όπως ανέφεραν οι νηπιαγωγοί στις ατομικές συνεντεύξεις τους, στο σύνολο τους, τα παιδιά εργάστηκαν ομαδοσυνεργατικά και δεν αντιμετώπισαν ιδιαίτερα προβλήματα στην εξωτερίκευση των αναπαραστάσεων τους για τα φυσικά φαινόμενα μέσω του ScratchJr. Χαρακτηριστικά όπως επισήμανε μία νηπιαγωγός για τη διδασκαλία θεμάτων από το μακρόκοσμο τα παιδιά μετά την εμπλοκή τους με το ScratchJr μοίρασαν ρόλους (ήλιος, πλανήτες) και έπαιξαν θεατρικό την υλοποίηση του έργου τους στο ScratchJr. Επίσης, οι νηπιαγωγοί έκριναν ιδιαίτερα θετικά τον εμπλουτισμό της διδασκαλίας τους με το ScratchJr επισημαίνοντας την ανάγκη για περαιτέρω διείσδυση αναπτυξιακά κατάλληλων ψηφιακών τεχνολογιών στον χώρο της προσχολικής εκπαίδευσης θέτοντας παράλληλα το ζήτημα της περαιτέρω επιμόρφωσης στην παιδαγωγική χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών στην προσχολική τάξη. Ωστόσο, δεν έλειψε ο προβληματισμός τους για την ένδεια του τεχνολογικού εξοπλισμού που υπάρχει στα ελληνικά νηπιαγωγεία και εξέφρασαν τις ανησυχίες τους για την επάρκεια του ψηφιακού περιβάλλοντος το οποίο θα κληθούν να αξιοποιήσουν κατά την θητεία τους ως νηπιαγωγοί.

4. Συμπεράσματα - Προοπτικές

Από τη μελέτη των έργων των παιδιών, προκύπτει ότι η χρήση του περιβάλλοντος ScratchJr επέτρεψε στα παιδιά να αποκτήσουν μια διαφορετική εμπειρία μάθησης σε σχέση με την παραδοσιακή χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών αναδεικνύοντας τα υψηλά επίπεδα εμπλοκής τους. Όπως προκύπτει από τις συνεντεύξεις με τις νηπιαγωγούς, η χρήση του ScratchJr συνέβαλε στην προώθηση της συνεργασίας και στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και βοήθησε τα παιδιά στην κατανόηση εννοιών από τον χώρο των Φ.Ε. Επίσης, το ScratchJr απετέλεσε ένα αποτελεσματικό εργαλείο για την εκμάθηση βασικών δομών προγραμματισμού στην πρώιμη παιδική ηλικία υλοποιώντας τη σύνδεση ποικίλων επιστημονικών τομέων όπως Πληροφορική, Μαθηματικά και ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης στο νηπιαγωγείο. Ιδιαίτερα σημαντικό θεωρούμε επίσης ότι οι νηπιαγωγοί σχολίασαν θετικά ότι μέσω της διδακτικής παρέμβασης δόθηκε η δυνατότητα να ξεφύγουν από την παραδοσιακή διδασκαλία, συχνά εμπλουτισμένη με ανάγνωση βιβλίων και επίδειξη αντικειμένων, εικόνων και να μεταβούν σε ένα διαδραστικό ψηφιακό ομαδοσυνεργατικό περιβάλλον όπως το ScratchJr.

Τα αποτελέσματα της μελέτης μας συμβαδίζουν με τα πορίσματα συναφούς έρευνας η οποία πραγματοποιήθηκε με παιδιά προσχολικής ηλικίας σχετικά με την αξιοποίηση του περιβάλλοντος ScratchJr για την ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης (Papadakis et al. 2016). Μέσα από μια εκπαιδευτική παρέμβαση διάρκειας 13 ωρών, το ScratchJr συνέβαλε με ουσιώδη τρόπο στην προώθηση της συνεργασίας και των ικανοτήτων επίλυσης προβλημάτων των παιδιών καθώς συμμετείχαν στη διαδικασία ανάπτυξης των έργων τους με ευχάριστο και δημιουργικό τρόπο. Γενικότερα, τα παιδιά έχουν τις αντιλήψεις τους και τις αντιπαραβάλλουν με οποιαδήποτε προσπάθεια να αλλάξει τις ιδέες και τα γνωστικά μοτίβα τους. Έτσι, όσο νωρίτερα παρέχεται το κατάλληλο κίνητρο τόσο συντομότερα θα αναπτυχθεί μια καλά δομημένη γνώση και σκέψη. Με αυτό τον τρόπο, δεν θα εκπλαγούν αργότερα στη ζωή τους από τις ανακαλύψεις για το πώς λειτουργεί ο κόσμος γύρω τους. Η παρούσα έρευνα αποτελεί μια αρχική προσπάθεια διερεύνησης της αξιοποίησης του ScratchJr για τη διδασκαλία των Φ.Ε στην

προσχολική εκπαίδευση. Θεωρούμε ότι οι στάσεις παιδιών και νηπιαγωγών θα πρέπει να διερευνηθούν σε ευρύτερο δείγμα, ώστε να αξιολογηθούν στο πλαίσιο του σχεδιασμού κατάλληλων παρεμβάσεων που θα στοχεύουν στην αποτελεσματική ένταξη των ψηφιακών τεχνολογιών στη διδασκαλία των Φ.Ε στο νηπιαγωγείο, με στόχο την πολύπλευρη ανάπτυξη των παιδιών.

5. Βιβλιογραφία

Νέα Προγράμματα Σπουδών (2011). *Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου. 2ο Μέρος: Μαθησιακές περιοχές*. http://ebooks.edu.gr/new/ps.php (Τελευταία πρόσβαση 04/11/2016).

Καλλέρη, Μ. (2016). Έννοιες *και φαινόμενα από τον φυσικό κόσμο για μικρά παιδιά*. Θεσσαλονίκη: Ostracon Publishing.

Καλογιαννάκης, Μ. (Επιμ.) (2017). *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Σύγχρονες Τάσεις και Προοπτικές*. 27-29 Μαΐου 2016. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο: Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης.

Κωνσταντίνου, Κ., Φερωνύμου, Γ., Κυρακίδου, Ε. & Νικολάου, Χ. (2002). *Οι Φυσικές Επιστήμες στο Νηπιαγωγείο: Βοήθημα για τη Νηπιαγωγό*. Λευκωσία: Εκδόσεις Υπουργείου Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου.

Κόμης, Β. (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Παπαδάκης, Στ., Καλογιαννάκης, Μ. & Ζαράνης, Ν. (2015). Η συμβολή του περιβάλλοντος ScratchJr στην ανάπτυξη της υπολογιστικής σκέψης στην προσχολική εκπαίδευση. *Πρακτικά 7th Conference on Informatics in Education - Η Πληροφορική στην εκπαίδευση (7th CIE 2015)* (σσ. 401-410). Αθήνα, 9-11 Οκτωβρίου 2015.

Ραβάνης, Κ. (2016). *Εισαγωγή στη Διδακτική και στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Ampartzaki, M. & Kalogiannakis, M. (2016). Astronomy in Early Childhood Education: A Concept-Based Approach. *Early Childhood Education Journal*, *44*(2), 169-179.

Bers, M.-U. & Resnick, M. (2015). *The Official ScratchJr Book*, San Francisco: No Starch Press.

Cordes, C. & Miller, E. (2000). *Fool's gold: A critical look at children and computers*. College Park, MD: The Alliance for Childhood.

Flannery, L. P., Kazakoff, E. R., Bontá, P., Silverman, B., Bers, M. U. & Resnick, M. (2013). Designing ScratchJr: Support for early childhood learning through computer programming. In *Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'13).* (pp. 1-10). New York: ACM.

Flewitt, R., Messer, D. & Kucirkova, N. (2014). New directions for early literacy in a digital age: The iPad. *Journal of Early Childhood Literacy, 15*(3), 289-310.

Harlen, W. (1996). *The teaching of science (2nd Ed.)* London: David Fulton.

Hirsh-Pasek, K., Zosh, J. M., Golinkoff, R. M., Gray, J. H., Robb, M. B. & Kaufman, J. (2015). Putting education in "educational" apps lessons from the science of learning. *Psychological Science in the Public Interest, 16*(1), 3-34.

Kalogiannakis, M. & Papadakis, St. (2017). Investigating pre-service kindergarten teachers' intention to adopt and use tablet into teaching practice for natural sciences. *International Journal of Childhood Studies (IJCS) 1*(1) (Forthcoming article).

Kalogiannakis, M. & Nirgianaki, G.-M. & Papadakis, St. (2017). Teaching magnetism to preschool children: the effectiveness of pictured story reading. *Early Childhood Education Journal* (under review).

Kazakoff, E. R. (2015). Technology-based Literacies for Young Children: Digital Literacy through Learning to Code. In K. L. Heider, M. Renck Jalongo (Eds.), *Young Children and Families in the Information Age, Educating the Young Child 10*, Springer Science+Business Media Dordrecht.

Laverick, D. M. (2015). Teaching with Technology and Interactive Media to Promote Creativity and Arts-based Learning in Young Children. In K. L. Heider, M. Renck Jalongo (eds.), Young Children and Families in the Information Age, Educating the Young Child 10, Springer Science+Business Media Dordrecht.

Lee, J. (2016). *Early Learning and Educational Technology Policy Brief (October 2016)*. http://tech.ed.gov/files/2016/10/Early-Learning-Tech-Policy-Brief.pdf (Last access 04/11/2016)

McManis, L. D. & Gunnewig, S. B. (2012). Finding the education in educational technology with early learners. *Young Children, 67*(3), 14-24.

OECD (2013). *Trends shaping education 2013.* OECD Publishing, Paris.

Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. & McGillicuddy, K. (1996). *Explaining science in the classroom.* Buckingham: Open University.

Papadakis, S. (2016). Creativity and innovation in European education. 10 years eTwinning. Past, present and the future. *International Journal of Technology Enhanced Learning, 8*(3/4), 279-296.

Papadakis, S. & Kalogiannakis, M. & Zaranis, N. (2017). Designing and creating an educational app rubric for preschool teachers. *Education and Information Technologies*, 1-19.

Papadakis, S., Kalogiannakis, M. & Zaranis, N. (2016). Developing fundamental programming concepts and computational thinking with ScratchJr in preschool education: a case study. *International Journal of Mobile Learning and Organisation, 10*(3), 187-202.

Papadakis, St. & Kalogiannakis, M. (2017). Mobile educational applications for children. What educators and parents need to know. *International Journal of Mobile Learning and Organisation (Special Issue on Mobile Learning Applications and Strategies) 11*(3), 257-277.

Peirce, N. (2013). *Digital game-based learning for early childhood. A state of the art report*. Dublin, Ireland: Learnovate Centre.

Yelland, N. & Gilbert, C. (2011). *iPlay, iLearn, iGrow.* London: IBM Paper.

Zaranis, N., Kalogiannakis, M. & Papadakis, S. (2013). Using mobile devices for teaching realistic mathematics in kindergarten education. *Creative Education, 4*(7A1), 1-10.

Ο ΒΑΘΜΟΣ ΕΝΤΑΞΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΓΧΡΟΝΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ (MULTILOG) ΣΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ Φ.Ε. ΕΡΕΥΝΑ, ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στέφανος Ντούλας

Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Αγίων Αναργύρων

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση της στάσης των εκπαιδευτικών απέναντι στο σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης (Multilog), το οποίο αποτελεί ένα σύγχρονο και ολοκληρωμένο εκπαιδευτικό πακέτο που διανεμήθηκε, την περίοδο 2000-2006, σε όλα σχεδόν τα σχολικά εργαστήρια φυσικών επιστημών (ΣΕΦΕ) των λυκείων της Ελλάδας. Επιχειρείται ακόμα ο εντοπισμός των προβλημάτων που συναντούν οι εκπαιδευτικοί κατά τον χειρισμό του με γενικότερο στόχο την αναζήτηση του κατάλληλου τρόπου παρέμβασης για την ένταξή του στην εργαστηριακή διδασκαλία.

Abstract

The aim of this research is to investigate teacher attitudes towards Multilog Data Logger. Multilog is a modern, integrated educational tool, which was distributed in 2000-2006 in almost all school science laboratories of the country's secondary schools. It is also attempting to identify the problems faced by teachers in handling this tool with the overall aim to search the appropriate way for the integration in laboratory teaching.

• Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι νέες τεχνολογίες έχουν διογκούμενο ρόλο και ευρεία επιρροή στην εκπαίδευση, αλλάζοντας τους στόχους στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (M. Linn 2003). Η αξιοποίηση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.) για τη μετεξέλιξη των εκπαιδευτικών πρακτικών είναι εφικτή, αλλά απαιτεί σημαντικές αλλαγές, ιδίως στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη διαδικασία της μάθησης, και για το ρόλο των Τ.Π.Ε. στην εκπαιδευτική διαδικασία (Κονιδάρη 2005)

Σήμερα έχει προχωρήσει σε σημαντικό βαθμό η ανάπτυξη σύγχρονων και αρκετά εξοπλισμένων Σ.Ε.Φ.Ε. στα περισσότερα Λύκεια της Ελλάδας και παρέχεται υποστήριξη στους εκπαιδευτικούς από τα Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.). Διάφορα όμως προβλήματα, που οφείλονται στην ελλιπή επιμόρφωση, στο ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα με το αναχρονιστικό περιεχόμενο (Κόκκοτας 2001) και στους τρόπους αξιοποίησης των εργαστηρίων, αποθαρρύνουν τους εκπαιδευτικούς από την πραγματοποίηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων. Επιπρόσθετα, με τις προτεινόμενες ασκήσεις να αναφέρονται σε κλασσικά πειράματα με ελάχιστη χρήση ψηφιακού εξοπλισμού (multilog), η αξιοποίηση του υπόλοιπου υπάρχοντος εξοπλισμού, αφήνεται στην κρίση των εκπαιδευτικών. (Κολτσάκης κ.α. 2007).

Το σύστημα Multilog, αποτελείται από ένα καταγραφικό, αισθητήρες και το λογισμικό DB-Lab. Παρέχει τη δυνατότητα εκτέλεσης πειραμάτων φυσικών επιστημών σε μικρό χρόνο, με μεγάλη ακρίβεια, παρέχοντας σύγχρονο περιβάλλον πειραματισμού, εμπλέκοντας τους μαθητές σε διαδικασίες μάθησης με τη χρήση σύγχρονων εργαλείων και τεχνολογικών μέσων. Παρόλα αυτά παραμένει κλεισμένο στις προθήκες των εργαστηρίων με τους εκπαιδευτικούς να αγνοούν πολλές φορές την ύπαρξή του.
Οι αισθητήρες που συμπεριλαμβάνονται στο βασικό πακέτο, όπως αυτό έχει αποσταλεί στα λύκεια της Ελλάδας, περιλαμβάνει τους εξής αισθητήρες:

- pH
- Απόστασης
- Δύναμης
- Έντασης ρεύματος
- Τάσης (βολτόμετρο)
- Μαγνητικού πεδίου
- Θερμοκρασίας
- Πίεσης αερίου
- Μικρόφωνο
- Φωτοπύλη
- Απαριθμητή Geiger Muller
- Φωτεινής έντασης
- Αποτύπωσης φαινομένων

Το πακέτο του Multilog, περιέχει όλο τον απαιτούμενο εξοπλισμό για τη σύνδεση των αισθητήρων, την τροφοδοσία καθώς και τη σύνδεση με εκτυπωτή. Το γεγονός όμως πως το καταγραφικό Multilog διαθέτει σειριακή θύρα, καθιστά τη συνδεσιμότητα με τους σύγχρονους – ειδικά φορητούς υπολογιστές – αδύνατη. Επιπρόσθετα τα λογισμικό DB-Lab που συνοδεύει το σύστημα, σχεδιασμένο για windows 98, είναι αρκετά ξεπερασμένο, δημιουργώντας πολλά προβλήματα στο μέσο εκπαιδευτικό.

2. Μεθοδολογία

Τα ερωτήματα που προκύπτουν από τις παραπάνω διαπιστώσεις οδήγησαν στην παρούσα ερευνητική διαδικασία μέσω του ερωτηματολογίου που αναπτύσσεται παρακάτω, με γενικότερους ερευνητικούς στόχους:

6. Τη μελέτη των βαθύτερων αιτιών για την εγκατάλειψή του Multilog από τους εκπαιδευτικούς
7. Την αναζήτηση του κατάλληλου τρόπου παρέμβασης για την ένταξή του στην εργαστηριακή διδασκαλία
8. έρευνα πραγματοποιήθηκε τη διετία 2014-16, σε 36 Λύκεια συγκεκριμένης περιφέρειας της Αττικής. Απάντησαν 90 καθηγητές ΠΕ.04. ποσοστό περίπου 65%.

Η έρευνα απευθυνόταν μόνο στους εκπαιδευτικούς των Λυκείων με δεδομένο το γεγονός ότι μόνα στα λύκεια της Ελλάδας απεστάλη το πακέτο συγχρονικής λήψης και απεικόνισης

Multilog. Στην εν λόγω περιφέρεια υπήρχαν και ιδιωτικά σχολεία οι εκπαιδευτικοί των οποίων γνώρισαν το Multilog μέσα από τις ημερίδες του συγκεκριμένου ΕΚΦΕ, αφού τα εν λόγω σχολεία δεν έχουν προμηθευτεί το πακέτο Multilog για το σχολικό τους εργαστήριο Φυσικών Επιστημών.

3. Αποτελέσματα

Οι ερωτήσεις που δόθηκαν στους εκπαιδευτικούς και τα αντίστοιχα ποσοστά (%) των απαντήσεων φαίνονται παρακάτω:

(Αξίζει να σημειωθεί πως σε πολλές περιπτώσεις δεν απαντήθηκε το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους εκπαιδευτικούς, αλλά συμπληρώθηκε κατόπιν επίσκεψης στο εργαστήριο του σχολείου)

Ερώτηση 1: Σε ποιο βαθμό γνωρίζετε το σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης Multilog	
Δεν το γνωρίζω καθόλου	8
Το έχω δει στο εργαστήριο	28
Γνωρίζω τον καταγραφέα	18
Γνωρίζω τον καταγραφέα και τους αισθητήρες	13
Γνωρίζω τον καταγραφέα, τους αισθητήρες και το λογισμικό χρήσης	9
Το έχω χρησιμοποιήσει (συνολικά) έστω μία φορά	13
Έχω εκτελέσει εργαστηριακή άσκηση στην τάξη	11

Ερώτηση 2: Ποια είναι η εμπειρία σας από το Multilog και το λογισμικό που το συνοδεύει;	
Δεν το χρησιμοποιώ καθόλου	60
Το χρησιμοποιώ ελάχιστα λόγω προβλημάτων	6
Εγκατέλειψα το multilog λόγω προβλημάτων	11
Χρησιμοποιώ το multilog με αντάπτορα USB και νεότερες εκδόσεις λογισμικού	8
Χρησιμοποιώ νέο καταγραφέα και νεότερες εκδόσεις λογισμικού	10

Ερώτηση 3: Σε ποιους υπολογιστές έχετε εγκαταστήσει το λογισμικό λειτουργίας του Multilog;	
Σε Η/Υ του σχολείου	22
Στον προσωπικό μου φορητό υπολογιστή	8
Σε Η/Υ του σχολείου **και** στον προσωπικό μου φορητό υπολογιστή	18
Σε κανέναν υπολογιστή	52

Ερώτηση 4: Που έχετε δει νεότερους καταγραφείς; (Πολλαπλές απαντήσεις)	
Στο οικείο ΕΚΦΕ	34
Στην ιστοσελίδα άλλου ΕΚΦΕ	0
Σε άλλη διεύθυνση στο διαδίκτυο	0
Σε άλλη επιμόρφωση	2
Δεν έχω δει	64

Ερώτηση 5: Από ποιον έγινε η εγκατάσταση του λογισμικού λειτουργίας του Multilog;	
Από εμένα τον ίδιο	9
Από τον ΥΣΕΦΕ του σχολείου	4
Από άλλον (εκτός του ΥΣΕΦΕ) εκπαιδευτικό ΠΕ.04 του σχολείου	2
Από τον υπεύθυνο εργαστηρίου πληροφορικής	0
Από το προσωπικό του ΕΚΦΕ	32
Δεν γνωρίζω	53

Ερώτηση 6: Ποιον ή ποιους αισθητήρες του Multilog έχετε χρησιμοποιήσει (Πολλαπλές απαντήσεις)	
pH	13
Απαριθμητή Geiger Muller	1
Απόστασης	16
Δύναμης	9
Έντασης ρεύματος (αμπερόμετρο)	0
Θερμοκρασίας	20
Μαγνητικού πεδίου	0
Μικρόφωνο	0
Πίεσης αερίου	7
Τάσης (βολτόμετρο)	2
Φωτεινής έντασης	0
Φωτοπύλη	2
Άλλον εκτός των προαναφερόμενων	2
Κανέναν	58

Ερώτηση 7: Σε ποια ή ποιες εργαστηριακές ασκήσεις χρησιμοποιήσατε το Multilog; (Πολλαπλές απαντήσεις)	
Μελέτη ευθύγραμμης ομαλής κίνησης	13
Μελέτη ευθύγραμμης ομαλά επιταχυνόμενης κίνησης	9
Μελέτη ελεύθερης πτώσης	7
Μελέτη Γραμμικής Αρμονικής Ταλάντωσης	2
Μέτρηση ροπής αδράνειας στερεού	4
Χημική κινητική: Προσδιορισμός καμπύλης αντίδρασης	7
Προσδιορισμός θερμότητας εξουδετέρωσης	16
Ρυθμιστική ικανότητα ρυθμιστικών διαλυμάτων	9
Μέτρηση pH οξέων και βάσεων	13
Άλλη εκτός των προαναφερόμενων	2
Σε καμία εργαστηριακή άσκηση	60

Ερώτηση 8: Που υπερτερεί η εκτέλεση εργαστηριακών ασκήσεων με το Multilog; (Πολλαπλές απαντήσεις)	
Ακρίβεια μετρήσεων	29
Ταχύτερη (πιο γρήγορη) εκτέλεση του πειράματος	29
Λήψη και εκτίμηση γραφικής παράστασης	18
Εξαγωγή μετρήσεων σε υπολογιστικά φύλλα	19
Μαθηματική επεξεργασία αποτελεσμάτων	22
Εξοικείωση στην οργάνωση πειραμάτων με σύγχρονα εργαλεία	29
Πολλαπλοί αισθητήρες για ευρύ φάσμα πειραμάτων Φ.Ε.	29
Σε κανένα από τα παραπάνω	6

Ερώτηση 9: Που υστερεί η εκτέλεση εργαστηριακών ασκήσεων με το Multilog; (Πολλαπλές απαντήσεις)	
Πολυπλοκότητα οργάνων	22
Μικρή εμπλοκή των μαθητών	8
Μαθηματική επεξεργασία δεδομένων	4
Αδυναμία εγκατάστασης	24
Πολυπλοκότητα λογισμικού	26
Σε κανένα από τα παραπάνω	29

4. Συμπεράσματα

Από την επεξεργασία των απαντήσεων προκύπτουν πολύ χρήσιμα συμπεράσματα, τα οποία αποτυπώνουν τη στάση των εκπαιδευτικών απέναντι στο εν λόγω πακέτο,. Προκύπτουν επίσης χρήσιμα συμπεράσματα και για τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να επιτευχθεί η ένταξη αυτού του πολύ χρήσιμου πακέτου στην εργαστηριακή διδασκαλία, και η αξιοποίησή του στην καθημερινή λειτουργία του Σχολικού Εργαστηρίου.
Τα σημαντικότερα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Μεγάλο ποσοστό εκπαιδευτικών δεν έχει καμία επαφή με το Multilog και αδυνατεί να εγκαταστήσει το λογισμικό λειτουργίας.
2. Πολλά προβλήματα προκύπτουν από το γεγονός ότι δεν έχει γίνει καμία ανανέωση - αναβάθμιση σε νεότερα λογισμικά λειτουργίας γεγονός που καθιστά τη συνδεσιμότητα σχεδόν αδύνατη και τη λειτουργία προβληματική.
3. Εκπαιδευτικοί που παρακολουθούσαν τις επιμορφώσεις και συνεργάζονταν με το τοπικό ΕΚΦΕ, σε θέματα λογισμικού, εγκατάστασης και εκτέλεσης εργαστηριακών ασκήσεων, χρησιμοποίησαν το Multilog σε αρκετές ασκήσεις και δημιούργησαν τις προϋποθέσεις να χρησιμοποιηθεί και από άλλους εκπαιδευτικούς ΠΕ.04 του ίδιου σχολείου. Πολλά από αυτά τα σχολεία προμηθεύτηκαν νεότερο καταγραφικό λύνοντας έτσι τα προβλήματα συνδεσιμότητας.
4. Οι εργαστηριακές ασκήσεις πραγματοποιήθηκαν και οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν είχαν παρουσιαστεί στις επιμορφωτικές ημερίδες του τοπικού ΕΚΦΕ.
5. Το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπαιδευτικών δεν γνωρίζει το πακέτο Multilog, και δεν έχει δει νεότερα λογισμικά
6. Το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπαιδευτικών δεν έχει χρησιμοποιήσει το Multilog σε καμία εργαστηριακή άσκηση.

Η αλλαγή της στάσης των εκπαιδευτικών απέναντι στο Multilog και η ένταξή του στην εργαστηριακή διδασκαλία, προϋποθέτει την επίλυση των προβλημάτων εγκατάστασης και λειτουργίας λογισμικού, μέσα από τις επιμορφώσεις, κυρίως μέσω των κατά τόπους ΕΚΦΕ, αφού μετά από τόσα χρόνια, το Multilog δεν έχει καν εγκατασταθεί στους υπολογιστές των εργαστηρίων πολλών σχολικών μονάδων. Στο πρόβλημα αυτό, λύση φαίνεται να αποτελεί η εγκατάσταση νεότερων εκδόσεων λογισμικού, στα σχολικά εργαστήρια, από τους ίδιους τους υπεύθυνους των ΕΚΦΕ, στις περιπτώσεις εκείνες όπου οι Υπεύθυνοι Σχολικών Εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών (ΥΣΕΦΕ) των σχολείων συνεργάζονται με το οικείο ΕΚΦΕ. Επίσης επιβάλλεται η αναβάθμιση του λειτουργικού συστήματος και του καταγραφικού, τα οποία σχεδιάστηκαν για ηλεκτρονικούς υπολογιστές της περασμένης εικοσαετίας με σειριακή είσοδο και Windows 98, που πλέον δεν απαντώνται σε καμία σχολική μονάδα. Τα λογισμικά αυτά είναι πολύ εύκολο να βρεθούν στο διαδίκτυο, σε εκδόσεις που καλύπτουν όλα τα μεταγενέστερα λειτουργικά συστήματα καθώς και τις εκδόσεις των ηλεκτρονικών υπολογιστών (32bit - 64 bit), είναι εύκολα στην εγκατάσταση και πολύ εύκολα στη χρήση, παρέχοντας ένα ιδιαίτερα ελκυστικό περιβάλλον, με πολλές πρόσθετες δυνατότητες σε σχέση με το αρχικό λογισμικό DB-Lab (παρέμβαση και πρόβλεψη, ψηφιακό και αναλογικό καταγραφικό, επεξεργασία συναρτήσεων, καταγραφή video πειράματος, αποθήκευση και μεταγενέστερη αναπαραγωγή).

5. Βιβλιογραφία

Κόκκοτας Π.Β. (2001). «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών». Εκδόσεις Γρηγόρη.

Κολτσάκης Ε., Πιερράτος Θ. και Πολάτογλου Χ. (2007). «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών Πληροφορίας &Επικοινωνιών στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών στο Σχολικό Εργαστήριο Φ. Ε. – μια μελέτη περίπτωσης». 10ο Κοινό Συνέδριο Ενώσεων Ελλήνων και Κυπρίων Φυσικών «Φυσική: Η Επιστήμη της Έρευνας και της Παιδείας», Κέρκυρα 2007.

Κονιδάρη, Ε. (2005). Νέες Τεχνολογίες στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Στάσεις και πεποιθήσεις των ελλήνων εκπαιδευτικών απέναντι στους Η/Υ. Σύγχρονη Εκπαίδευση, 141, 143-15.

Παπασταματίου Νίκος (2002). «Σύστημα συγχρονικής λήψης και απεικόνισης – Οδηγός πλοήγησης» Διαθέσιμο στο δικτυακό τόπο: https://kse9-10peristeri.wikispaces.com/wiki/changes

Παρασκευόπουλος Ιωάννης (1993). «Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας». Αθήνα.

Marcia Linn (2003) Technology and science education: Starting points, research programs, and trends, *International Journal of Science Education*, Vol. 25, No 6., pp. 727-758.

ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΣ ΤΗΝ "ΑΡΧΗ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ" ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΛΥΚΕΙΟΥ ΜΕΣΩ ΑΠΛΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΑΥΤΟΣΧΕΔΙΟΥ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΤΙΚΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Αθανάσιος Καπόγιαννης[1], Ευστράτιος Καπότης[2], Γεώργιος Καλκάνης[3]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[3]ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη
Η εργασία αυτή παρουσιάζει την εισαγωγή της Αρχής της Αβεβαιότητας στην ύστερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση μέσω απλών (και γνωστών στους μαθητές) μαθηματικών σχέσεων και με τη χρήση ενός αυτοσχέδιου Αλληλεπιδραστικού Λογισμικού. Η μαθηματική προσέγγιση, το λογισμικό, οι εφαρμογές και οι συνέπειες της Αρχής της Αβεβαιότητας αποτέλεσαν βασικά συστατικά μέρη μιας διδακτικής παρέμβασης που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της τελευταίας τάξης του Λυκείου. Τα αποτελέσματα της εκπαιδευτικής αξιολόγησης που ακολούθησε παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων ελέγχου και πειραματισμού, πράγμα που φανερώνει ότι η πρόταση αυτή βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν μια θεμελιώδη αρχή της Κβαντικής Φυσικής.

Abstract
This paper presents the introduction of the Principle of Uncertainty in late Secondary Education through simple (and known to students) mathematical relationships and using an improvised Interactive Software. The mathematical approach, software, applications and implications of the uncertainty principle were key components of a teaching intervention carried out to pupils in their final year of high school. The results of educational evaluation that followed show a statistically significant difference between control and experimental groups, which indicates that this proposal helps students understand a fundamental principle of Quantum Physics.

1. Εισαγωγή

Αναγκαιότητα

Η αρχή της αβεβαιότητας (ή απροσδιοριστίας) του Heisenberg είναι μια θεμελιώδης και γενεσιουργός αρχή της κβαντομηχανικής (Johansson & Milstead 2008) την οποία πολλές επιστημονικές ομάδες προσπάθησαν να καταρρίψουν με πειράματα, χωρίς όμως κάποιο αποτέλεσμα. Όπως αναφέρει χαρακτηριστικά ο Richard Feynman είναι αυτή που «προστατεύει» την κβαντική μηχανική (Feynman et al. 1963). Η κβαντική αβεβαιότητα εξηγεί τις κινήσεις και τις αλληλεπιδράσεις του μικρόκοσμου (συνεχείς κινήσεις, μεγάλες ταχύτητες), το μέγεθος και τη σταθερότητα των ατόμων, την εμβέλεια των δυνάμεων, τις ραδιενεργές διασπάσεις και τα βιολογικά φαινόμενα (σχηματισμός του DNA), παρέχοντάς μας γνώσεις που μπορεί να έχουν αντίκτυπο στον τεχνολογικό μας πολιτισμό μέσω των κβαντικών υπολογιστών (Hobson 1996).

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Πέραν της σημαντικότητας στην εξέλιξη της κβαντομηχανικής, η αρχή της αβεβαιότητας πρέπει να αποτελεί μέρος της γνώσης του σύγχρονου ανθρώπου και απαραίτητα όσων μελετούν την κβαντική φυσική. Εκπαιδευτικά, αρκετές από τις συνέπειες της αρχής της αβεβαιότητας του Heisenberg μπορεί να αποδειχθούν στην τάξη, αποτελώντας ένα εξαιρετικό σημείο εκκίνησης για μια συζήτηση σχετικά με την παράξενη φύση του κβαντικού κόσμου (Johansson & Milstead 2008). Η αρχή της αβεβαιότητας αντιπροσωπεύει καλύτερα για τους μαθητές (ακόμα και από αυτή του δυϊσμού κύματος–σωματιδίου) τον τρόπο που η κβαντική θεωρία άλλαξε ριζικά την άποψή μας για τον κόσμο στο μικροσκοπικό επίπεδο (Olsen 2002).

2. Μεθοδολογία

Ερευνητικό Ερώτημα

Οι μαθητές του Λυκείου, μετά από τη διδακτική παρέμβαση για την αρχή της αβεβαιότητας με την προτεινόμενη μαθηματική προσέγγισή της, τη χρήση του αλληλεπιδραστικού λογισμικού και τα βήματα του φύλλου εργασίας βελτιώνουν τις επιδόσεις τους σε ερωτήσεις και προβλήματα που αφορούν τη φύση της αρχή της αβεβαιότητας;

Στόχοι εκπαιδευτικής παρέμβασης

Στόχοι της παρουσιαζόμενης εκπαιδευτικής πρότασης και παρέμβασης είναι: α) η εισαγωγή της αρχής της αβεβαιότητας σε μαθητές της τελευταίας τάξης του Λυκείου της χώρας μας με τη χρήση και μόνο διδαγμένων μαθηματικών και φυσικών εννοιών, μεγεθών και διαδικασιών, β) η δημιουργία πρωτότυπου και απλού εκπαιδευτικού λογισμικού με προγραμματιστικά εργαλεία ευρέως προσβάσιμα στους εκπαιδευτικούς αλλά και στους μαθητές, και γ) η σύνθεση, η διεξαγωγή και η αξιολόγηση μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης που ενσωματώνει κατάλληλα στα βήματα της εκπαιδευτικής διαδικασίας πρωτότυπους ψηφιακούς πειραματισμούς και μαθηματικές διαδικασίες.

Έρευνα

Η αρχή της αβεβαιότητας μπορεί να γίνει κατανοητή με τη χρήση του «κυματοδέματος», δηλαδή την παραγωγή ενός κύματος εντοπισμένου χωρικά. Για την παραγωγή τέτοιου κύματος πρέπει να χρησιμοποιηθεί η υπέρθεση ενός αριθμού κυμάτων με διάφορα μήκη κύματος, πράγμα που έχει σαν συνέπεια το «άπλωμα» των αντίστοιχων ορμών τους στο χώρο των ορμών. Η συνηθισμένη μαθηματική προσέγγιση είναι η χρήση της ανάλυσης Fourier (Phet Fourier: Δημιουργία Κυμάτων, Tambade 2012). Τα ενδιαφέροντα σημεία στην παρούσα προσέγγιση που τη διαφοροποιούν από προηγούμενες είναι:
α) παρακάμπτεται η ανάλυση Fourier, διαδικασία άγνωστη στους μαθητές Λυκείου με τη χρήση δύο μόνο αρμονικών κυμάτων.
β) Χρησιμοποιείται το φαινόμενο του διακροτήματος, που είναι γνωστό στους μαθητές και το οποίο με κατάλληλη αντιστοίχηση φυσικών μεγεθών οδηγεί στην εικόνα του «κυματοπακέτου». Επίσης δίνει τη δυνατότητα να επιτευχθεί το σημείο α) καθώς απαιτεί μόνο δύο ταλαντώσεις, δηλαδή μόνο δύο «συνιστώσες Fourier».
Από τις μαθηματικές γνώσεις των μαθητών χρησιμοποιούμε την υπέρθεση κυμάτων και τη σύνθεση ταλαντώσεων. Έτσι θεωρούμε δύο κύματα που συμβάλλουν στο ίδιο μέσο τη χρονική στιγμή t_0. Τα στιγμιότυπα των κυμάτων είναι:

$$y_1 = A\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t_0}{T_1}-\frac{x}{\lambda_1}\right)+\phi_1\right],\quad y_2 = A\eta\mu\left[2\pi\left(\frac{t_0}{T_2}-\frac{x}{\lambda_2}\right)+\phi_2\right].\ (1)$$

Για τις αρχικές φάσεις επιλέγουμε $\phi_1 = -2\pi(t_0/T_1)+\pi$ και $\phi_2 = -2\pi(t_0/T_2)+\pi$, οπότε οι εκφράσεις για τα στιγμιότυπα γίνονται:

$$y_1 = A\eta\mu\left(2\pi\frac{x}{\lambda_1}\right) \text{ και } y_2 = A\eta\mu\left(2\pi\frac{x}{\lambda_2}\right).\ (2)$$

Με τον τρόπο αυτό η μαθηματική επεξεργασία της υπέρθεσης των δύο κυμάτων για $t=t_0$ είναι ανάλογη με τη σύνθεση των ταλαντώσεων του διακροτήματος με την αντιστοιχία:

$$\lambda_1^{-1} \to f_1,\ \lambda_2^{-1} \to f_2 \text{ και } x \to t.\ (3)$$

Το αποτέλεσμα του στιγμιότυπου της υπέρθεσης είναι[2]:

$$y = 2A\sigma\upsilon\nu\left[\frac{2\pi}{2}\left(\frac{1}{\lambda_1}-\frac{1}{\lambda_2}\right)x\right]\eta\mu\left[\frac{2\pi}{2}\left(\frac{1}{\lambda_1}+\frac{1}{\lambda_2}\right)x\right]\ (4)$$

και είναι στο χώρο (x,y) ανάλογο με το διάγραμμα (t,y) του διακροτήματος, το οποίο έχει διδαχθεί στους μαθητές θετικού προσανατολισμού της Γ΄ Λυκείου. Επομένως η συνάρτηση $y(x)$ είναι περιοδική με περίοδο L. Εξάλλου με την ορμή de Broglie που αντιστοιχεί σε κάθε κύμα $p_1 = h/\lambda_1$ και $p_2 = h/\lambda_2$ και ορίζοντας $\bar{p} = (p_1+p_2)/2$ η (4) γίνεται:

$$y = 2A\sigma\upsilon\nu\left[\frac{2\pi}{h}\left(\frac{p_1-p_2}{2}\right)x\right]\eta\mu\left(\frac{2\pi}{h}\bar{p}x\right).\ (5)$$

Η αβεβαιότητα ΔP στις ορμές των κυμάτων είναι:

$$\Delta p = \sqrt{\langle p^2\rangle - \langle p\rangle^2} = \frac{|p_1-p_2|}{2}.\ (6)$$

Η αβεβαιότητα στη θέση του σωματίου που περιγράφεται από το «κυματόδεμα» είναι ανάλογη με την περίοδο L. Εδώ θεωρούμε ότι[3]

$$\Delta x = \frac{L}{2\pi}.\ (7)$$

Χρησιμοποιώντας από τη θεωρία του διακροτήματος, τον τρόπο εύρεσης της περιόδου του διακροτήματος, και τις (6) και (7), έχουμε τη σχέση αβεβαιότητας:

$$\frac{2\pi}{h}\Delta pL = \pi \Rightarrow \frac{2}{h}\Delta p\Delta x 2\pi = 1 \Rightarrow \Delta p\cdot\Delta x = \frac{h}{4\pi}.\ (8)$$

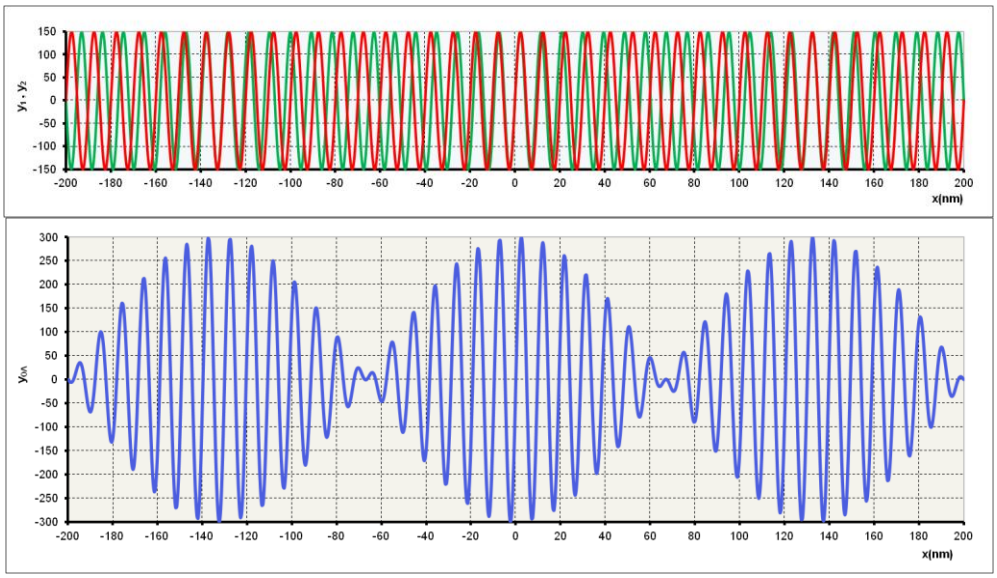
Στην εκπαιδευτική μας προσέγγιση, στο βήμα του πειραματισμού, επιλέξαμε τη χρήση λογιστικών φύλλων τα οποία έχουν αναδειχθεί σε ένα σημαντικό παιδαγωγικό εργαλείο τόσο για την εκπαιδευτική προσέγγιση μιας σειράς κβαντομηχανικών αρχών και φαινομένων όσο και της φυσικής στο σύνολό της (Tambade 2012). Με τη χρήση του λογισμικού Microsoft Excel δημιουργήσαμε υπολογιστικό φύλλο το οποίο επιτρέπει την οπτικοποίηση των αρχικών κυμάτων πριν την υπέρθεση και του τελικού αποτελέσματος της υπέρθεσης. Οι οπτικοποιήσεις είναι ουσιαστικά γραφικές παραστάσεις τιμών που είναι καταγεγραμμένες σε κρυφό φύλλο εργασίας του προγράμματος και οι οποίες υπολογίζονται με τις σχέσεις (2) και (5). Με τη χρήση ενός μεταβολέα ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει το μήκος ενός από τα δύο αρμονικά κύματα, επιδρώντας έτσι στην αβεβαιότητα της ορμής Δp του τελικού

[2] Οι μονάδες των y_1, y_2 και y αντιστοιχούν στο φυσικό μέγεθος του οποίου τη διαταραχή περιγράφει το κύμα (απομάκρυνση, ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο, κτλ.)

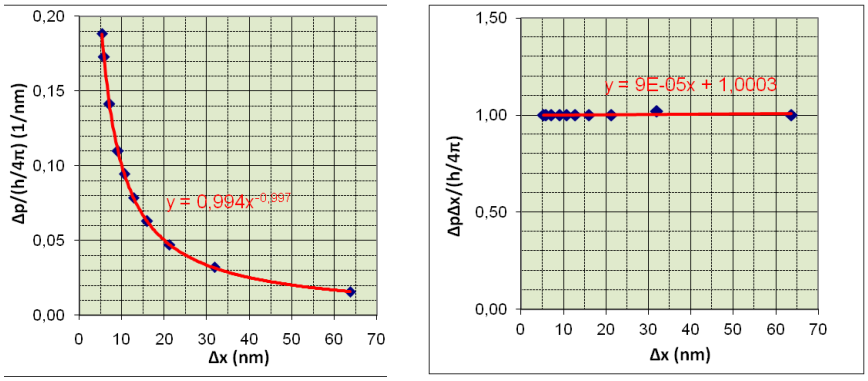
[3] Στην πραγματικότητα ακριβείς υπολογισμοί οδηγούν στην περίπτωσή μας σε $\Delta x \approx 2,3(L/2\pi)$, οπότε το γινόμενο $\Delta p\Delta x$ είναι μεγαλύτερο από την ελάχιστη δυνατή. Η ελάχιστη τιμή αντιστοιχεί σε «γκαουσιανά» κύματα (Tambade 2012).

«κυματοδέματος». Στη συνέχεια παρατηρεί και μετρά την αβεβαιότητα στη θέση Δ*x*. Η επιβεβαίωση της σχέσης αβεβαιότητας ορμής–θέσης υποστηρίζεται με διαγράμματα στα οποία απεικονίζονται οι μετρήσεις (Εικόνα 1).
Το λογισμικό και η μαθηματική επεξεργασία ενσωματώθηκαν σε φύλλο εργασίας που υλοποιήθηκε με σκοπό την εκπαιδευτική εισαγωγή της αρχής της απροσδιοριστίας στην τε-

Εικόνα 1. Στατικά στιγμιότυπα του λογισμικού. Επάνω: Τα δύο κύματα που υπερτίθενται σύμφωνα με τις σχέσεις (2). Κάτω: Το αποτέλεσμα της υπέρθεσης σύμφωνα με τη σχέση (5).



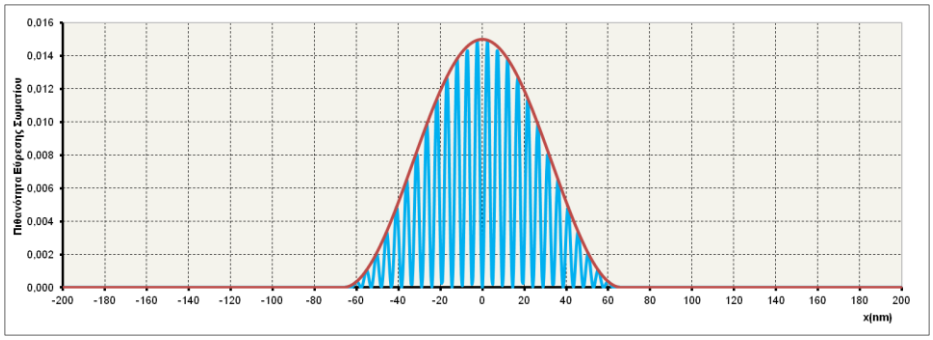
Εικόνα 2. Τα διαγράμματα του λογισμικού. Αριστερά: Η αβεβαιότητα στην ορμή Δ*p* είναι αντίστροφα ανάλογη με την αβεβαιότητα στη θέση Δ*x*. Δεξιά: Το γινόμενο Δ*p*Δ*x* είναι σταθερό.



λευταία τάξη του Λυκείου. Το φύλλο εργασίας είναι βασισμένο στην εκπαιδευτική/ επιστημονική μεθοδολογία με διερεύνηση που αποτελεί μια παιδαγωγική προσέγγιση της επιστημονικής ερευνητικής μεθόδου, της μεθόδου με την οποία ο επιστήμονας, ο ερευνητής, ο άνθρωπος ερεύνησε και ερευνά το φυσικό κόσμο (Καλκάνης κ.ά. 2013).
Οι έρευνες για τις προαντιλήψεις των μαθητών στην περιοχή της Κβαντικής Φυσικής, σε αντίθεση με άλλους τομείς της Φυσικής, είναι αρκετά σπάνιες. Παρόλα αυτά μέσα από την εκπαιδευτική μας παρέμβαση αντιμετωπίσαμε δύο σχετιζόμενες αντιλήψεις:
Α) Το σωμάτιο κινείται σαν κύμα. Άρα το κυματοπακέτο δεν αντιπροσωπεύει την πιθανότητα εύρεσης του σωματίου σε κάποια θέση, αλλά την κίνηση που κάνει το σωμάτιο (Olsen 2002, σελ. 570, Εικ. 1).

Β) Υπάρχει μία μόνο σωστή τιμή για τη θέση του σωματίου, η <*x*>, η οποία υπόκειται σε πειραματικό σφάλμα. Δηλαδή το σωμάτιο δεν μπορεί να βρεθεί σε καμία άλλη θέση εκτός από τη μέση τιμή του *x*, απλά οι συσκευές μας έχουν πειραματικό σφάλμα και το βρίσκουμε μια εδώ και μια εκεί (Styer 1996, σελ. 32-33).
Η αντιμετώπιση και στις δύο αντιλήψεις σχετίζεται. Χρησιμοποιήσαμε το διάγραμμα του τετραγώνου του κύματος σαν συνάρτηση του *x*, που αντιπροσωπεύει την πυκνότητα πιθανότητας, d*P*(*x*)/d*x*, εύρεσης του σωματίου σε θέση *x* (Εικόνα 3). Πιο συγκεκριμένα για το

Εικόνα 3. Η πυκνότητα πιθανότητας, d*P*(*x*)/d*x*, εύρεσης του σωματίου που σχετίζεται με το κυματοπακέτο σε περιοχή του χώρου.



κυματοπακέτο της Εικόνας 1 η πιθανότητα αυτή είναι η μπλε γραμμή (δηλαδή το $y_{O\Lambda}^2$ με την κατάλληλη κανονικοποίηση). Διδακτικά είναι πιο χρήσιμο να αξιοποιήσουμε τη μέση τιμή αυτής της πιθανότητας ως προς τον χρόνο για μία χρονική περίοδο $T = (T_1 + T_2)/2$, όπου T_1 και T_2 είναι οι περίοδοι των επιμέρους κυμάτων. Θεωρώντας τις τελευταίες περίπου ίσες $T_1 \approx T_2 \approx T$, μπορούμε να βρούμε ότι αυτή η μέση τιμή είναι περίπου:

$$\overline{\left(\frac{dP(x)}{dx}\right)} \propto 2A^2 \cos^2\left[\pi x\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)\right]. \quad (9)$$

Η σχέση (9) αντιπροσωπεύεται στην Εικόνα 3 με την κόκκινη γραμμή.
Έπειτα από την ολοκλήρωση του εκπαιδευτικού υλικού, προχωρήσαμε στην πραγματοποίηση της εφαρμογής. Το δείγμα μας αποτέλεσαν συνολικά δύο τμήματα 17 μαθητών – μαθητριών της Γ΄ Λυκείου (ομάδα πειραματισμού και ομάδα ελέγχου). Οι δύο ομάδες μαθητών της κύριας έρευνας έχουν στη διδακτέα ύλη τους σε εισαγωγικό επίπεδο την κυματική θεωρία της ύλης του de Broglie καθώς και την αρχή της αβεβαιότητας (απροσδιοριστίας) του Heisenberg (στο κεφάλαιο «Ηλεκτρονιακή Δομή των Ατόμων και Περιοδικός Πίνακας» της Χημείας Θετικού Προσανατολισμού της Γ΄ Λυκείου).
Στις δύο ομάδες διανεμήθηκε πριν τη διδασκαλία ερωτηματολόγιο (pre-test) που περιελάμβανε 6 ερωτήσεις. Από τις ερωτήσεις αυτές 2 αφορούσαν θεωρητικές γνώσεις (σχέση de Broglie), 1 την έννοια του κυματοπακέτου, 2 τη σχέση αβεβαιότητας και 1 τη θέση του σωματίου στο χώρο, όπως προκύπτει από το κυματοπακέτο. Μετά τη διδασκαλία διανεμήθηκε πάλι το ίδιο ερωτηματολόγιο στους ίδιους μαθητές (post-test).
Στην ομάδα ελέγχου είχαμε εφαρμογή παραδοσιακής διδασκαλίας με χρήση μόνο της πληροφορίας που βρίσκεται στο αντίστοιχο σχολικό εγχειρίδιο. Η σχέση αβεβαιότητας παρουσιάστηκε και σχετίστηκε με το «κυματοπακέτο» χωρίς να γίνει αναφορά στον τρόπο που η μεταβολή της αβεβαιότητας ορμής επιφέρει μεταβολή στην αβεβαιότητα θέσης.
Στην ομάδα πειραματισμού οι κύριες διαφορές με την ομάδα ελέγχου ήταν η χρήση της αναλογίας του διακροτήματος με το κυματοπακέτο και η χρήση του αλληλεπιδραστικού λογισμικού που δημιουργήσαμε. Πιο συγκεκριμένα χρησιμοποιήσαμε φύλλο εργασίας στο οποίο ξεκινήσαμε με υπόμνηση της θεωρίας του διακροτήματος στην οποία καταλήξαμε στη

σχέση της περιόδου $T_\delta = |f_1 - f_2|^{-1}$. Έπειτα οι μαθητές ρωτήθηκαν τι αλλάζει στην περίοδο T_δ όταν αυξηθεί η διαφορά στις συχνότητες των επιμέρους ταλαντώσεων που συνθέτουν το διακρότημα. Τα βήματα μέχρι εδώ συνιστούν το έναυσμα. Στη συνέχεια εισαγάγαμε την έννοια του κυματοπακέτου, ως αντικείμενο που είναι κύμα, αλλά με εντοπισμό στο χώρο (οπότε έχει και σωματιδιακή ιδιότητα). Εστιάσαμε στη σχέση de Broglie $p = h/\lambda$ για τη σύνδεση της ορμής p και του μήκους κύματος λ, η οποία δεν αναφέρεται μόνο στα σωμάτια, όπως αναφέρει το εγχειρίδιο της Χημείας, αλλά και στα κύματα. Ακολούθως ζητήσαμε από τους μαθητές, χρησιμοποιώντας τη γνώση που έχουν από την υπέρθεση κυμάτων, να παράγουν το αποτέλεσμα της υπέρθεσης δύο στιγμιοτύπων από κύματα της μορφής (2). Όταν παρήγαγαν το αποτέλεσμα τους ζητήσαμε να το συγκρίνουν με εκείνο του διακροτήματος και να συνδέσουν τα δύο αποτελέσματα μεταξύ τους κάνοντας χρήση των αντιστοιχιών (3). Ορίσαμε ύστερα την αβεβαιότητα στην ορμή Δp και τη συνδέσαμε με τη διαφορά $|p_1 - p_2|$ των επιμέρους κυμάτων. Ορίσαμε, ακόμα, την αβεβαιότητα στη θέση Δx και τη συνδέσαμε με το «άπλωμα» του κυματοπακέτου στο χώρο. Το επόμενο βήμα αποτέλεσε τη διατύπωση υπόθεσης. Ζητήσαμε από τους μαθητές να εξετάσουν πως επηρεάζει η αύξηση της αβεβαιότητας Δp την αβεβαιότητα Δx. Στο σημείο αυτό είναι πολύ χρήσιμη η σχέση της περιόδου του διακροτήματος. Το αλληλεπιδραστικό λογισμικό που αναπτύξαμε αξιοποιήθηκε στο στάδιο του πειραματισμού. Οι μαθητές με τον μεταβολέα τιμών της ορμής που συνδέεται με το ένα κύμα μετέβαλλαν τη διαφορά $|p_1 - p_2|$ και παρατηρούσαν την επίπτωση που έχει αυτή η μεταβολή στο άπλωμα του κυματοδέματος. Τα αποτελέσματα καταχωρούνταν σε πίνακα προκειμένου να σχηματιστούν δύο διαγράμματα που δείχνουν ότι $\Delta p \propto 1/\Delta x$ και $\Delta p \Delta x =$ σταθ. (Εικόνα 2). Με την ολοκλήρωση του πειραματισμού οι μαθητές διατύπωσαν τα συμπεράσματά τους για τη σχέση των αβεβαιοτήτων Δp και Δx. Κατόπιν αντιμετωπίσαμε τις προαντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το πού βρίσκεται το σωμάτιο που περιγράφεται από το κυματοπακέτο. Χρησιμοποιήσαμε το διάγραμμα του τετραγώνου του συνολικού κύματος. Η όλη εκπαιδευτική μας προσέγγιση ολοκληρώθηκε με γενίκευση που περιλαμβάνει αναφορές για τη σημαντικότητα της αρχής της αβεβαιότητας στις Φυσικές επιστήμες.

3. Αποτελέσματα

Η στατιστική επεξεργασία των απαντήσεων των μαθητών του δείγματος, μας πληροφορεί ότι οι δυο ομάδες, ελέγχου και πειραματισμού, είναι ισοδύναμες πριν τη διδακτική παρέμβαση, αφού τα αποτελέσματα των pre–tests έδειξαν πως δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά (Sig.>0,05, Πίνακας 1(α)). Αντίθετα, υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων στα post–tests (Sig.<0,05, Πίνακας 1(β)).

Πίνακας 1. Σύγκριση των Pre-Tests (α) και Post-Tests (β) μεταξύ των ομάδων ελέγχου και πειραματισμού μέσω τεστ χ^2.

(α)

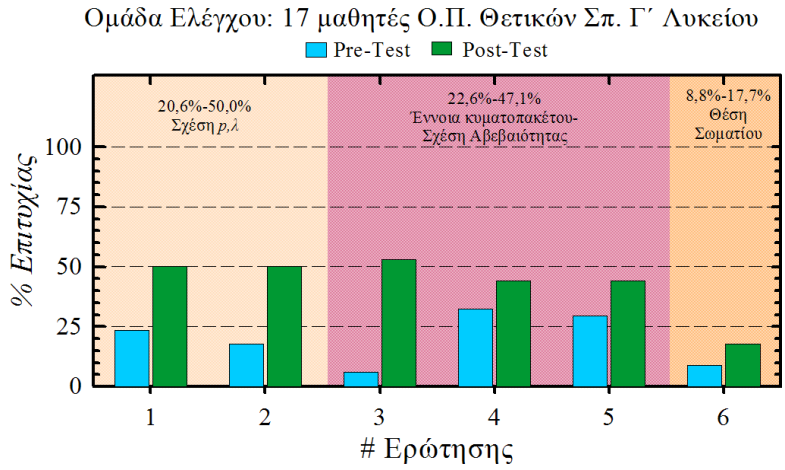
Τεστ χ^2 για **Pre-Test** Ομάδων Ελέγχου & Πειραματισμού						
	# Ερώτησης					
	1	2	3	4	5	6
Pearson χ^2 (Asym. Sig.)	0,452	0,671	0,545	0,186	0,346	1,000

(β)

Τεστ χ^2 για **Post-Test** Ομάδων Ελέγχου & Πειραματισμού						
	# Ερώτησης					
	1	2	3	4	5	6
Pearson χ^2 (Asym. Sig.)	0,001	0,000	0,006	0,001	0,020	0,026

Στη συνέχεια συγκρίνουμε τα αποτελέσματα της εκπαιδευτικής μας παρέμβασης σε κάθε ομάδα χωριστά, συγκρίνοντας τα pre-tests και post-tests μεταξύ τους. Για την ομάδα ελέγχου βρήκαμε, μέσω Kolmogorov τεστ, ότι οι απαντήσεις των μαθητών δεν ακολουθούν κανονική κατανομή (Sig.<0,05), εκτός από την ερώτηση 2 στο post-test. Εφαρμόσαμε, έτσι, Wilcoxon τεστ. Βρήκαμε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ pre και post-tests στην ομάδα ελέγχου (σε 4 από τις 6 ερωτήσεις), αφού Sig<0,05 (Πίνακας 2). Από την εξέταση και της Εικόνας 4 προκύπτει ότι η εκπαιδευτική μας παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου έφερε γενικά βελτίωση στο επίπεδο των μαθητών (με την εξαίρεση των ερωτήσεων 4 και 6).

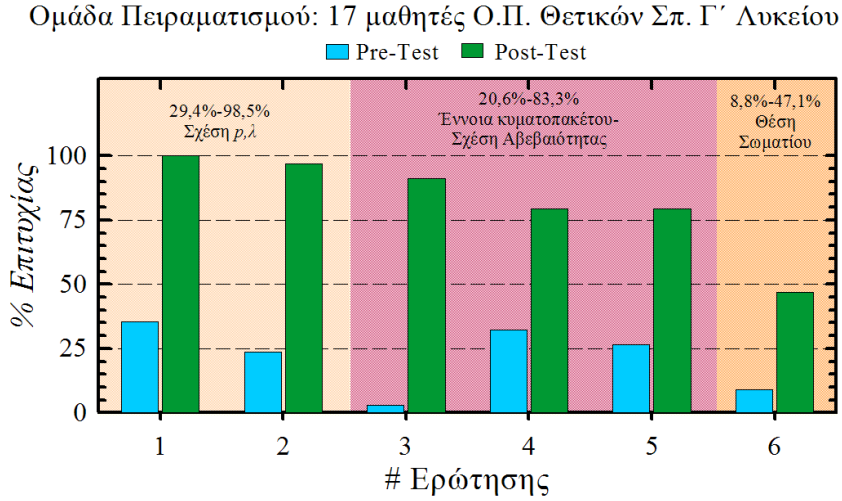
Εικόνα 4. Σύγκριση ανά ερώτηση των Pre-Test και Post-Test της ομάδας ελέγχου.



Πίνακας 2. Σύγκριση των Pre-Test και Post-Test της ομάδας ελέγχου μέσω wilcoxon τεστ.

Wilcoxon Τεστ για **Pre-Post** Test Ομάδας Ελέγχου						
	# Ερώτησης					
	1	2	3	4	5	6
Wilcoxon (Asym. Sig.)	0,024	0,005	0,001	**0,157**	0,025	**0,083**

Εικόνα 5. Σύγκριση ανά ερώτηση των Pre-Test και Post-Test της ομάδας πειραματισμού.



Πίνακας 3. Σύγκριση των Pre-Test και Post-Test της ομάδας πειραματισμού μέσω wilcoxon τεστ.

Wilcoxon Τεστ για Pre-Post Test Ομάδας Πειραματισμού						
	# Ερώτησης					
	1	2	3	4	5	6
Wilcoxon (Asym. Sig.)	0,001	0,000	0,000	0,005	0,003	0,004

Για την ομάδα πειραματισμού βρήκαμε, μέσω Kolmogorov τεστ, ότι οι απαντήσεις των μαθητών δεν ακολουθούν κανονική κατανομή (Sig.<0,05). Εφαρμόσαμε, έτσι, Wilcoxon τεστ. Βρήκαμε ότι υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ pre και post-tests στην ομάδα πειραματισμού σε όλες τις ερωτήσεις, αφού Sig<0,05 (Πίνακας 3). Από την εξέταση και της Εικόνας 5 προκύπτει ότι η εκπαιδευτική μας παρέμβαση στην ομάδα ελέγχου έφερε σημαντική βελτίωση στο επίπεδο των μαθητών.
Από τον Πίνακα 1(β) καθώς και από τη σύγκριση των Εικόνων 4 και 5 προκύπτει ότι μετά την παρέμβασή μας η ομάδα πειραματισμού υπερτερεί ξεκάθαρα της ομάδας ελέγχου.
Τέλος καταγράφουμε τα αποτελέσματα της διερεύνησης στις προαντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη θέση του σωματίου. Από τους 17 μαθητές στην ομάδα πειραματισμού που τους θέσαμε σχετική ερώτηση πριν από τη διδασκαλία, μόνο οι 10 έδωσαν απάντηση. Από τις 10 αυτές απαντήσεις οι 6 σχετίζονταν με την αντίληψη Α που περιγράψαμε παραπάνω, δηλαδή ότι το κυματοπακέτο περιγράφει την τροχιά του σωματίου και οι 2 με την αντίληψη Β, ότι το κυματοπακέτο συνδέεται με μία «ιδανική» θέση του σωματίου.

4. Συμπεράσματα

Η πρόταση επιχειρεί την εκπαιδευτική προσέγγιση μιας φυσικής αρχής της Σύγχρονης Φυσικής η οποία έως τώρα απαιτούσε τη χρήση άγνωστων (αλλά απαραίτητων) για τους μαθητές μαθηματικών διεργασιών (ανάλυση Fourier). Η διεργασία αυτή παρακάμπτεται με τη χρήση μόνο 2 συνιστωσών Fourier, αντί πολλών συνιστωσών που δεν μπορούν να χειριστούν οι μαθητές της Γ΄ Λυκείου, αφού θα έπρεπε να υπερθέσουν ταυτόχρονα πολλά κύματα.
Η παρέμβασή μας αξιοποιεί δύο μεθόδους για την προσέγγιση της σχέσης αβεβαιότητας ορμής-θέσης. Στην πρώτη μέθοδο χρησιμοποιείται η θεωρία του διακροτήματος και η σχέση αβεβαιότητας προκύπτει με κατάλληλες αντιστοιχήσεις. Στη δεύτερη μέθοδο χρησιμοποιείται η υπέρθεση δύο αρμονικών κυμάτων. Η τελευταία υποστηρίζεται με κατάλληλο αλληλεπιδραστικό λογισμικό που υποστηρίζει την οπτικοποίηση. Και οι δύο μέθοδοι περιλαμβάνουν γνώριμες μαθηματικές τεχνικές για τους μαθητές. Οι δύο αυτές μέθοδοι ενταγμένες σε μια εκπαιδευτική ακολουθία φαίνεται να οδηγούν τους μαθητές σε θετικά μαθησιακά αποτελέσματα.

5. Βιβλιογραφία

Καλκάνης, Γ., Γκικοπούλου, Ο. Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπατσίμπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ., Πολίτης Σ. (2013). Η Φυσική με Πειράματα Α' Γυμνασίου Βιβλίο Μαθητή. Υπουργείο Παιδείας, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα.

Feynman, R. P., Leighton, R. B. & Sands, M. (1963). The Feynman lectures on physics. Vol. 1. Addison-Wesley.

Hobson, A. (2011). Teaching Quantum Uncertainty1. *The Physics Teacher*,*49*(7), 434-437.

Johansson, K. E. & Milstead, D. (2008). Uncertainty in the classroom—teaching quantum physics. *Physics Education*, *43*(2), 173.

Olsen, R. V. (2002). Introducing quantum mechanics in the upper secondary school: a study in Norway. *International Journal of Science Education*, *24*(6), 565-574.

Phet, Fourier: Δημιουργία Κυμάτων, Accessed via https://phet.colorado.edu/el/simulation/fourier

Styer, D. F. (1996). Common misconceptions regarding quantum mechanics. *American Journal of Physics*, 64(1), 31-34.

Tambade, P. S. (2012). Spreadsheet Implementation for Momentum Representation of Gaussian Wave Packet and Uncertainty Principle. *European Journal of Physics Education*, *3*(1).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΦΥΣΙΚΗΣ - ΧΗΜΕΙΑΣ ΜΕ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Σίμος Αναγνωστάκης, Δημήτρης Σταύρου

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία διερευνούμε τις απόψεις μελλοντικών εκπαιδευτικών για τη δυνατότητα χρήσης της εκπαιδευτικής ρομποτικής και μικροϋπολογιστκών συστημάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Οι απόψεις αυτές διαμορφώθηκαν μετά τη συμμετοχή τους σε ένα σεμινάριο για την ανάπτυξη πειραματικών δραστηριοτήτων με τη χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής και μικροϋπολογιστικών συστημάτων. Στην εργασία περιγράφεται το πλαίσιο υλοποίησης του σεμιναρίου και παρουσιάζονται οι απόψεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών για τη χρήση εκπαιδευτική ρομποτικής και μικροϋπολογιστικών συστημάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μετά τη συμμετοχή τους στη διαδικασία του σεμιναρίου.

Abstract
In this work we investigate primary students' conceptions about the possibility to use Educational Robotics and Micro-Computer-Based devices in science teaching. The conceptions were formed during their participation in a seminar for developing experimental activities using Educational Robotics and Micro-Computer-Based devices. In the work we describe the framework of the seminar and the students' conceptions about the use of Educational Robotics and Micro-Computer-Based after attending the seminar.

1. Εισαγωγή

Στις τεχνολογικά προηγμένες κοινωνίες η διδακτική των Φυσικών Επιστημών αποτελεί σημαντική διάσταση λόγω της ραγδαίας εξέλιξης στην βασική έρευνα Φυσικών Επιστημών και κατ' επέκταση στην εφαρμοσμένη έρευνα –Τεχνολογία (Μιχαηλίδης, 2007). Από την άλλη η υποχρεωτική εκπαίδευση έχει σκοπό τη δημιουργία μελλοντικών πολιτών, οι οποίοι είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση της τεχνολογίας, βασικό εκφραστή της επιστημονικής δραστηριότητας.
Σε προηγούμενη έρευνα μας συμπεράναμε από τη μία την θετική συμβολή της εκπαιδευτικής ρομποτικής σε μαθήματα φυσικών επιστημών αλλά με περαιτέρω διερεύνηση των τύπων και χαρακτηριστικών δραστηριοτήτων είναι σε θέση να αναπτύξουν οι φοιτητές των Παιδαγωγικών τμημάτων (Αναγνωστάκης & Σταύρου, 2015). Από την άλλη διαπιστώθηκε η δυνατότητα αξιοποίησης Μικροϋπολογιστικών Συστημάτων (ΜΣ) από φοιτητές του ΠΤΔΕ για την παραγωγή πειραματικών δραστηριοτήτων (Σαββοργινάκης & Σταύρου, 2015). Τα ΜΣ ενσωματώνουν τεχνολογία όπως αισθητήρες μέτρησης δύναμης, πίεσης κλπ. που μπορούν να παίρνουν μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο και μέσω κατάλληλης διεπαφής (interface) να αποδίδονται σε μορφή γραφικών παραστάσεων ή και πινάκων (Mokros & Tinker, 1987). Ως εκ τούτου η παρούσα έρευνα επικεντρώνει στην αξιολόγηση από τους

φοιτητές των πειραματικών δραστηριοτήτων που ανέπτυξαν και την εκπαίδευσή τους στο πλαίσιο ενός σεμιναρίου, τόσο με τη χρήση της εκπαιδευτικής ρομποτικής όσο και με τη χρήση μικροϋπολογιστικών συστημάτων. Πιο συγκεκριμένα τα ερευνητικά ερωτήματα ήταν:

- Πώς αξιολογούν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί τη χρήση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και των Μικροϋπολογιστικών Συστημάτων για την ανάπτυξη πειραματικών δραστηριοτήτων Φυσικών Επιστημών;
- Πώς αξιολογούν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί την εκπαίδευσή τους για την ανάπτυξη πειραματικών δραστηριοτήτων Φυσικών Επιστημών με τη χρήση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και των Μικροϋπολογιστικών Συστημάτων;

Να σημειώσουμε εδώ ότι οι φοιτητές του ΠΤΔΕ προέρχεται κατά 85% περίπου από την θεωρητική κατεύθυνση του Λυκείου. Πέραν των γενικών στόχων που ήταν α) η ανάπτυξη τεχνολογικού και επιστημονικού εγραμματισμού στους μελλοντικούς δασκάλους β) την αύξηση της αυτοεκτίμησης των φοιτητών γ) την λειτουργία της αυτό-εκμάθησης, η έρευνα επικεντρώθηκε στη δημιουργία και το έλεγχο της αποτελεσματικότητα πειραματικών δραστηριοτήτων ενός «μικτού μοντέλου» μάθησης «τριών πυλώνων» στις Φυσικές Επιστήμες.

2. Μεθοδολογία

Η έρευνα σχεδιάστηκε με πλαίσιο ένα εργαστηριακό σεμινάριο για φοιτητές Παιδαγωγικών Τμημάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης. Στη έρευνα συμμετείχαν 6 ομάδες των τριών φοιτητών που βρίσκονται στο τρίτο και τέταρτο έτος σπουδών τους. Πραγματοποιήθηκαν συνολικά 12 τρίωρες προγραμματισμένες συναντήσεις. Έξι από αυτές έλαβαν χώρα στο Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και Τεχνολογίας και οι υπόλοιπες έξι στο εργαστήριο Φυσικής - Χημείας.
Στις ομάδες ανατέθηκαν συγκεκριμένες θεματικές περιοχές βασισμένες στο ΑΠΣ. Πιο συγκεκριμένα 1) Μηχανική (2 ομάδες) 2) Χημεία 3) Θερμοδυναμική 4) Κυματική – Οπτική 5) Ηλεκτρομαγνητισμός.
Ο κύριος στόχος των φοιτητών ήταν η δημιουργία διδακτικών σεναρίων με πειράματα για να αντιμετωπιστούν εναλλακτικές ιδέες μαθητών με την χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και Μικροϋπολογιστικών Συστημάτων. Οι ομάδες αναζήτησαν στην βιβλιογραφία υλικό για παρανοήσεις και εναλλακτικές ιδέες μαθητών και προσπάθησαν να δημιουργήσουν πειράματα. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την Εκπαιδευτική Ρομποτική ήταν LEGO© Mindstorms© NXT και EV3, για τα Μικροϋπολογιστικά Συστήματα χρησιμοποίησαν το SPARK PS-2008a της εταιρίας Pasco.
Στο τέλος τα διδακτικά σενάρια με τα πειράματα εφαρμόστηκαν από τις ομάδες των φοιτητών σε συμφοιτητές τους του πρώτου έτους για να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητά τους.
Δεδομένα συλλέχθηκαν από τις εβδομαδιαίες αναφορές που παρέδιδαν οι φοιτητές μετά από κάθε συνάντηση, τις δραστηριότητες και τα διδακτικά σενάρια που ανέπτυξαν, καθώς κα ένα ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε μετά το τέλος της διαδικασίας. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης των δεδομένων (Cohen, Manion, & Morrison, 2007)

3. Αποτελέσματα

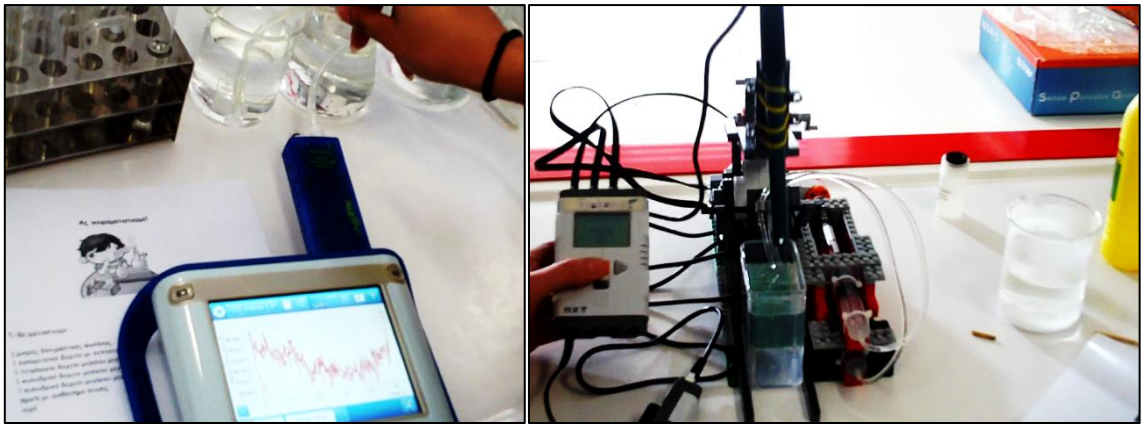
Οι ομάδες δημιούργησαν πειράματα και διδακτικά σενάρια για τις ακόλουθες περιοχές των Φυσικών Επιστημών:

Πίνακας 1. Περιοχές και αποτελέσματα

Ομάδες / περιοχές	**Ενδεικτικά πειράματα και διδακτικά σενάρια**
Μηχανική 1	Κατάρριψη ιδέας μαθητών (η ενέργεια χάνεται-καταναλώνεται) μέσω της πειραματικής διαδικασίας.
Μηχανική 2	Ιδέες μαθητών: 1)Η πίεση εξαρτάται από το σχήμα του δοχείου. 2)Τα σώματα μέσα στο νερό είναι πιο ελαφριά 3)Τα βυθισμένα σώματα αιωρούνται ελεύθερα μέσα στο νερό χωρίς να τους ασκείται κάποια δύναμη.
Κυματική Οπτική (YOLISTES)	Εναλλακτική ιδέα: Τα κύματα δεν μεταφέρουν ενέργεια**.** Δεν θεωρούν απαραίτητο ότι ο ήχος διαδίδεται. «Ηχος και κενό αέρος», «Ηχος και ηχητικά κύματα», «Ταχύτητα και μέσο διάδοσης», «Διάθλαση του φωτός».
Χημεία	Ιδέες μαθητών: 1) ο αέρας είναι απλά μία ουσία και όχι ένα μίγμα. 2) τα παραγόμενα προϊόντα μιας χημικής μεταβολής προϋπήρχαν στα αρχικά υλικά , δηλαδή η ταυτότητα των ουσιών που συμμετέχουν δεν αλλάζει.
Θερμοδυναμική	Ιδέες μαθητών: 1) ότι η θερμοκρασία και η θερμότητα ταυτίζονται 2) πιστεύουν πως η θερμότητα είναι μια ουσία που ρέει.
Ηλεκτρομαγνητισμός	Ιδέες μαθητών: 1) Η λάμπα δεν είναι καταναλωτής είναι αντιστάτης 2) Αντιμετωπίζουν τα μαγνητικά και ηλεκτρικά φαινόμενα ως εντελώς διαφορετικά πράγματα 3) Η τάση είναι το ίδιο με το ηλεκτρικό ρεύμα.

Στο τέλος της εφαρμογής ερωτήθηκαν σε ποιο βαθμό θεωρείτε ότι τα πειράματα με τη χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, και SPARK ανταποκρίθηκαν στον διδακτικό σκοπό τους. Παραθέτουμε ενδεικτικές απαντήσεις:

Εικόνα 1. Πειράματα με Spark και Lego NXT



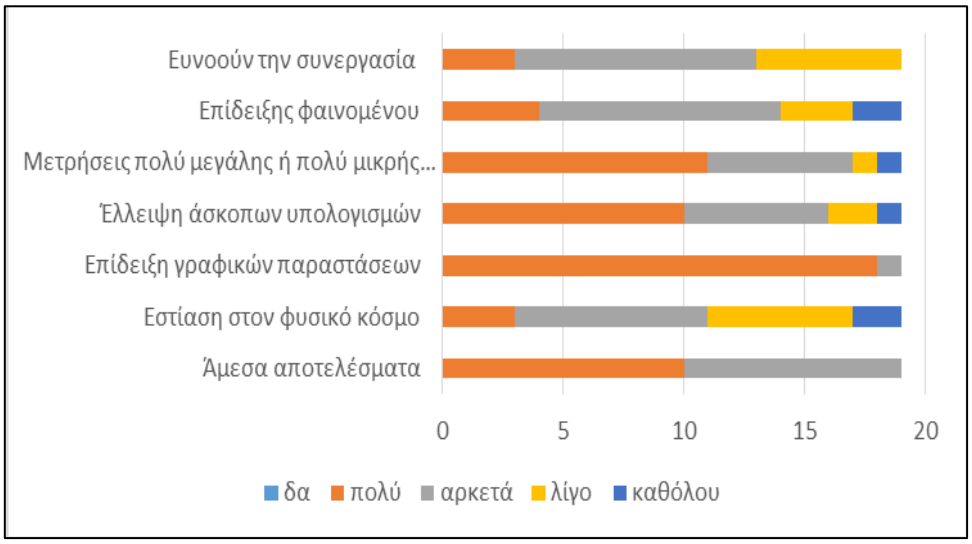
Ομάδα θερμοδυναμικής: «*Ο συνδυασμός αυτών των εργαλείων για τη διεξαγωγή των πειραμάτων ήταν πολύ επιτυχημένος και πρωτοπόρος ιδιαίτερα στα Παιδαγωγικά Τμήματα της Ελλάδας δείχνοντας μας εναλλακτικούς τρόπους προσέγγισης της γνώσης στις Φυσικές επιστήμες και πολλαπλασιάζοντας μας το ενδιαφέρον καθώς όπως ξέρουμε όλοι μας οτιδήποτε καινούργιο και πρωτοπόρο σε ελκύει περισσότερο καθώς αποτελεί μια πρόκληση για σένα*». **Ομάδα Μηχανικής 2:** «*Έτσι, κατανοήσαμε πόσο σημαντικό ρόλο διαδραματίζει η λεπτομέρεια και η σαφήνεια των διαδικασιών στην οικοδόμηση της γνώσης, καθώς δεν σκεφτόμαστε όλοι με τον ίδιο τρόπο. Δηλαδή, εκείνο που εμείς θεωρούμε αυτονόητο κάποιος άλλος ίσως να μην το γνωρίζει*». **Ομάδα Κυματικής – Οπτικής:** «*Σε καμία περίπτωση βέβαια δε θα προτιμούσα να γίνονται μόνο παραδοσιακά πειράματα καθώς αυτά καθόλου δεν εξάπτουν την φαντασία μας. Αντίθετα με τα πειράματα που εκτελέσαμε και βρήκαμε μόνοι μας, ήρθαμε και οι ίδιοι αντιμέτωποι με κάποιες δυσκολίες αρχικά, όμως αυτό αποτέλεσε και το έναυσμα για να*

καταλάβουμε καλύτερα κάποια πράγματα και πώς μπορούμε να τα χειριστούμε». **Ομάδα Ηλεκτρομαγνητισμού:** «*Επίσης ο χρόνος που είχαμε στη διάθεσή μας ήταν περιορισμένος για να μάθουμε τον προγραμματισμό και να ετοιμάσουμε πειράματα με ρομπότ γι' αυτό θα προτιμούσα η διαδικασία να περιλαμβάνει μόνο ρομποτική ή μόνο ενασχόληση με παραδοσιακά πειράματα*». **Ομάδα Χημείας:** «*Η μόνη εκπαίδευση που έχω από εργαστήριο είναι από το συγκεκριμένο σεμινάριο. Θεωρώ, την εκπαίδευσή μου μέτρια, καθώς δεν είμαι σε θέση να χειρίζομαι επαρκώς όλα τα υλικά του εργαστηρίου… Θα προτιμούσα να έχω εμπλακεί μόνο με παραδοσιακά πειράματα, καθώς προσωπικά δεν με ελκύει η τεχνολογία, παρόλο που δεν παραγνωρίζω της δυνατότητές της…. Όσον αφορά την εκπαίδευση των δασκάλων, σχετικά με την ρομποτική, την κρίνω απαραίτητη*». **Ομάδα Μηχανικής 1:** «*Επίσης, ήταν πολύ καλό που εμπλακήκαμε σε πειραματικές διαδικασίες που απαιτούσαν διάφορες εναλλακτικές και παραδοσιακές μεθόδους, όμως πιστεύω ότι η εκπαιδευτική ρομποτική χρειάζεται περισσότερο χρόνο προκειμένου να χρησιμοποιείται από τους φοιτητές με άνεση*».

Από την ανάλυση των ερωτηματολογίων προκύπτει ότι. Ως προς τα πειράματα πραγματικού χρόνου με CBL (SPARK) το υλικό βοηθά στις:

- Επίδειξη γραφικών παραστάσεων (95%)
- Μετρήσεις πολύ μεγάλης ή πολύ μικρής διάρκειας (58%)
- Έλλειψη άσκοπων υπολογισμών (53%) και στα
- Άμεσα αποτελέσματα (53%)

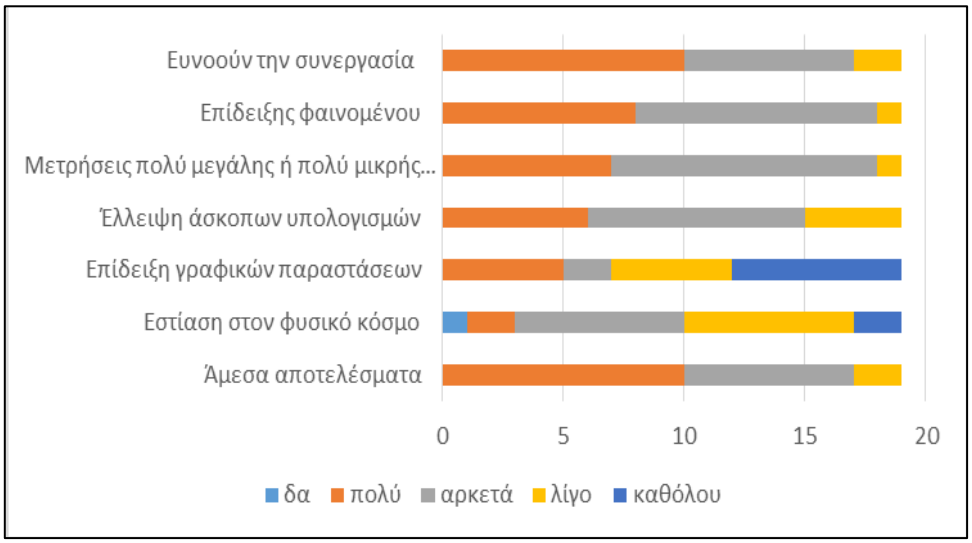
Εικόνα 2. Πειράματα πραγματικού χρόνου με CBL (SPARK)



Ως προς την Εκπαιδευτική ρομποτική τα ποσοστά είναι χαμηλότερα

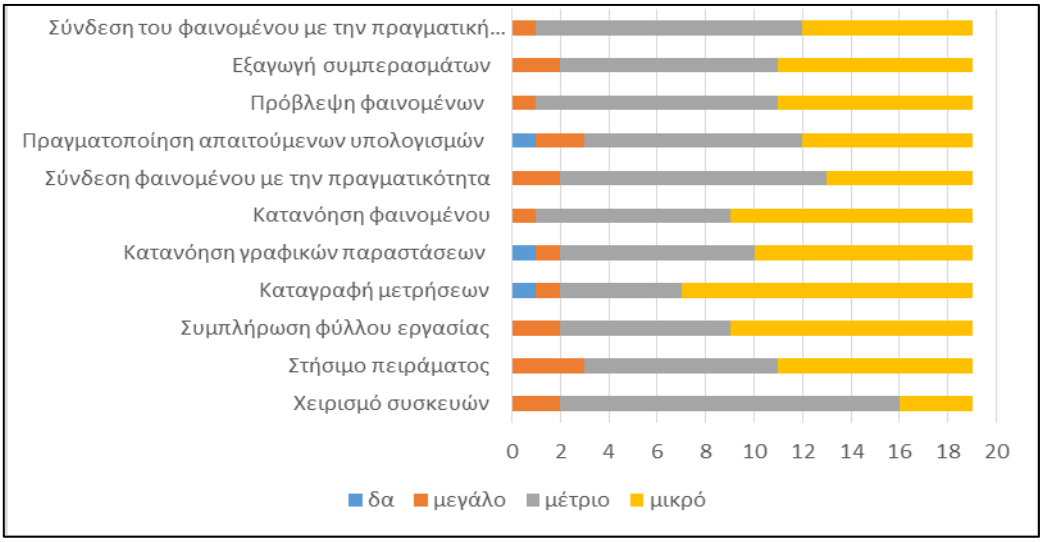
- Επίδειξη γραφικών παραστάσεων (26%)
- Μετρήσεις πολύ μεγάλης ή πολύ μικρής διάρκειας (37%)
- Έλλειψη άσκοπων υπολογισμών (32%) και στα
- Άμεσα αποτελέσματα (53%)

Εικόνα 3. Πειράματα με Εκπαιδευτική ρομποτική



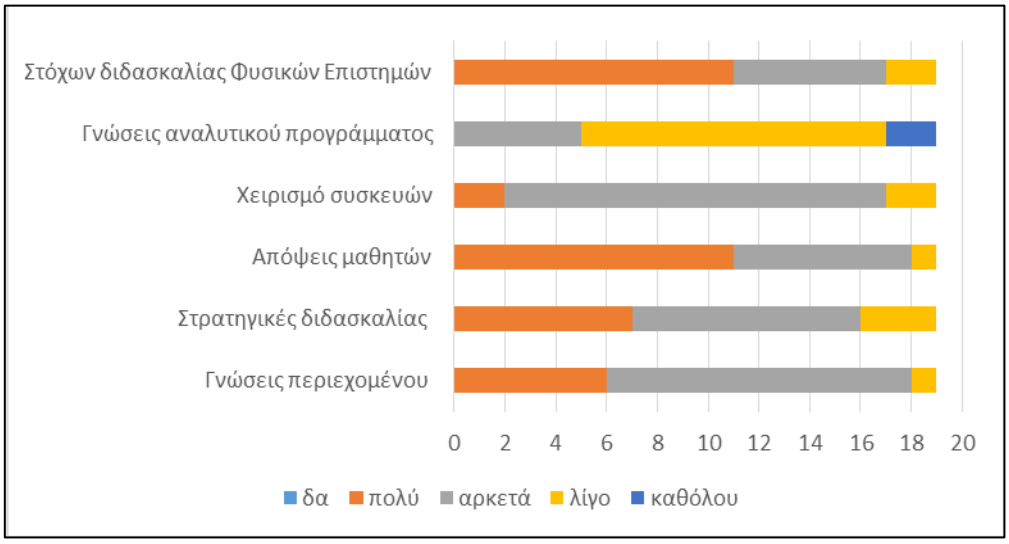
Οι φοιτητές/τριες εκτίμησαν τον βαθμό δυσκολίας που συνάντησαν κατά ενότητα (εικόνα 4), σημειώνοντας όμως ότι «*Θα μπορούσαμε να εκπαιδευτούμε περισσότερο στο χειρισμό των συσκευών καθώς και στον προγραμματισμό. Συγκεκριμένα, ο προγραμματισμός θεωρώ ότι χρειάζεται περισσότερο χρόνο ώστε να μπορεί κατανοηθεί. Οπότε λόγω χρόνου δεν ήταν εύκολο να επιτευχθεί αρκετά*».

Εικόνα 4. Εκτίμηση του βαθμού δυσκολίας



Οι φοιτητές αναγνώρισαν περισσότερες δυνατότητες για ομαδοσυνεργατική μάθηση στην Εκπαιδευτική Ρομποτική (53%) σε σχέση με τα SPARK (16%), αν και γενικά έμειναν ικανοποιημένοι από το σεμινάριο σημείωσαν ότι θα ήθελαν μεγαλύτερη σύνδεση με το ΑΠΣ (εικόνα 5).

Εικόνα 5. Σε ποιο βαθμό είστε ικανοποιημένοι από την εκπαίδευση σας



4. Συμπεράσματα

Κύριο χαρακτηριστικό των αναλύσεων είναι το αίτημα για περισσότερο χρόνο. Διαφάνηκε ότι τα εργαλεία που απαιτήθηκαν να κατανοήσουν και να χειρισθούν οι φοιτητές ήταν πολλά. Να σημειώσουμε εδώ ότι η λειτουργεία των SPARK δεν επιδείχθηκε αλλά αφέθηκε να την ¨ανακαλύψουν¨ μόνες τους οι ομάδες. Όσο για την Εκπαιδευτική Ρομποτική καταγράφθηκε ότι ο χρόνος των 6 τρίωρων δεν αρκεί να εξοικειωθούν με την κατασκευή και τον προγραμματισμό, ιδιαίτερα τον δεύτερο, για αυτό προτείνουμε την γνωριμία των φοιτητών με την Εκπαιδευτική Ρομποτική σαν ξεχωριστό μάθημα σε πιο πρώιμο εξάμηνο με έμφαση στον προγραμματισμό των ρομπότ. Οι φοιτητές προσπάθησαν να εντάξουν την Εκπαιδευτική Ρομποτική ως πειραματική διάταξη παράλληλα με τα κλασσικά πειράματα και τα SPARK (αν και αυτός ήταν ο σκοπός του σεμιναρίου) παραγκωνίζοντας την διαθεματική και διεπιστημονική υπόσταση της Εκπαιδευτικής Ρομποτικής. Παραπέρα όμως όλοι αναγνωρίσαν την αναγκαιότητα της Hands-On πολυδιάστατης εκπαίδευσης στις ΦΕ (παραδοσιακά, CBL και Εκπαιδευτικής Ρομποτικής).

5. Βιβλιογραφία

Αναγνωστάκης, Σ., & Σταύρου, Δ. (2015). Πειραματικές Διατάξεις Φυσικών Επιστημών με Εκπαιδευτική Ρομποτική. Ψύλλος Δημ., Μολοχίδης Αν. & Καλλέρη Μ. (Επιμ.), Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, (σσ. 422-429). Θεσσαλονίκη. Ανάκτηση από http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr.

Μιχαηλίδης, Π. Γ. (2007). Νέες Τεχνολογίες και Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο, Διδακτική Φυσικών Επιστημών & Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, (σσ. 55-72). Ιωάννινα.

Σαββοργινάκης, Β., & Σταύρου, Δ. (2015). Ανάπτυξη Πειραματικών Δραστηριοτήτων με τη χρήση Μικροϋπολογιστών. Ψύλλος Δημ., Μολοχίδης Αν. & Καλλέρη Μ. (Επιμ.), Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, (σσ. 422-429). Θεσσαλονίκη. Ανάκτηση από http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). Research Methods in Education (6th Edition). London-New York: Routledge.

Mokros, J. R., & Tinker, R. F. (1987). The impact of microcomputer-based labs on children's ability to interpret graphs. Journal of Research in Science Teaching, 24(4), 369–383.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΟΦΘΑΛΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΓΡΑΦΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΑΠΟ ΧΡΗΣΤΕΣ ΠΟΛΥΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΙΑΚΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΙΣ ΠΡΟΒΟΛΕΣ FISCHER & NEWMAN

Βασίλειος Κουταλάς, Παρθένα Κατικαρίδου, Νικόλας Χαριστός, Μιχάλης Σιγάλας

Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Στην εργασία αυτή, γίνεται μελέτη της συμπεριφοράς δείγματος χρηστών κατά τον χειρισμό ενός διδακτικού εργαλείου οπτικοποίησης χημικών αναπαραστάσεων. Σκοπός είναι να εξεταστεί το κατά πόσον η επιστημονική εμπειρία επηρεάζει τον τρόπο και τον χρόνο επεξεργασίας του υλικού και συγκεκριμένων αναπαραστάσεων, όπως οι προβολές τύπου Fischer και Newman, οι αναπαραστάσεις στικτών και έντονων γραμμών, οι τρισδιάστατες μοριακές οπτικοποιήσεις, τα ενεργειακά διαγράμματα καθώς και η λεκτική πληροφορία που πλαισιώνει τις αναπαραστάσεις αυτές. Κατά την ερευνητική διαδικασία, χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία ημιδομημένων συνεντεύξεων, καθώς και η μεθοδολογία οφθαλμικών καταγραφών. Τα συμπεράσματα προέκυψαν από την ανάλυση τόσο ποιοτικών όσο και ποσοτικών δεδομένων.

Abstract

In this paper, we investigate the users' behavior while handling an educational software which visualizes various chemical representations. We examine the role of the scientific expertise and the way that affects the time and the kind of the processing of chemical representations such as Fischer projections, Newman projections, Dash-Wedge diagrams, 3D molecular representations and verbal information. The research procedure consisted of interviews and eye tracking methodology. Conclusions were drawn from qualitative and quantitative analysis.

1. Εισαγωγή

Ο οπτικός εγγραμματισμός είναι μια έννοια ιδιαίτερα σημαντική για την επιστήμη της Χημείας (Schönborn & Anderson, 2009). Απαραίτητες δεξιότητες για τους φοιτητές Χημείας, αποτελούν η κατανόηση των χημικών αναπαραστάσεων, η ικανότητα αναγνώρισης και ανάλυσης μεμονωμένων χαρακτηριστικών τους, καθώς και η δυνατότητα σύνδεσης και μετάφρασης μεταξύ διαφορετικών αναπαραστάσεων (Nitz & Ainsworth 2014). Ο μηχανισμός κατανόησης και χρήσης των διάφορων χημικών αναπαραστάσεων αποτέλεσε αντικείμενο πλήθους μελετών (Kumi et al. 2013, Olimpo et al. 2015). Ο βαθμός αντίληψης των αναπαραστάσεων, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η ηλικία, οι πρότερες γνώσεις, το γενικότερο επίπεδο μόρφωσης, οι οπτικοχωρικές δεξιότητες, η ικανότητα διασύνδεσης της πληροφορίας και ο βαθμός κατακερματισμού της γνώσης (Sim & Daniel 2014, Harle & Towns 2011, Stull et al. 2012). Πολλοί αρχάριοι φοιτητές Χημείας παρουσιάζουν δυσκολία στην αναγνώριση των συνδέσεων ανάμεσα στις διάφορες αναπαραστάσεις, ενώ η προσοχή τους επικεντρώνεται κυρίως στα επιφανειακά

χαρακτηριστικά **(**Kozma & Russell 2005, Olimpo et al. 2015, Bussey & Orgill 2015**).** Αντίθετα, οι εμπειρογνώμονες χημικοί έχουν αναπτυγμένες αναπαραστασιακές δεξιότητες, όπως η αναγνώριση χωρικών σχέσεων και ο νοητικός χειρισμός μοντέλων (Kozma & Russell 2005) και μπορούν να επιτελέσουν ουσιαστική επεξεργασία των αναπαραστάσεων μέσω της ευχέρειας που τους προσφέρουν οι γνωστικές στρατηγικές (Stieff & Raje 2010). Η διασύνδεση πολλαπλών αναπαραστάσεων σε έντυπο ή ψηφιακό υλικό μπορεί να λειτουργήσει θετικά για την κατανόηση επιστημονικού υλικού σε μια διδακτική διαδικασία, ενώ η κατάλληλη χρήση λογισμικών μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη δεξιοτήτων και ενίσχυση των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών (Stieff, 2011). Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη του τρόπου με τον οποίο επηρεάζεται η χρήση και η επεξεργασία της πληροφορίας εκπαιδευτικού υλικού Χημείας από την επιστημονική εμπειρία των χρηστών.

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά ερωτήματα

Μεθοδολογικά Εργαλεία

Η αποτίμηση του τρόπου χρήσης ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού απαιτεί μια σειρά από μεθόδους αξιολόγησης που λειτουργούν σαν συστηματικές και αντικειμενικές διαδικασίες και έχουν στόχο να συγκεντρώνουν, να αναλύουν και να καταστούν κατανοητή την πληροφορία (Fitzpatrick et al. 2004). Για τους σκοπούς αυτής της έρευνας θεωρήθηκε σημαντική η συνύπαρξη ποιοτικών αλλά και ποσοτικών διερευνητικών μεθόδων. Μια σύγχρονη μέθοδος ικανή να αποδώσει τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά δεδομένα, είναι η μέθοδος των οφθαλμικών καταγραφών. Η λειτουργία της βασίζεται στην ανίχνευση ακτίνας φωτός που αποστέλλεται από τη συσκευή προς το μάτι και ανακλάται από αυτό. Το λογισμικό του καταγραφέα συγκεντρώνει τα ανιχνεύσιμα σημεία εστίασης και άλλα στοιχεία της διάδρασης του συμμετέχοντα με το υλικό που του προβάλλεται στην οθόνη. Παρέχεται η δυνατότητα στον ερευνητή να έχει μια γενική-εποπτική εικόνα, ενώ η μελέτη και η στατιστική ανάλυση των καταγεγραμμένων δεδομένων για τις προκαθορισμένες περιοχές ενδιαφέροντος (αριθμός εστιάσεων και διαδράσεων μέσω «ποντικιού», χρόνοι εστίασης κ.α.) μπορεί να οδηγήσει σε πιο λεπτομερή αποτελέσματα και συμπεράσματα. Μια άλλη μέθοδος από την οποία μπορεί να προκύψει ένας μεγάλος όγκος ποιοτικών δεδομένων για τη μελέτη της νοητικής συμπεριφοράς ενός ατόμου, είναι αυτή των ημιδομημένων συνεντεύξεων. Η φύση της την καθιστά ιδιαίτερα σημαντική για έρευνες που θέλουν να εισέλθουν σε βάθος και να αποκωδικοποιήσουν ένα τμήμα του τρόπου λειτουργίας της ανθρώπινης νόησης.

Ερευνητική Διαδικασία

Σε αυτή την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν δύο ενότητες εκπαιδευτικού υλικού (Κουταλάς κ.ά. 2015), όπου η μία αφορά τις προβολές Fischer και η άλλη τις προβολές Newman (Εικόνα 1). Το υλικό χορηγήθηκε σε 37 άτομα (20 προπτυχιακούς φοιτητές Χημείας και 17 πτυχιούχους που συνέχιζαν σε μεταπτυχιακές σπουδές) με στόχο να μελετηθεί ο τρόπος χρήσης του καθώς και η χρήση των περιεχόμενων αναπαραστάσεων, σε σχέση με τον βαθμό εμπειρίας.

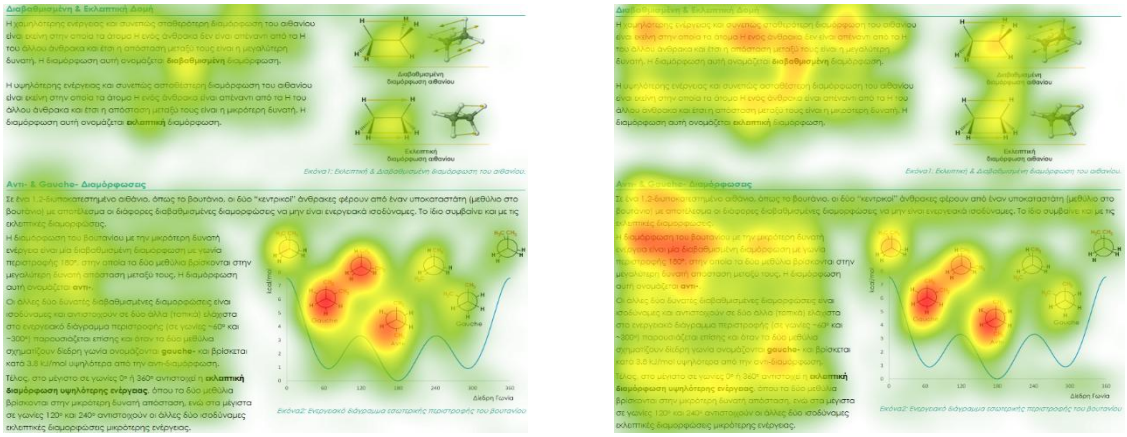
Εικόνα 1: Προβολή Fischer (αριστερά) και Προβολή Newman (δεξιά)

Αρχικά, οι συμμετέχοντες απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο για την κάθε ενότητα του υλικού και στη συνέχεια πλοηγήθηκαν στο κύριο μέρος του υλικού το οποίο αποτελείται από: α) το *θεωρητικό μέρος*, που συνδυάζει λεκτική πληροφορία με δισδιάστατες και τρισδιάστατες στατικές μοριακές οπτικοποιήσεις, β) το τμήμα *οπτικοποίησης* της έννοιας που συνδυάζει δισδιάστατες και τρισδιάστατες διαδραστικές αναπαραστάσεις (προβολές Fischer και Newman, αναπαραστάσεις στικτών και έντονων γραμμών, τρισδιάστατες αναπαραστάσεις και ενεργειακά διαγράμματα), γ) το τμήμα *εξάσκησης* με διαδραστικές ασκήσεις που αφορούν την εκάστοτε έννοια και δ) το *ερωτηματολόγιο αξιολόγησης*.
Κατά τη διάρκεια όλης της διαδικασίας καταγράφηκαν οι οφθαλμικές κινήσεις των συμμετεχόντων. Μετά από την απάντηση του ερωτηματολογίου ακολούθησε συνέντευξη που αφορούσε τον τρόπο χρήσης και διάδρασης με το υλικό, καθώς και τη μεταβολή των στρατηγικών απάντησης ανάμεσα στα δύο ερωτηματολόγια.
Οι συνεντεύξεις αναλύθηκαν από τα μέλη της ερευνητικής ομάδας και οι απόψεις των συμμετεχόντων καταγράφηκαν σε ένα συγκεντρωτικό πίνακα. Τα δεδομένα του οφθαλμικού καταγραφέα μελετήθηκαν σε πρώτη φάση ποιοτικά, μέσω των θερμικών χαρτών (heatmaps) για τις καθορισμένες περιοχές ενδιαφέροντος, αποδίδοντας μια γενική εικόνα του τρόπου συμπεριφοράς για το σύνολο των εμπείρων και αρχάριων χρηστών. Ακολούθησε ποσοτική μελέτη, με στατιστική ανάλυση των χρόνων εστίασης στις περιοχές ενδιαφέροντος, του αριθμού των εστιάσεων και των διαδράσεων στις ίδιες περιοχές.

3. Αποτελέσματα

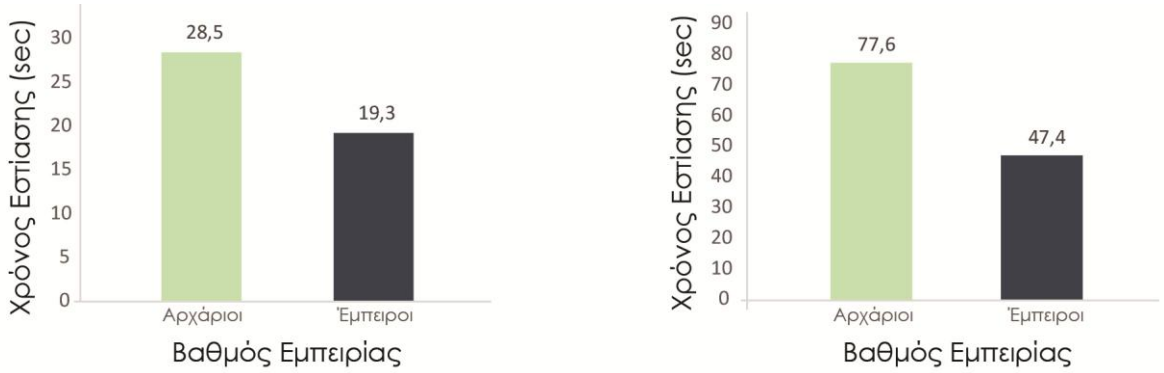
Από τις συνεντεύξεις, προκύπτει μια γενικότερη προτίμηση των αρχάριων στην πληροφορία του θεωρητικού μέρους που έρχεται σε αντίθεση με την προτίμηση των έμπειρων σε ό,τι αφορά τις προβολές Fischer. Επιπλέον, οι αρχάριοι παρουσιάζουν προτίμηση στην τρισδιάστατη αναπαράσταση της οπτικοποίησης, κάτι που δε φαίνεται στις απαντήσεις των εμπειρογνωμόνων. Στην ενότητα των προβολών Newman δε φαίνεται μεγάλη διαφορά ανάμεσα στις προτιμήσεις τόσο για τις αναπαραστάσεις όσο και για την πληροφορία.
Από τα ποιοτικά δεδομένα του οφθαλμικού καταγραφέα προέκυψε μια τάση α) των αρχάριων να ελέγχουν συνολικότερα τα μόρια και β) των εμπειρογνωμόνων να ελέγχουν στοχευμένα περιοχές των μορίων που μελετούσαν. Οι αρχάριοι φαίνεται να παρουσιάζουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη λεκτική πληροφορία και στις δύο ενότητες. Για τη θεωρία των προβολών Fischer, παρουσιάζεται μια τάση να ελέγχουν περισσότερο τη δισδιάστατη στατική εικόνα από την τρισδιάστατη (Εικόνα 2).

Εικόνα 2: Ενδεικτικός Θερμικός Χάρτης που αφορά τον χρόνο εστιάσεων των έμπειρων (αριστερά) των αρχάριων συμμετεχόντων (δεξιά) στη σκηνή με το Θεωρητικό μέρος των Προβολών Newman



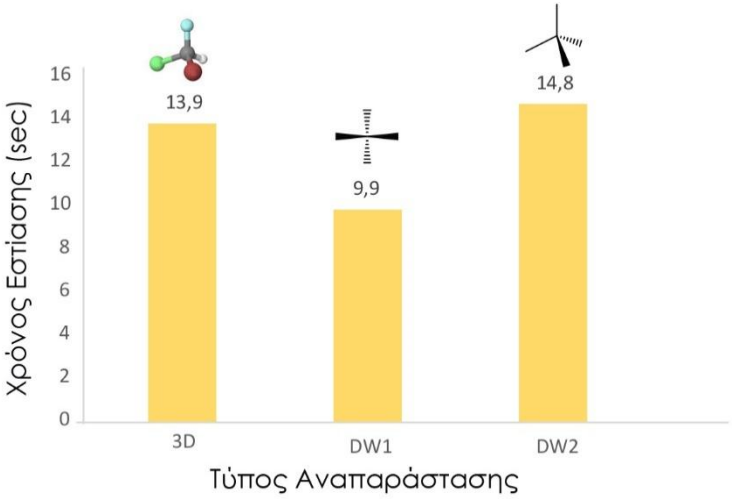
Στα γενικά ποσοτικά αποτελέσματα παρατηρείται στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στους χρόνους των δύο ομάδων όταν εξετάζουν το θεωρητικό μέρος των δύο τμημάτων υλικού που τους χορηγήθηκαν. Πιο συγκεκριμένα, από την ανάλυση διακύμανσης κατά ένα κριτήριο, οι αρχάριοι φαίνεται να αφιερώνουν μεγαλύτερο χρόνο εστίασης από τους έμπειρους χημικούς στη λεκτική πληροφορία: α) $F(1,36)=7.13(p<0.05)$ για τη θεωρία των προβολών Fischer (Εικόνα 3) και β) $F(1,36)=6.52(p<0.05)$ για τη θεωρία των προβολών Newman.

Εικόνα 3: Ιστόγραμμα σύγκρισης χρόνου εστιάσεων που αφιερώνουν οι συμμετέχοντες στη λεκτική πληροφορία, ανάλογα με το βαθμό εμπειρίας (αριστερά για το θεωρητικό μέρος των Προβολών Fischer, δεξιά για το θεωρητικό μέρος των Προβολών Newman)



Στο θεωρητικό μέρος των προβολών Fischer από την ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων προκύπτει το γεγονός ότι οι αρχάριοι φαίνεται να αφιερώνουν περισσότερο χρόνο στη δισδιάστατη αναπαράσταση από ό,τι στην τρισδιάστατη $F(1,19)=13.84(p<0.01)$. Στην οπτικοποίηση της συγκεκριμένης διεργασίας παρουσιάζεται στατιστικά σημαντική διαφορά στους χρόνους που αφιερώνει το δείγμα στη χρήση των δευτερευουσών επιλογών της συγκεκριμένης εφαρμογής $F(2,72)=4.68$ $(p<0.05)$ (Εικόνα 4).

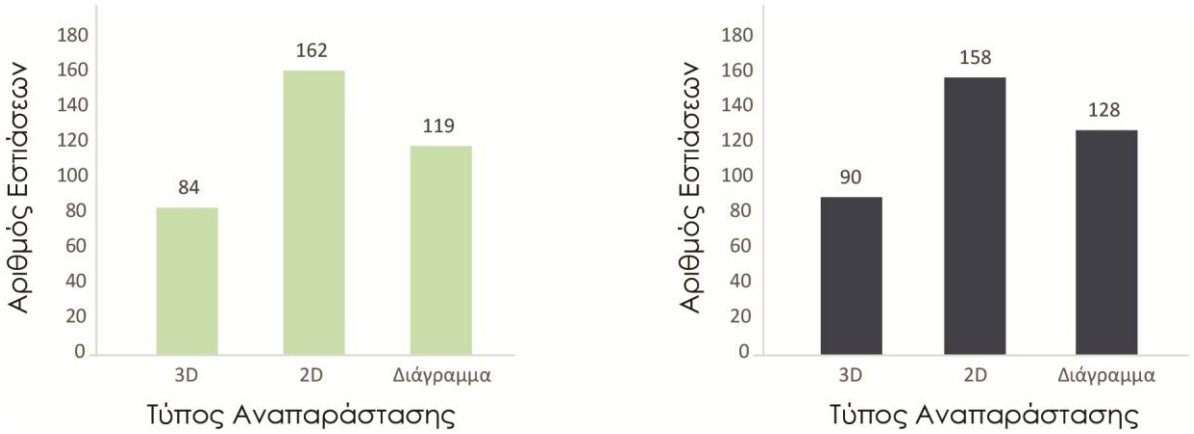
Εικόνα 4: Χρόνοι εστίασης στις επιλεγόμενες αναπαραστάσεις για το σύνολο του δείγματος



Για το τμήμα της οπτικοποίησης των Προβολών Newman για τους αρχάριους $F(1,19)=8.12$ $(p<.01)$, αλλά και για τους έμπειρους $F(1,16)=7.34$ $(p<.05)$ διαφαίνεται στατιστικώς σημαντική διαφορά ανάμεσα στον αριθμό εστιάσεων (Εικόνα 5) για τη δισδιάστατη και την τρισδιάστατη αναπαράσταση. Κάτι ανάλογο δεν παρατηρείται όμως για τους χρόνους

εστιάσεων τόσο των αρχάριων F(1,19)=1.95 (p>.05) όσο και των έμπειρων συμμετεχόντων F(1,16)=2.15 (p>.05).

Εικόνα 5: Ιστογράμματα σύγκρισης αριθμού εστιάσεων που αφιερώνουν οι συμμετέχοντες στις τρεις διαφορετικές αναπαραστάσεις της Οπτικοποίησης Newman (αριστερά για τους αρχάριους και δεξιά για τους έμπειρους συμμετέχοντες)



Από την ανάλυση συσχετίσεων προέκυψαν αρκετά ενδιαφέροντα αποτελέσματα, όπως το γεγονός ότι ο χειρισμός της τρισδιάστατης αναπαράστασης στην οπτικοποίηση των προβολών Fischer, παρουσιάζει μέτρια θετική συσχέτιση με τη βελτίωση της επίδοσης r(37)=0.44(p<0.05) και κάτι ανάλογο συμβαίνει με τις εστιάσεις στην αναπαράσταση «τετραεδρικού» τύπου r(37)=0.35(p<0.05). Για τη θεωρία των προβολών Newman παρουσιάζεται αρνητική συσχέτιση ανάμεσα στην επίδοση στο αρχικό ερωτηματολόγιο και τον αριθμό εστιάσεων στη λεκτική πληροφορία περιγραφής των βασικών εννοιών r(37)=-0.41(p<0.05).

4. Συμπεράσματα

Εστιάζοντας στα γενικά συμπεράσματα, είναι σημαντικό να επισημανθεί η προτίμηση των αρχάριων συμμετεχόντων στη λεκτική πληροφορία για την εκμάθηση μιας έννοιας τόσο στις προβολές Fischer όσο και στις Newman. Η δήλωση προτίμησης των αρχάριων για τις τρισδιάστατες αναπαραστάσεις, ίσως οφείλεται στη μικρή εξοικείωσή τους σε αντίθεση με τους εμπειρογνώμονες που μπορούν ευκολότερα να οπτικοποιούν νοητικά στον τρισδιάστατο χώρο. Οι αναπαραστάσεις στικτών και έντονων γραμμών χρησιμοποιήθηκαν λιγότερο από τους συμμετέχοντες, ίσως εξαιτίας του γεγονότος ότι η νοητική επεξεργασία τους ήταν παρόμοια με αυτή των Προβολών Fischer για τη συγκεκριμένη διεργασία. Για το τμήμα της οπτικοποίησης των Προβολών Newman προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι συμμετέχοντες χρησιμοποιούν την αναπαράσταση των Προβολών Newman ως ενδιάμεση, συγκρίνοντάς την τόσο με τις μεταβολές που επιτελούνται στο ενεργειακό διάγραμμα, όσο και με το τρισδιάστατο μοντέλο. Γενικότερα, φαίνεται ότι η ενασχόληση με συγκεκριμένα τμήματα του υλικού βοήθησε στη βελτίωση των επιδόσεων, ενώ η αρχικά ελλιπής γνώση συγκεκριμένων εννοιών οδηγούσε στη μελέτη της λεκτικής πληροφορίας για τη βελτίωση της. Τα εξαγόμενα συμπεράσματα οδηγούν σε προτάσεις για τη βελτίωση του υπάρχοντος λογισμικού και τη δημιουργία νέων εκπαιδευτικών εφαρμογών για τη διδασκαλία των χημικών αναπαραστάσεων. Συμβάλλουν στην αναζήτηση λύσεων σε ζητήματα γύρω από τις

αναπαραστασιακές δεξιότητες και τις χρησιμοποιούμενες στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων.

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ε.Ε. (ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του ΕΣΠΑ – Ερευνητικό Έργο: ΘΑΛΗΣ.

5. Βιβλιογραφία

Κουταλάς, Β. Γ., Χαριστός, Ν. Δ., Σιγάλας, Μ. Π. (2015). Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Λογισμικού Χειρισμού Τρισδιάστατων Μοριακών Μοντέλων και Δισδιάστατων Διαγραμματικών Αναπαραστάσεων με Αντικείμενο τις Προβολές Fischer και Newman. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Θεσσαλονίκη.

Bussey, T. J., Orgill, M. (2015). What do biochemistry students pay attention to in external representations of protein translation? The case of the Shine–Dalgarno sequence, Chemistry Education Research and Practice, Advance Article, 16, 714-730.

Fitzpatrick, J. L., Sanders, J. R., Worthen, B. R. (2004). Program evaluation: Alternative approaches and practical guidelines (3rd edition). *Upper Saddle River, NJ: Pearson Education Inc*.

Harle, M., Towns, M. (2010). A review of spatial ability literature, its connection to chemistry, and implications for instruction, *Journal of Chemical* Education, 88 (3), 351-360.

Kozma, R., Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence, In J. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education, 121*. London: Kluwer.

Kumi, B. C., Olimpo, J. T., Bartlett, F. & Dixon, B. L. (2013). Evaluating the effectiveness of organic chemistry textbooks in promoting representational fluency and understanding of 2D–3D diagrammatic relationships, *Chemistry Education Research and Practice, 14 (2), 177*.

Nitz, S., Ainsworth, S. E., Nerdel, C., Prechtl, H. (2014). Do student perceptions of teaching predict the development of representational competence and biological knowledge? *Learning and Instruction, 31, 13-22*.

Olimpo, J. T., Kumi, B. C., Wroblewski, R., Dixon, B. L. (2015). Examining the relationship between 2D diagrammatic conventions and students' success on representational translation tasks in organic chemistry, *Chemistry Education Research and Practice, 16, 143*.

Schönborn, K.J., Anderson, T. R. (2009). A Model of Factors Determining Students' Ability to Interpret External Representations in Biochemistry. *International Journal of Science Education, 31(2), 193-232*.

Sim, J. H., Daniel, E. G. S., Elwood, J. (2014). Representational competence in chemistry: A comparison between students with different levels of understanding of basic chemical concepts and chemical representations. *Cogent Education, 1(1)*.

Stieff, M. (2011). When is a molecule three-dimensional? A task-specific role for imagistic reasoning in advanced chemistry, *Science Education, 95(2), 310*.

Stieff, M. & Raje, S. (2010). Expert algorithmic and imagistic problem solving strategies in advanced chemistry, *Spatial Cognition & Computation, 10(1), 53*.

Stull, A. T., Hegarty, M., Dixon, B. & Stieff, M. (2012). Representational translation with concrete models in organic chemistry. *Cognition & Instruction, 30(4), 404-434*.

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΧΗΜΕΙΑΣ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥΣ

Κατερίνα Σάλτα
Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Ηλιούπολης

Περίληψη
Η παρούσα μελέτη αφορά στην ανάλυση των προγραμμάτων σπουδών Χημείας Γυμνασίου και Λυκείου υπό το πρίσμα των διαφορετικών Οπτικών του επιστημονικού γραμματισμού. Τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα αναδεικνύουν τον προσανατολισμό των προγραμμάτων στη γνώση θεωριών, εννοιών και διαδικασιών της Χημείας (Οπτική Ι). Τα πλαίσια στα οποία αναπτύσσεται ή εφαρμόζεται η Χημεία βασικά αναφέρονται ως παραδείγματα. Παρατηρείται, συσσώρευση των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων στο κατώτερο επίπεδο της ταξινόμησης γνώσεων και γνωστικών δεξιοτήτων.

Abstract
The present study involves an analysis of secondary education Chemistry curricula in the light of different scientific literacy visions. The expected learning outcomes reveal the focus of curricula on knowledge of theories, concepts and chemistry processes (Vision I). Curricula are referred as examples the contexts in which the chemistry are developed or applied. An accumulation of expected learning outcomes in lower level of knowledge and cognitive skills taxonomy is observed.

1. Εισαγωγή

Στα τέλη του 20ου αιώνα, μεγάλη ώθηση στην ανάλυση των προγραμμάτων σπουδών των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) έδωσε η εργασία του Roberts (1982) σχετικά με την έμφαση που δίνουν τα προγράμματα σπουδών σε πτυχές και εφαρμογές των Φ.Ε. Μεγάλη συζήτηση γίνεται τελευταία σχετικά με τον επιστημονικό γραμματισμό, ο οποίος υποδηλώνει τους πρωταρχικούς στόχους της εκπαίδευσης στις Φ.Ε. Από τη συζήτηση αναδύθηκαν δύο ακραίες προσεγγίσεις των Προγραμμάτων Σπουδών των Φ.Ε. ως άκρα ενός συνεχούς φάσματος (Roberts, 2007). Η μία εστιάζει στο αντικείμενο των Φ.Ε., θεωρίες, έννοιες και διαδικασίες (Οπτική Ι) και η άλλη στις καταστάσεις στις οποίες οι Φ.Ε. παίζουν κάποιο ρόλο (Οπτική ΙΙ) (Roberts 2007).
Είκοσι πέντε χρόνια μετά την πρώτη ανάλυση των προγραμμάτων σπουδών ο Roberts (2007) μελέτησε αυτά των ΗΠΑ, Καναδά και Αγγλίας υπό το πρίσμα της συζήτησης για τον επιστημονικό γραμματισμό. Οι επτά αρχικές εμφάσεις, ελαφρά αναθεωρημένες, εντάχθηκαν στις δύο Οπτικές. Όσα προγράμματα σχεδιάζονται με στόχο την κατανόηση της *δομής των Φ.Ε.*, την *ανάπτυξη επιστημονικών δεξιοτήτων*, την προσέγγιση των Φ.Ε. μέσα από το *σχεδιασμό και τη διεξαγωγή ερευνών* και με βάση την *Ιστορία και τη Φύση των Φ.Ε.* εντάχθηκαν στην Οπτική Ι. Τα προγράμματα που σχεδιάζονται με βάση *καθημερινές καταστάσεις/εφαρμογές των Φ.Ε.,* την ανάπτυξη δεξιοτήτων *λήψης αποφάσεων για τις Φ.Ε. και την Τεχνολογία,* και δεξιοτήτων που θα καθιστούν τους μαθητές ικανούς να *δίνουν ερμηνείες για φαινόμενα που συμβαίνουν γύρω τους* εντάχθηκαν στην Οπτική ΙΙ. Τα σύγχρονα προγράμματα μοιράζονται και τις δύο Οπτικές με τρόπο που να αλληλοσυμπληρώνονται. προγράμματα της Οπτικής Ι παραθέτουν παραδείγματα καταστάσεων ή και πλαισίων στα

οποία οι Φ.Ε. θεωρούνται ότι παίζουν κάποιο ρόλο. Ενώ προγράμματα εντασσόμενα στην Οπτική ΙΙ ξεκινούν από συγκεκριμένα πλαίσια σχετικά με τις Φ.Ε. και στη συνέχεια, φτάνοντας στον πυρήνα των Φ.Ε. βρίσκουν αυτό που τους δίνει νόημα (Pilot & Bulte 2006).
Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση του προσανατολισμού και των ιδιαίτερων στοιχείων δομής των προγραμμάτων σπουδών Χημείας Γυμνασίου και Γενικού Λυκείου.

2. Μεθοδολογία/ Ερευνητικά ερωτήματα

Χρησιμοποιήθηκε μεικτή μεθοδολογία όσον αφορά την επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας που προέκυψαν από ανάλυση περιεχομένου κειμένου (Creswell & Plano Clark 2011). Το δείγμα μας αποτέλεσαν 4 δημοσιευμένα κείμενα: Πρόγραμμα Σπουδών και Οδηγός για τον Εκπαιδευτικό Γυμνασίου και ΓΕΛ Χημείας (ΠΣ-Γ: ΦΕΚ 97, τεύχος Β/20-01-2014, ΠΣ-Λ: ΦΕΚ 183, τεύχος Β/23-01-2015, ΟΔ-Γ και ΟΔ-Λ). Κατά την ανοικτή κωδικοποίηση δόθηκαν σε χαρακτηριστικά των προγραμμάτων κωδικοί και κατά την αξονική κωδικοποίηση αναδείχτηκαν οι σχέσεις μεταξύ αυτών των κωδικών και προέκυψαν οι τελικές κατηγορίες (Miles & Huberman 1994).
Δεδομένα ποσοτικής ανάλυσης αποτέλεσαν τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα τα οποία ταξινομήθηκαν σύμφωνα με τα προτεινόμενα στον Οδηγό για τον Εκπαιδευτικό του Λυκείου.

3. Αποτελέσματα

Ποιοτική ανάλυση δεδομένων

Πως τα προγράμματα σπουδών Χημείας αντιμετωπίζουν τον επιστημονικό γραμματισμό; Και στους δύο οδηγούς για τους εκπαιδευτικούς γίνεται μια ανάλυση διαφόρων προσεγγίσεων του επιστημονικού γραμματισμού η οποία στον οδηγό του Γυμνασίου στηρίζεται σε ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας ενώ σε αυτόν του Λυκείου οι πληροφορίες προέρχονται από την ελληνική βιβλιογραφία. Δεν γίνεται σαφής αναφορά και ανάλυση της Οπτικής των προγραμμάτων σπουδών και των δύο βαθμίδων αλλά μέσα από τους σκοπούς και τους στόχους τους αναδύεται προσανατολισμός προς ένα *επαρκές* και *συνεκτικό σώμα χημικών γνώσεων -εννοιών Χημείας* (Οπτική Ι). Επιπλέον, στο Λύκειο αναφέρεται σαφώς η *ακαδημαϊκή προσέγγιση* της Χημείας. Ενδεικτικές αναφορές: *…μια ολοκληρωμένη και αποτελεσματική προσέγγιση βασικών εισαγωγικών εννοιών της Χημείας…* (ΟΔ-Γ: σελ 4), *…η σύγχρονη εκπαίδευση είναι προσανατολισμένη στην ανάπτυξη του αναγκαίου γνωστικού υποβάθρου…* (ΟΔ-Λ: σελ 6).
Όσον αφορά τα σχετικά με τη Χημεία πλαίσια περιορίζονται στη χρήση τους ως παραδείγματα που θα αναδείξουν τον ρόλο της. Για παράδειγμα: *Οι ορθές και σημαντικές αναφορές στον πολυσχιδή ρόλο της Χημείας στην υγεία, στη διατροφή, στο περιβάλλον*. (ΟΔ-Λ: σελ 6).
Πως τα προγράμματα σπουδών Χημείας αντιμετωπίζουν τη μάθηση που συντελείται μέσα από τη διεξαγωγή μιας διερεύνησης; Και στους δύο οδηγούς αναφέρεται:
Η Χημεία, ως μάθημα, αποτελεί ένα ιδανικό πλαίσιο εφαρμογής της διερευνητικής μεθόδου μάθησης καθώς και πρακτικών, οι οποίες στηρίζονται στην εποικοδομητική κατάκτηση της γνώσης και πλαισιώνονται από κλασικές εργαστηριακές μεθόδους, πειράματα καθημερινής ζωής, από πειράματα με απλά μέσα … (ΟΔ-Γ: σελ 4 και ΟΔ-Λ: σελ 3).
Στη συνέχεια και των δύο κειμένων δεν εξηγείται ο όρος «διερευνητική μέθοδος μάθησης», ούτε υπάρχει κάποια παραπομπή σε βιβλιογραφική πηγή. Αντίθετα, χρησιμοποιούνται διάφοροι όροι οι οποίοι είτε αναφέρονται:
(α) γενικά στη διδασκαλία: *διερευνητική διδασκαλία (μέθοδος διδασκαλίας), ακολουθία διερεύνησης, διερευνητικές στρατηγικές διδασκαλίας, δραστηριότητες βασισμένες σε διερεύνηση*

(στο Γυμνάσιο), *διερευνητική μέθοδος (στη μάθηση και τη διδασκαλία), σχέδιο μαθήματος με διερευνητικό χαρακτήρα* (στο Λύκειο)
(β) ειδικά στην εργαστηριακή διδασκαλία: *εργαστήριο διερεύνησης (εργαστηριακή διερεύνηση)* (στο Γυμνάσιο), *διερευνητικό - ανακαλυπτικό πείραμα, εργαστηριακή διδασκαλία βασισμένη στη διερεύνηση, διερευνητική άσκηση* (στο Λύκειο),
(γ) στην *αναζήτηση-διερεύνηση υλικού και μεθόδων στο διαδίκτυο* (στο Γυμνάσιο) *ή κειμενική διερεύνηση* (σε Γυμνάσιο και Λύκειο) και
(δ) σε γενικότερα πλαίσια: *επιστημονική διερεύνηση* (σε Γυμνάσιο και Λύκειο) ή *διερευνητικό περιβάλλον, διερευνητική προσέγγιση* (στο Λύκειο).
Η χρήση πολλαπλών όρων και στα δύο κείμενα, χωρίς ανάλυσή τους και συγκεκριμένα παραδείγματα εφαρμογής τους, δημιουργεί περισσότερα προβλήματα στους εκπαιδευτικούς, παρά τους βοηθά να προσανατολίσουν τη διδασκαλία τους στη διεξαγωγή διερευνήσεων.
Επίσης, παρά την παραπάνω εισαγωγή για πειράματα καθημερινής ζωής και με απλά μέσα η πλειονότητα των προτεινόμενων εργαστηριακών ασκήσεων είναι κλασικές ασκήσεις και ο ρόλος τους περιορίζεται *στην εξοικείωση των μαθητών με τεχνικές της Χημείας, απόκτηση σχετικών δεξιοτήτων, και συνδεόμενες με τη θεωρία, στην καλύτερη κατανόηση των αναπαριστώμενων φαινομένων* (ΠΣ-Λ).
Πως τα προγράμματα σπουδών Χημείας αντιμετωπίζουν τις ιδέες των μαθητών; Σε όλα τα κείμενα υπάρχουν αρκετές αναφορές στον εποικοδομισμό, όμως στις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις έννοιες της Χημείας και στο ρόλο τους στη μάθηση μόνο στον Οδηγό για τον Εκπαιδευτικό του Γυμνασίου υπάρχει ενότητα η οποία στηρίζεται στη βιβλιογραφία (Garnett et al. 1995) και έχει ενσωματωμένους πίνακες με εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για:

- τη σωματιδιακή φύση της ύλης
- την ισοστάθμιση και ερμηνεία των χημικών εξισώσεων
- τα οξέα και τις βάσεις.

Επίσης υπάρχει και ενότητα για τη διαχείριση των ιδεών των μαθητών κατά τη διδασκαλία.
Αντίθετα, στον Οδηγό για τον Εκπαιδευτικό του Λυκείου υπάρχουν μόνο τρεις αναφορές στις ιδέες των μαθητών. Η πρώτη αφορά στην αξιοποίηση των ερωτήσεων τύπου πλέγματος (grid) για τον προσδιορισμό *των σωστών ιδεών, των παρανοήσεων, των παραλήψεων τόσο καθενός μαθητή χωριστά, όσο και του συνόλου της τάξης*. Η δεύτερη αφορά στην χρήση μιας μεταφοράς ή/και μιας αναλογίας κατά τη διδασκαλία ώστε *να μην δημιουργεί παρανοήσεις και εναλλακτικές ιδέες*... Και τέλος, στην ενότητα «Διπολική ροπή-δίπολα μόρια» αναφέρεται χωρίς την αντίστοιχη βιβλιογραφική παραπομπή μια εναλλακτική ιδέα μαθητών*: Οι μαθητές πιστεύουν πως αν ο δεσμός ενός μορίου είναι πολωμένος τότε κι το μόριο θα είναι πολωμένο.*
Πως τα προγράμματα σπουδών Χημείας συνδέονται με τα αποτελέσματα της έρευνας στη Διδακτική της Χημείας; Στο σύνολο των κειμένων που αναλύθηκαν φαίνεται η ανάγκη για απόδειξη της εγκυρότητας του επιλεγόμενου γνωστικού περιεχομένου και της δομής των προγραμμάτων σπουδών. Χαρακτηριστική είναι η έκφραση από το κείμενο στο Πρόγραμμα Σπουδών του Λυκείου: *Η επιλογή των γνωστικών αντικειμένων και η οργάνωση της ύλης ακολουθεί, κατά το δυνατόν, τα διεθνή πρότυπα (ΠΣ-Λ).*
Τι γίνεται όμως με την πάγια τακτική της εγκυρότητας μέσα από τη σύνδεση του περιεχομένου και της δομής των προγραμμάτων σπουδών με τα δημοσιευμένα αποτελέσματα σχετικών ερευνών. Για τον έλεγχο αυτού του τύπου εγκυρότητας μετρήσαμε τον αριθμό και το είδος των ερευνητικών άρθρων και βιβλίων στα οποία υπάρχουν παραπομπές. Αναδείχθηκαν τρία είδη βιβλιογραφικών πηγών: (α) ερευνητικά άρθρα στο πεδίο της Διδακτικής της Χημείας και των Φυσικών Επιστημών (β) βιβλία Διδακτικής και Παιδαγωγικής και (γ) βιβλία Χημείας. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η κατανομή των παραπομπών που καταγράφηκαν στους Οδηγούς για τον Εκπαιδευτικό και στις δύο βαθμίδες ανά είδος βιβλιογραφικής πηγής.

Πίνακας 1: Κατανομή των βιβλιογραφικών παραπομπών στους Οδηγούς για τον Εκπαιδευτικό

Είδος βιβλιογραφικής πηγής	Οδηγός για τον Εκπαιδευτικό Γυμνασίου	Οδηγός για τον Εκπαιδευτικό Λυκείου
Ερευνητικά άρθρα Διδακτικής της Χημείας και των Φυσικών Επιστημών	36	20
Βιβλία Διδακτικής και Παιδαγωγικής	29	30
Βιβλία Χημείας	-	25

Πέρα από το είδος και το πλήθος των πηγών, ενδιαφέρον παρουσιάζουν άλλα χαρακτηριστικά τους. Τα ερευνητικά άρθρα στα οποία γίνεται παραπομπή έχουν δημοσιευθεί πριν από το 2007 (εκτός 2 περιπτώσεων στο κείμενο του ΟΔ-Γ) και σε διεθνή περιοδικά (εκτός 6 περιπτώσεων: 5 στο κείμενο του ΟΔ-Γ και 1 σε αυτό του ΟΔ-Λ). Παρομοίως, η πλειονότητα των βιβλίων Διδακτικής και Παιδαγωγικής που αναφέρονται έχουν εκδοθεί πριν από το 2007 (εξαιρούνται 4 στον ΟΔ-Γ και 2 στον ΟΔ-Λ). Αντίθετα, είναι σχεδόν μοιρασμένοι οι ελληνικοί ή οι μεταφρασμένοι στην ελληνική γλώσσα τίτλοι που αναφέρονται (12 στον ΟΔ-Γ και 15 στον ΟΔ-Λ) με τους ξενόγλωσσους. Τέλος, η πλειονότητα από τα 25 βιβλία Χημείας στα οποία γίνονται παραπομπές στον Οδηγό για τον Εκπαιδευτικό Λυκείου είναι ελλήνων συγγραφέων ή αποτελούν μεταφράσεις στην ελληνική (20 τίτλοι) και έχουν εκδοθεί πριν από το 2007 (23 βιβλία).

Ποσοτική ανάλυση δεδομένων

Στο σύνολο των 4 κειμένων που αναλύθηκαν φαίνεται μία ευμετάβλητη μετατόπιση από τους διδακτικούς στόχους, δηλαδή την οπτική του διδάσκοντα, στα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα (ΠΜΑ), δηλαδή την οπτική του μαθητή (Harden 2002) καθώς οι δυο όροι χρησιμοποιούνται συχνά αδιάκριτα. Για τη διατύπωση των στόχων προτείνονται από το πρόγραμμα του Λυκείου (ΟΔ-Λ: σελ 5) ρήματα τα οποία εκφράζουν δραστηριότητες που θα πρέπει να εκτελούν οι μαθητές και ταξινομημένα σε επίπεδα γνώσεων-δεξιοτήτων (Πίνακας 2). Δεδομένα ποσοτικής ανάλυσης αποτέλεσαν τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα που αναφέρονται στα Προγράμματα Σπουδών Γυμνασίου και Λυκείου σε κάθε ενότητα περιεχομένου. Ταξινομήθηκαν δε σύμφωνα με τα προτεινόμενα στον Οδηγό του Εκπαιδευτικού Λυκείου και τα ποσοστά ανά τάξη και ανά επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2: Περιγραφικά στατιστικά για προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα ταξινομημένα *σε επίπεδα γνώσεων-δεξιοτήτων*

Τάξη	**Ώρες**	**Επίπεδα Γνώσεων-Δεξιοτήτων**							**Σύνολο**
		Γνώση	**Κατανόηση**	**Εφαρμογή**	**Ανάλυση**	**Σύνθεση**	**Αξιολόγηση**	**Κινητικές δεξιότητες**	
Β Γυμ.	1	48,1%	42,3%	7,7%	15,4%	5,8%	17,3%	1,9%	52
Γ Γυμ.	1	65,4%	16,7%	10,3%	7,7%	1,3%	6,4%	3,8%	78
Α Λυκ.	2	58,3%	36,1%	4,2%	12,5%	4,2%	4,2%	2,8%	72
Β Λυκ.	2	63,8%	21,7%	2,9%	2,9%	2,9%	7,2%	5,8%	69
Γ-Λυκ.	6	60,7%	18,6%	11,0%	4,1%	0,7%	2,8%	6,9%	144

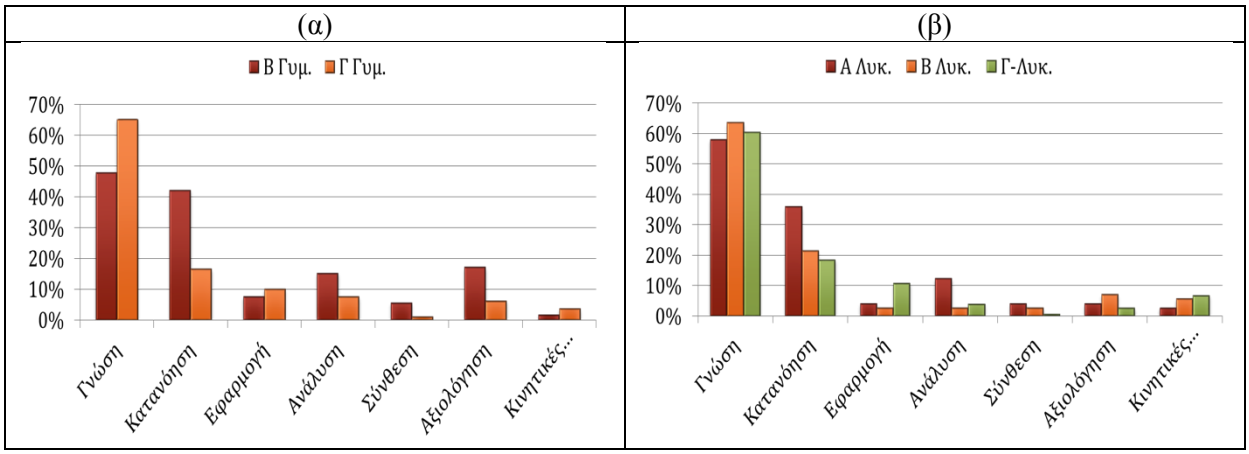
Από τον Πίνακα 2, φαίνεται ότι ένα ποσοστό ΠΜΑ ταξινομείται σε δύο ή περισσότερες ομάδες. Επίσης, πρέπει να αναφέρουμε ότι τα ποσοστά του Πίνακα 2 Δεν αναφέρονται στο σύνολο των ΠΜΑ αλλά σε αυτά που ταξινομήθηκαν με βάση την προτεινόμενη ταξινομία. Υπάρχει ένα ποσοστό αταξινόμητων ΠΜΑ, ακόμα και στα προγράμματα σπουδών του Λυκείου (Πίνακας 3), οι συγγραφείς των οποίων προτείνουν την ταξινόμηση. Ενδιαφέρον, επίσης, παρουσιάζουν τα στοιχεία του Πίνακα 3 που μας δείχνουν τα ΠΜΑ ανά διδακτική ώρα, τα οποία είναι πολύ περισσότερα στο Γυμνάσιο από το Λύκειο.

Πίνακας 3: Σύνολο προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων ανά διδακτική ώρα και ποσοστά ταξινομημένων *σε επίπεδα γνώσεων-δεξιοτήτων*

Τάξη	ΠΜΑ	ΠΜΑ/ώρα	ΠΜΑ ταξινομημένα	Ποσοστό ταξινομημένων ΠΜΑ
Β Γυμνασίου	112	5	52	46,4 %
Γ Γυμνασίου	134	6	78	58,2 %
Α Λυκείου	85	2	72	84,7 %
Β Λυκείου	81	2	69	85,2 %
Γ-Λυκείου	156	1	144	92,3 %

Επιλέγοντας τα ταξινομημένα ΠΜΑ, ακολούθησαν συγκρίσεις των ποσοστών τους με το χ^2 στατιστικό κριτήριο που αναδεικνύουν αρχικά ότι το ποσοστό των προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων της κατηγορίας Αξιολόγηση στο Γυμνάσιο είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερο από αυτό του Λυκείου (χ^2= 6,591 df=1 p<0.05). Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ανά τάξη δείχνουν ότι στην κατηγορία Κατανόηση στοχεύουν τα προγράμματα Β Γυμνασίου (χ^2= 10,426 df=1 p<0.05) και Α Λυκείου (χ^2= 8,329 df=2 p<0.05). Επίσης μόνο για το Λύκειο, στην κατηγορία Ανάλυση στοχεύουν τα προγράμματα κυρίως στην Α τάξη (χ^2= 7,526 df=2 p<0.05), ενώ στην κατηγορία Εφαρμογή στοχεύουν κυρίως στην Γ τάξη (χ^2= 10,426 df=1 p<0.05). Στο Σχήμα 1 απεικονίζονται γραφικά τα ποσοστά των ΠΜΑ ανά τάξη Γυμνασίου (α) και Λυκείου (β).

Σχήμα 1: Διαγραμματική απεικόνιση των προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων ανά τάξεις Γυμνασίου (α) και Λυκείου (β)



4. Συμπεράσματα

Τα πρόσφατα δημοσιευμένα (2014 και 2015) προγράμματα σπουδών Χημείας στο σύνολό τους έχουν ρητό προσανατολισμό προς τη γνώση θεωριών, εννοιών και τεχνικών της Χημείας (Οπτική Ι) αναφέροντας μόνο ως παραδείγματα καταστάσεις και πλαίσια στα οποία η Χημεία παίζει κάποιο ρόλο. Η προσπάθεια να μοιραστούν τις δύο Οπτικές (Ι και ΙΙ) με βάση την ανάλυσή μας και την σχετική βιβλιογραφία (Romine et al. 2017) κρίνεται μη ικανοποιητική.
Χαρακτηριστικό στοιχείο των προγραμμάτων σπουδών αποτελούν οι ασαφείς αναφορές στις διερευνητικές προσεγγίσεις διδασκαλίας (εργαστηριακής ή μη) και τον τρόπο που ενισχύουν αυτές τη μάθηση της Χημείας. Ένα άλλο δομικό στοιχείο με ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποτελεί η διάσταση των προγραμμάτων σπουδών Γυμνασίου και Λυκείου σχετικά με τη σημασία που αποδίδουν στις ιδέες των μαθητών και τη διαχείρισή τους κατά τη διδασκαλία (βασική συνιστώσα του εποικοδομισμού). Ενώ, ο Οδηγός του Εκπαιδευτικού στο Γυμνάσιο παρέχει σοβαρή βοήθεια στους εκπαιδευτικούς σχετικά με τις ιδέες των μαθητών για βασικές έννοιες Χημείας και προτάσεις χειρισμού τους, οι εκπαιδευτικοί του Λυκείου στερούνται ανάλογης βοήθειας από τον αντίστοιχο Οδηγό.
Στο πρόγραμμα σπουδών του Γυμνασίου παρατηρείται μεγάλος αριθμός προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων σε σχέση με το χρόνο που διατίθεται στη διδασκαλία του μαθήματος. Η πλειονότητα, όμως, των προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων και στα προγράμματα σπουδών και των δύο βαθμίδων ταξινομείται στο κατώτερο ιεραρχικά επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων, με μοναδική εξαίρεση των δεξιοτήτων Αξιολόγησης που προσδοκάται να αποκτηθούν από τους μαθητές Γυμνάσιο περισσότερο από ότι στους μαθητές Λυκείου.
Τέλος, το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό στοιχείο των προγραμμάτων σπουδών Χημείας, τα οποία δημοσιεύθηκαν το 2014 και 2015, θεωρούμε ότι είναι η απουσία ενσωμάτωσης των αποτελεσμάτων πρόσφατων ερευνών τόσο στη Διδακτική της Χημείας και των Φυσικών Επιστημών, όσο και της Εκπαιδευτικής Ψυχολογίας και Παιδαγωγικής. Ενώ, οι συγγραφείς χρησιμοποιούν πλήθος παραπομπών σε ερευνητικά άρθρα (κυρίως στο Γυμνάσιο) και βιβλία Διδακτικής, Παιδαγωγικής και Χημείας (στο Λύκειο τα τελευταία) προκειμένου ν προσδώσουν εγκυρότητα στη δομή κι το περιεχόμενο των προγραμμάτων, η συντριπτική πλειονότητα των παραπομπών αφορούν εκδόσεις και δημοσιεύσεις παλαιότερων δεκαετιών. Επομένως, συνυπολογίζοντας όλα τα παραπάνω στοιχεία θα δυσκολευόταν κανείς να τα χαρακτηρίσει ως σύγχρονα.

5. Βιβλιογραφία

Creswell, J.W. & Plano Clark, V.L. (2011). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage Publications, 2011.

Garnett, P. J., Garnett, P. J. & Hackling, M. W. (1995). Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-96.

Harden, R.M. (2002). Learning outcomes and instructional objectives: is there a difference? *Medical Teacher*, 24(2), 151-155.

Miles, M. B., and M. Huberman. (1994). *Qualitative Data Analysis: A Sourcebook of New Methods*. 2d Edition. Beverly Hills, CA: Sage Publications

Pilot, A. & Bulte, A. (2006). The use of 'contexts' as a challenge for the chemistry curriculum: Its successes and the need for further development and understanding. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1087-1112.

Roberts, D.A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In: S.K. Abell and N.G. Lederman (eds.), *Handbook of research on science education* (pp 729-780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Roberts, D.A. (1982). Developing the concept of "curriculum emphases" in science education. *Science Education*, 66 , 243-260.

Romine, W. L., Sadler, T. D. and Kinslow, A. T. (2017). Assessment of scientific literacy: Development and validation of the Quantitative Assessment of Socio-Scientific Reasoning (QuASSR).

Journal of Research in Science Teaching, 54, 274-295.

ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΓΟΝΙΔΙΑΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ: ΤΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΤΗΣ Γ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Ακριβή Χρηστίδου, Πηνελόπη Παπαδοπούλου.
ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.

Περίληψη
Τα Διδακτικά Εγχειρίδια επιτελούν σημαντικό ρόλο στη διδασκαλία των επιστημών. Η μελέτη της απεικόνισης του γονιδίου και της λειτουργίας του μέσα στα σχολικά εγχειρίδια βιολογίας έχει οδηγήσει στην κατηγοριοποίηση σε 5 ιστορικά μοντέλα γονιδιακής λειτουργίας (Μεντελικό, Κλασικό, Βιοχημικό, Νεοκλασικό, Σύγχρονο). Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η απεικόνιση των γονιδιακών μοντέλων στο σχολικό εγχειρίδιο της Γ' Γυμνασίου του ελληνικού σχολείου. Από την ανάλυση του κειμένου ολόκληρου του Δ.Ε. προκύπτει ότι τα μοντέλα για τη γονιδιακή λειτουργία που χρησιμοποιούνται είναι κυρίως υβριδικά, χωρίς ιδιαίτερα παλαιωμένα αλλά ούτε και σύγχρονα στοιχεία.

Abstract
Textbooks play a central role in teaching science. There is a development of some methodologies for the categorization of the depiction of gene function in biology school textbooks into five historical models (Mendelian, Classical, Biochemical, Neoclassical, Modern). The purpose of this study is to explore which gene models are depicted in the biology textbook that is used in upper secondary school in Greece. Using content analysis, we found that hybrid models were pervasive in this textbook. Furthermore, few Mendelian and no modern gene models are included.

1. Εισαγωγή

Ο ρόλος των Διδακτικών Εγχειριδίων (Δ.Ε.) είναι σημαντικός στη διδασκαλία των επιστημών καθώς ασκούν λειτουργίες όπως η μεταβίβαση της γνώσης και η υλοποίηση του αναλυτικού προγράμματος. Αποτελούν υποχρεωτικό υλικό μελέτης και συχνά τη μοναδική έντυπη πηγή για μαθητές/τριες και εκπαιδευτικούς. Οι εκπαιδευτικοί στη συντριπτική πλειονότητα βασίζουν τη διδασκαλία τους αποκλειστικά στα Δ.Ε. και συνεπώς αυτά επηρεάζουν τη μάθηση των εκπαιδευομένων και συνιστούν πιθανή πηγή προβλημάτων στην κατανόηση πολλών γνωστικών περιοχών και προφανώς και της γενετικής (Gericke & Hagberg 2010, Santos et al. 2012).
Με ποικίλες μεθοδολογικές προσεγγίσεις έχουν ομαδοποιηθεί οι έννοιες του γονιδίου και των λειτουργιών του που παρουσιάζονται στα εγχειρίδια σε κατηγορίες αντίστοιχες με τα 5 ιστορικά μοντέλα: Μεντελικό, Κλασικό, Βιοχημικό-Κλασικό, Νεοκλασικό και Σύγχρονο (αναλυτικότερα για τα ιστορικά μοντέλα στην ενότητα της μεθοδολογίας) έτσι όπως έχουν προκύψει από επιστημολογικές αναλύσεις του τρόπου με τον οποίο γινόταν αντιληπτή από τους επιστήμονες η έννοια και η λειτουργία του γονιδίου σε διαφορετικές ιστορικές περιόδους ανάπτυξης της επιστήμης της βιολογίας. (Albuquerque et al. 2008, Foldin 2009). Διάφορες ερευνητικές ομάδες, εφάρμοσαν αυτό το εργαλείο ανάλυσης, σε Δ.Ε. Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, διαφόρων χωρών, για τον προσδιορισμό του είδους των μοντέλων που περιγράφουν τη γονιδιακή λειτουργία, καθώς και τη σχέση τους με τα ιστορικά μοντέλα. Βρέθηκε ότι, τόσο στα Δ.Ε. της Βραζιλίας όσο και της Σουηδίας, το ιστορικό μοντέλο που υπερέχει είναι το Νεοκλασικό, ενώ στα Δ.Ε. των αγγλόφωνων χωρών

εντοπίζεται σε μεγάλο ποσοστό και το Βιοχημικό-Κλασικό μοντέλο. Στα φιλανδικά Δ.Ε. περισσότερο διαδεδομένο είναι το Μεντελικό μοντέλο και λιγότερο συχνό το Σύγχρονο. Παράλληλα, τονίζεται η ταυτόχρονη παρουσία πολλαπλών/υβριδικών μοντέλων. Παρατηρείται δηλαδή μεγάλη εννοιολογική ποικιλότητα στην περιγραφή της έννοιας του γονιδίου και των λειτουργιών του, και μάλιστα τα επιμέρους χαρακτηριστικά δεν ταυτίζονται πλήρως με τα ιστορικά μοντέλα. Ωστόσο, τα μοντέλα που ταυτοποιήθηκαν ως Νεοκλασικά ή Μεντελικά έχουν μεγαλύτερη συνάφεια με τα αντίστοιχα ιστορικά και παρουσιάζουν λιγότερο υβριδισμό με τα υπόλοιπα. Είναι πιθανό, οι μαθητές που εκτίθενται σε αυτό το περιεχόμενο των Δ.Ε. να σχηματίσουν εναλλακτικές αντιλήψεις, όπως για παράδειγμα ότι τα περισσότερα ανθρώπινα χαρακτηριστικά είναι μεντελικά. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η ενσωμάτωση του σύγχρονου γονιδιακού μοντέλου στην ύλη. Για την έλλειψη συνοχής που προκύπτει από την παρουσία πολλαπλών μοντέλων και την αδυναμία των μαθητών να τα ταυτοποιήσουν μέσα στο κείμενο, προτείνεται η ξεκάθαρη εξήγηση ότι οι έννοιες των γονιδίων διαφοροποιούνται ανάλογα με το μοντέλο μέσα στο οποίο χρησιμοποιούνται, που ενδεχομένως είναι διαφορετικά σε κάθε ενότητα. Άλλωστε η εννοιολογική ποικιλότητα από μόνη της δεν αποτελεί πρόβλημα εφόσον είναι χρήσιμο εργαλείο για τους επιστήμονες (Aivelo & Uitto 2015, Gericke & Hagberg 2010, Santos et al. 2012).

Η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται στην υποχρεωτική εκπαίδευση, δηλαδή στις μικρότερες τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, που αφορά την εκπαίδευση όλων των πολιτών. Θα εξεταστεί δηλαδή το πώς σχηματίζονται οι πρώτες αναπαραστάσεις του γονιδίου μέσα στα διδακτικά εγχειρίδια της βιολογίας που αποτελούν βάση για την κατανόηση των πιο σύνθετων γενετικών εννοιών, από τους μαθητές των μεγαλύτερων τάξεων. Έτσι, θα είναι εφικτή η κατανόηση και πρόβλεψη των πιθανών εναλλακτικών αντιλήψεων που σχηματίζονται από τους μαθητές, καθώς και των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν στη μάθηση. Στο ελληνικό πλαίσιο, η αντίστοιχη εκπαιδευτική έρευνα είναι περιορισμένη. Τα αποτελέσματα αναμένεται να προσφέρουν κατευθύνσεις προόδου για αναδιαμόρφωση των Δ.Ε. της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τις ενότητες της γενετικής και βιοτεχνολογίας.

2. Μεθοδολογία /Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της έννοιας του γονιδίου και των λειτουργιών του στα Δ.Ε. της υποχρεωτικής εκπαίδευσης στο ελληνικό πλαίσιο όπου η αντίστοιχη εκπαιδευτική έρευνα είναι εξαιρετικά περιορισμένη. Ο σκοπός της εργασίας μας συγκεκριμενοποιείται στα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

Α) Ποια από τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά των ιστορικών μοντέλων για το γονίδιο εμφανίζονται στο Δ.Ε. Βιολογίας της Γ' Γυμνασίου;

Β) Με ποια συχνότητα εμφανίζονται τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά των ιστορικών μοντέλων για το γονίδιο στο Δ.Ε. Βιολογίας της Γ' Γυμνασίου;

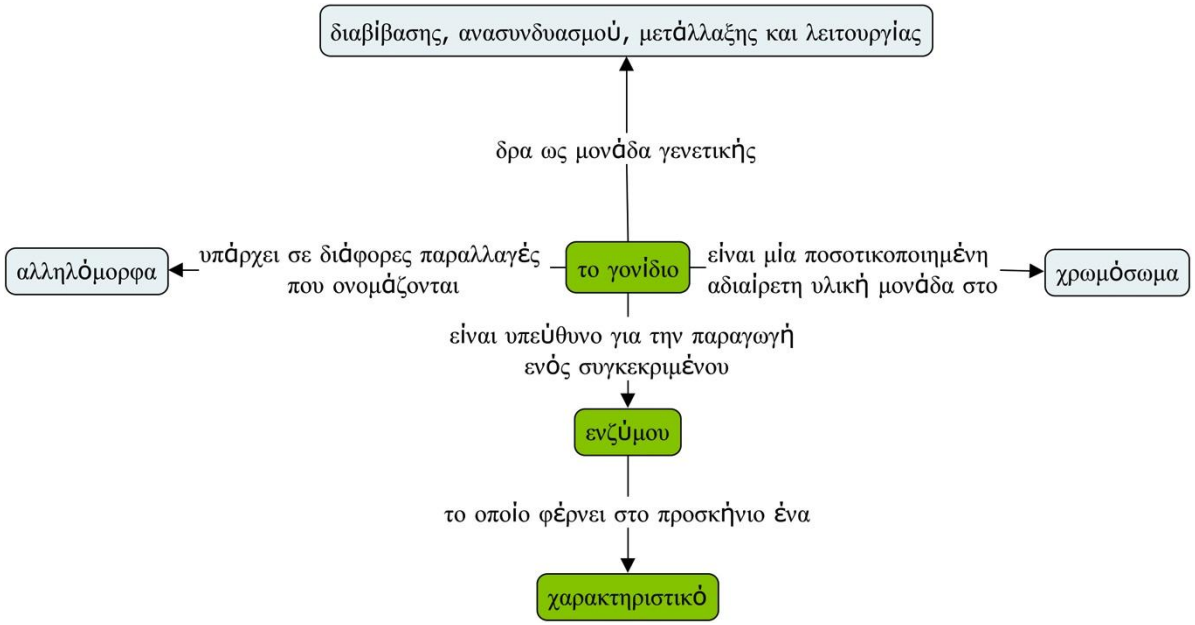
Γ) Κυριαρχεί κάποιο από τα ιστορικά μοντέλα του γονιδίου στο Δ.Ε. Βιολογίας της Γ' Γυμνασίου;

Η έρευνα που παρουσιάζουμε αποτελεί προοίμιο μιας ευρύτερης μελέτης της παρουσίασης του γνωστικού πεδίου της Γενετικής στα σχολικά εγχειρίδια, συγκεκριμένα στα εγχειρίδια Βιολογίας Γυμνασίου, Γενικού και Επαγγελματικού Λυκείου. Στην εργασία αυτή, παρουσιάζουμε ενδεικτικά την ανάλυση του Δ.Ε. της Γ' Γυμνασίου. Ως μονάδα ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν οι ενότητες που συγκροτούν το κάθε κεφάλαιο, με έκταση 2-4 σελίδες κατά μέσο όρο. Η ανάδειξή τους σε μονάδες ανάλυσης οφείλεται στο ότι κάθε μια από αυτές συγκροτεί μια ολοκληρωμένη νοηματική και διδακτική οντότητα. Εξετάστηκαν όλα τα κεφάλαια του βιβλίου, όμως άμεση ή έμμεση αναφορά στην έννοια του γονιδίου εντοπίστηκε σε 5 από 7 κεφάλαια συνολικά, συγκεκριμένα: «[1] Οργάνωση της ζωής-βιολογικά συστήματα», «[5] Διατήρηση και συνέχεια της ζωής», «[6] Γενετική μηχανική και

βιοτεχνολογία» και «[7] Εξέλιξη», ενώ απουσίαζε από την ενότητα §5.4 Κυτταρική διαίρεση. Ωστόσο, το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών προβλέπει τη διδασκαλία μόνο των κεφαλαίων 1, 5 και 7, στους μαθητές της Γ' Γυμνασίου. Πρέπει να σημειωθεί ότι πραγματοποιήθηκε ανάλυση κειμένου, ενώ δεν αναλύθηκαν οι εικόνες.

Η ανάλυση περιεχομένου έγινε με την χρήση προκαθορισμένων κατηγοριών και συγκεκριμένα βασίζεται στα 5 ιστορικά μοντέλα που περιγράφουν τη γονιδιακή λειτουργία (Gericke & Hagberg 2007). 1) Μεντελικό μοντέλο, το γονίδιο αναφέρεται κυρίως ως χαρακτηριστικό ή αλληλόμορφο, που εντοπίζεται σε ορισμένο γενετικό τόπο και χρησιμοποιείται στη Μεντελική γενετική. 2) Κλασικό μοντέλο, το γονίδιο αποτελεί πληροφορία, είναι συνώνυμο της νουκλεοτιδικής ακολουθίας, παρέχει οδηγίες, εκφράζεται και ρυθμίζεται, και απαντάται στη μοριακή βιολογία. 3) Βιοχημικό-κλασικό μοντέλο, το γονίδιο παρουσιάζεται ως παράγοντας ή DNA που αλληλεπιδρά, διπλασιάζεται και μετατοπίζεται, στο πεδίο της γενωμικής (Σχήμα 1). 4) Στο Νεοκλασικό μοντέλο, ως ρυθμιστής, το DNA ελέγχει και κατευθύνει την έκφραση στην αναπτυξιακή βιολογία. 5) Στο Σύγχρονο μοντέλο, το γονίδιο ή αλληλόμορφο χρησιμοποιείται ως δείκτης που εμφανίζεται σε ορισμένες συχνότητες, μπορεί να είναι σταθερό ή να προστίθεται, συναντάται στη γενετική πληθυσμών. Η ταυτοποίηση των μοντέλων και η αναπαράσταση τους με τη βοήθεια εννοιολογικών χαρτών (Ε.Χ.) έγινε από τους Gericke και Hagberg (2010).

Σχήμα 1: Παράδειγμα αναπαράστασης του Βιοχημικού-Κλασικού Μοντέλου της γονιδιακής λειτουργίας με εννοιολογικό χάρτη (Gericke & Hagberg 2010).



Αφού έγινε η αποσύνθεση του κειμένου σε 11 μονάδες ανάλυσης, ακολούθησε η κατασκευή εννοιολογικών χαρτών για κάθε μονάδα ανάλυσης με στόχο την αναπαράσταση και συμπύκνωση του υλικού, την εξοικείωση μαζί του και τη σύγκριση με τα ιστορικά μοντέλα. Επειδή όμως οι Ε.Χ. δεν ποσοτικοποιούνται εύκολα, προχωρήσαμε με βάση τον κάθε χάρτη στην ανάλυση του κειμένου. Για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, η ανάλυση περιεχομένου πραγματοποιήθηκε ανεξάρτητα από 2 ερευνήτριες, οι οποίες σε περίπτωση διαφωνίας συζητούσαν μέχρι να καταλήξουν σε συμφωνία.

Η ανάλυση του κειμένου πραγματοποιήθηκε γύρω από τους θεματικούς άξονες που ορίζουν τα ιστορικά μοντέλα του γονιδίου και βασίστηκε στις προκαθορισμένες κατηγορίες επιστημολογικών χαρακτηριστικών όπως καθορίστηκαν από τον Gericke και τους συνεργάτες του, με προσθήκες του Santos και των συνεργατών του, ενώ ορισμένες προέκυψαν από τη

δική μας ανάλυση (Πίνακας 1). Το κάθε χαρακτηριστικό αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο ιστορικό μοντέλο, ενώ επιπλέον, έχουν προσδιοριστεί και μη ιστορικά επιστημολογικά χαρακτηριστικά, δηλαδή εκείνα που δεν αντιστοιχούν σε κάποιο από τα ιστορικά μοντέλα, και χαρακτηρίζονται ως αταξινόμητα (Πίνακας 2). Εξαιρέθηκε από την ανάλυση μας η κατηγορία 5 που αφορά την ανάλυση εικόνων.

Πίνακας 1: Περιγραφή των επιστημολογικών χαρακτηριστικών-μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν στην κατηγοριοποίηση των διδακτικών εγχειριδίων (Gericke & Hagberg, 2010).

Επιστημολογικό χαρακτηριστικό	Εξήγηση
1	**Η σχέση δομής και λειτουργίας του γονιδίου.**
1a	Το γονίδιο είναι μια αφηρημένη οντότητα και δεν έχει δομή.
1b	Το γονίδιο είναι ένα σωματίδιο πάνω στο χρωμόσωμα.
1c	Το γονίδιο είναι ένα τμήμα DNA.
1cx	***Το γονίδιο και οι λειτουργίες του σχετίζονται με το DNA.***
1d	Το γονίδιο αποτελείται από ένα ή περισσότερα DNA τμήματα με διάφορους σκοπούς.
1e	*Το γονίδιο είναι φορέας και/ή μονάδα πληροφορίας (Santos et al., 2012).*
2I	**Η σχέση μεταξύ οργανωτικού επιπέδου και καθορισμού της γονιδιακής λειτουργίας.**
2Ia	Το μοντέλο έχει οντότητες στο μάκρο- και συμβολικό επίπεδο.
2Ib	Το μοντέλο έχει οντότητες στο μάκρο- και κυτταρικό επίπεδο.
2Ibx	*Το μοντέλο έχει οντότητες στο μάρκο-, κυτταρικό- και μοριακό επίπεδο.*
2Ic	Το μοντέλο έχει οντότητες στο μοριακό επίπεδο.
2Icx	*Το μοντέλο έχει οντότητες στο κυτταρικό- και μοριακό επίπεδο.*
2Icy	*Το μοντέλο έχει οντότητες στο φαινοτυπικό και στο μοριακό επίπεδο (Santos et al., 2012).*
2II	**Η σχέση μεταξύ οργανωτικού επιπέδου και καθορισμού της γονιδιακής λειτουργίας.**
2IIa	Η αντιστοιχία μεταξύ ενός γονιδίου και μιας γονιδιακής λειτουργίας είναι ένα-προς-ένα.
2IIb	Η αντιστοιχία μεταξύ ενός γονιδίου και μιας γονιδιακής λειτουργίας είναι πολλά-προς-πολλά.
3	**Η «πραγματική» προσέγγιση στον καθορισμό της γονιδιακής λειτουργίας.**
3a	Η λειτουργία του γονιδίου ορίζεται από πάνω προς τα κάτω. (top-down)
3b	Η λειτουργία του γονιδίου ορίζεται από κάτω προς τα πάνω. (bottom-up)
3c	Η λειτουργία του γονιδίου ορίζεται μέσω μιας διαδικασίας.
4	**Η σχέση μεταξύ γενοτύπου και φαινοτύπου.**
4a	Δεν υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ γενοτύπου και φαινοτύπου.
4b	Υπάρχει διαχωρισμός, χωρίς επεξήγηση, μεταξύ γενοτύπου και φαινοτύπου.
4c	Υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ γενοτύπου και φαινοτύπου με ένα ένζυμο ως διαμεσολαβητή.
4d	Υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ γονοτύπου και φαινοτύπου, που εξηγείται με βιοχημικές διαδικασίες.
4e	***Υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ γενοτύπου και φαινοτύπου, με χρωμοσωμική εξήγηση.***
5	**Οι ιδεαλιστικές έναντι των νατουραλιστικών σχέσεις στα μοντέλα.**

6	**Το πρόβλημα της επαγωγικής ερμηνείας.**
6a	Υπάρχει επαγωγική ερμηνεία από το μακρο- επίπεδο στο συμβολικό επίπεδο.
6b	Υπάρχει επαγωγική ερμηνεία από το μακρο- επίπεδο στο κυτταρικό επίπεδο.
6bx	*Υπάρχει επαγωγική ερμηνεία από το μακρο- επίπεδο στο μοριακό επίπεδο.*
6c	Δεν υπάρχει επαγωγική ερμηνεία.
7	**Η σχέση μεταξύ περιβαλλοντικών και γενετικών παραγόντων.**
7a	Δε συμπεριλαμβάνονται περιβαλλοντικά στοιχεία.
7ax	*Περιβαλλοντικά και γενετικά στοιχεία οδηγούν σε ένα γνώρισμα / προϊόν / λειτουργία.*
7b	Περιβαλλοντικά στοιχεία υπονοούνται από το αναπτυξιακό σύστημα.
7c	Περιβαλλοντικά στοιχεία εμφανίζονται ως μέρος μιας διαδικασίας.

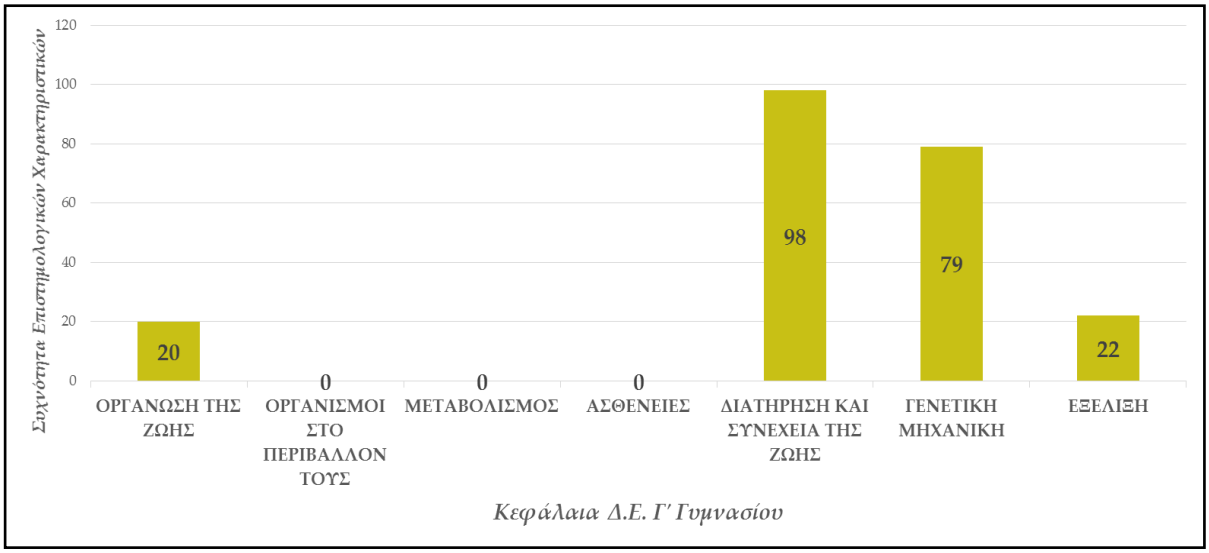
Πίνακας 2: Τα μοντέλα γονιδιακής λειτουργίας και τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά τους σύμφωνα με τους Gericke, 2008 και Gericke & Hagberg, 2007 (Santos et al., 2012).

Μοντέλα γονιδιακής λειτουργίας	Επιστημολογικά χαρακτηριστικά-μεταβλητές								
	1	**2I**	**2II**	**3**	**4**	**5I**	**5II**	**6**	**7**
Μεντελικό Μοντέλο	1a	2Ia	2IIa	3a	4a	5Ia	5IIa	6a	7a
Κλασικό Μοντέλο	1b	2Ib	2IIb	3a	4b και ***4e***	5Ia	5IIa	6b	7a
Βιοχημικό-κλασικό Μοντέλο	1b	2Ib	2IIa και 2IIb	3a και 3b	4c	5Ia	5IIa	6b	7a
Νεοκλασικό Μοντέλο	1c, ***1cx*** και 1e	2Ic	2IIa	3b	4d	5Ib	5IIa	6c	7b
Σύγχρονο Μοντέλο	1d	2Ic	2IIa	3c	4d	5Ib	5IIb	6c	7c
Αταξινόμητα χαρακτηριστικά		*2Ibx,2Icx και 2Icy*						*6bx*	*7ax*

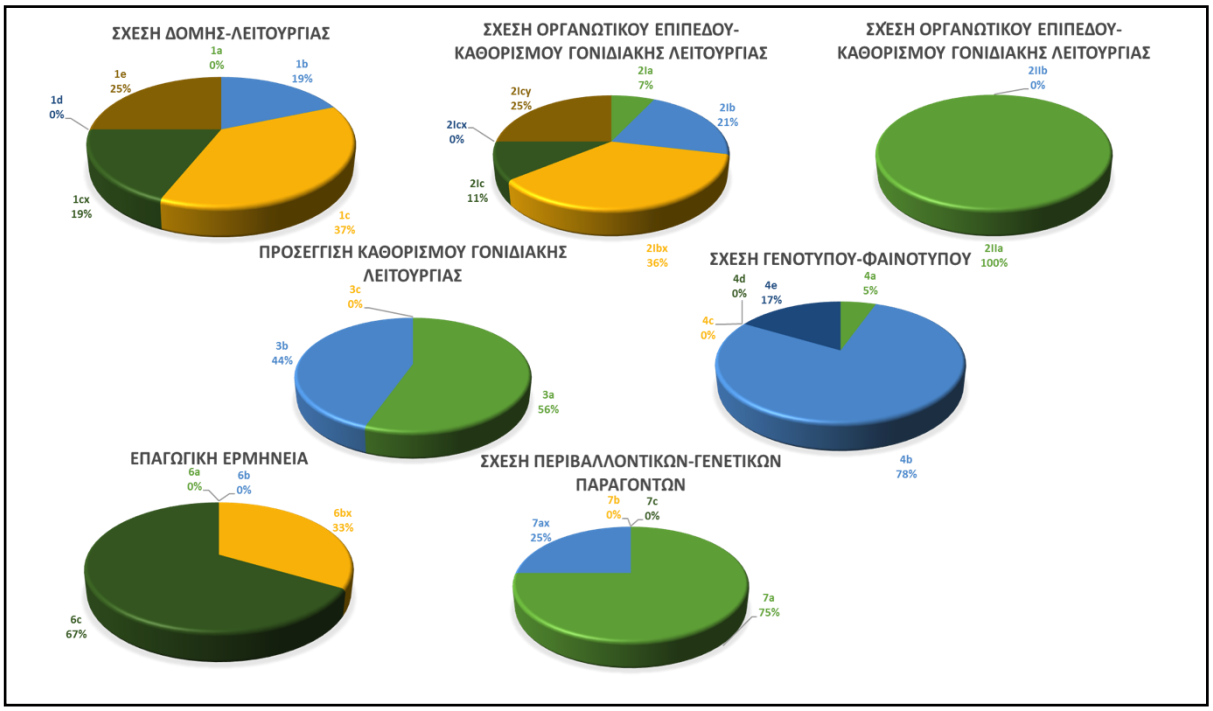
3. Αποτελέσματα

Από την ανάλυση του κειμένου, συνολικά σε ολόκληρο το βιβλίο, βρέθηκαν 219 από τα επιμέρους επιστημολογικά χαρακτηριστικά. Οι περισσότερες μονάδες πληροφορίας και κατ' επέκταση τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά προέρχονται κυρίως από τα κεφάλαια 5 «Διατήρηση και συνέχεια της ζωής» και 6 «Γενετική μηχανική και βιοτεχνολογία» (Σχήμα 2) και φαίνεται ότι ορισμένα εμφανίζονται σε υψηλό ποσοστό, ενώ άλλα απουσιάζουν (Σχήμα 3).

Σχήμα 2: Επιστημολογικά Χαρακτηριστικά ανά Κεφάλαιο



Σχήμα 3: Ποσοστό εμφάνισης των επιστημολογικών χαρακτηριστικών



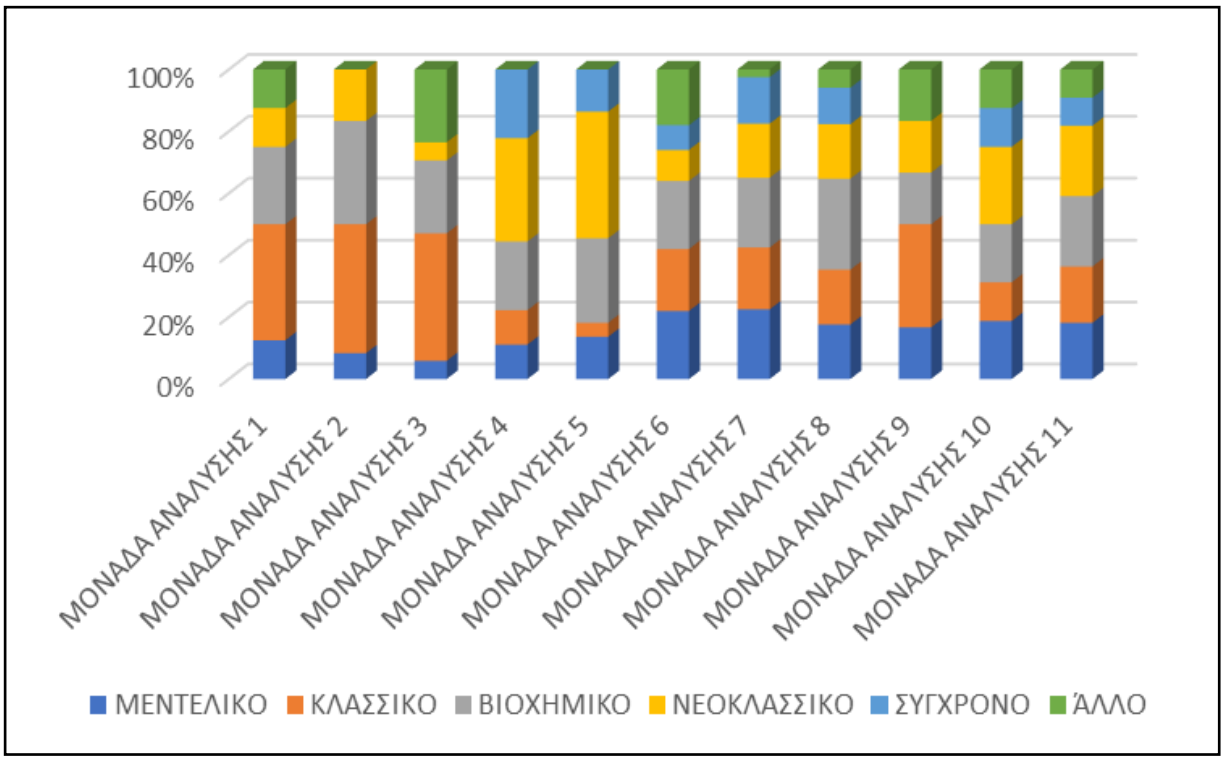
Στη συνέχεια, για κάθε μία από τις 11 μονάδες ανάλυσης, υπολογίστηκε το ποσοστό εμφάνισης των ιστορικών μοντέλων (Σχήμα 4). Το γεγονός ότι ανά μονάδα ανάλυσης υπάρχουν ταυτόχρονα επιστημολογικά χαρακτηριστικά που αντιστοιχούν σε διαφορετικά ιστορικά μοντέλα, παραπέμπει σε υβριδισμό. Λίγα είναι τα στοιχεία του Μεντελικού μοντέλου που εντοπίζονται, όπως ότι η λειτουργία του γονιδίου ορίζεται από το φαινομενολογικό επίπεδο (π.χ. λευκά μαλλιά-δέρμα οφείλονται σε γονιδιακή μετάλλαξη, καστανό χρώμα ματιών συνδέεται με επικρατές αλληλόμορφο). Τα στοιχεία που φαίνεται να υπερέχουν είναι τα κοινά στοιχεία του Κλασικού και Βιοχημικού μοντέλου. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι το γονίδιο, που εμφανίζεται ως αλληλόμορφο, βρίσκεται στα χρωμοσώματα

και άρα αποτελεί οντότητα η οποία παρουσιάζεται ως μονάδα που κληρονομείται, λειτουργεί και μεταλλάσσεται. Επίσης, μπορεί το γονίδιο να ορίζεται από το χαρακτηριστικό (π.χ. μορφή λοβού αυτιών) (top-down), και η γονιδιακή μετάλλαξη να επιδρά στην παραγωγή του πολυπεπτιδίου της μελανίνης (buttom-up), όπως στο Βιοχημικό μοντέλο. Αυτή η αναγωγή στο μοριακό επίπεδο παραπέμπει στο Νεοκλασικό μοντέλο. Άλλες παραπομπές στο Κλασικό και Βιοχημικό μοντέλο γίνονται με την επεξήγηση του φαινομενολογικού επιπέδου από το κυτταρικό επίπεδο, για παράδειγμα τα γαλάζια μάτια συνδέονται με ομόζυγα άτομα για το υπολειπόμενο αλληλόμορφο. Ωστόσο, ο περιβαλλοντικός παράγοντας αναφέρεται ρητά μόνο για την επίδραση του στα επίκτητα χαρακτηριστικά.

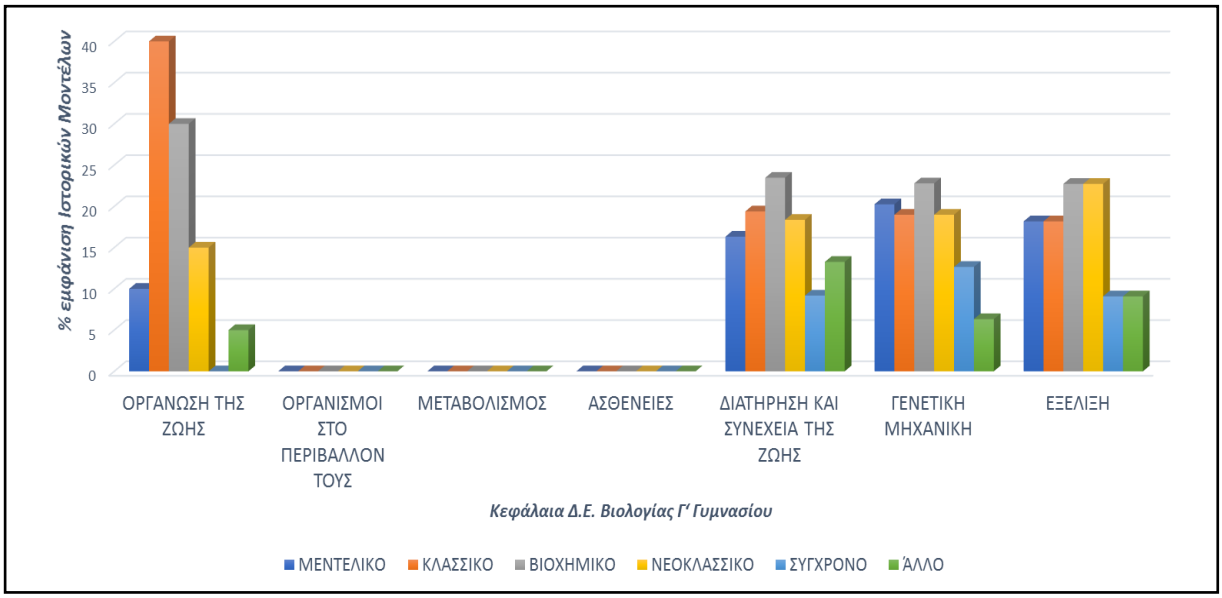
Η ομαδοποίηση των αποτελεσμάτων ανά κεφάλαιο (Σχήμα 5) δείχνει ότι στο 1ο κεφάλαιο, που υπάρχουν έμμεσες αναφορές στην έννοια του γονιδίου, τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά ανήκουν σε 4 μοντέλα, με κυρίαρχο το Κλασικό, ενώ είναι πλήρης η απουσία του Σύγχρονου μοντέλου. Στα κεφάλαια της Οικολογίας, του Μεταβολισμού και των Ασθενειών δεν εντοπίζονται γονιδιακές έννοιες. Παρατηρείται ότι στα κεφάλαια της Κληρονομικότητας και της Βιοτεχνολογίας, που υπάρχουν άμεσες αναφορές στην έννοια του γονιδίου, κυριαρχεί το Βιοχημικό μοντέλο, καταγράφεται όμως και η ταυτόχρονη παρουσία των υπόλοιπων ιστορικών μοντέλων, με το Μεντελικό, το Κλασικό και το Νεοκλασικό περίπου στα ίδια ποσοστά (~20%). Λιγότερο συχνό εμφανίζεται το Σύγχρονο Μοντέλο. Ενώ εντοπίζονται αρκετά αταξινόμητα χαρακτηριστικά στο κεφάλαιο της Κληρονομικότητας. Όσο αφορά το κεφάλαιο της Εξέλιξης, κυριαρχούν εξίσου το Βιοχημικό και το Νεοκλασικό μοντέλο.

Συνοπτικά, τα ευρήματα αυτής της εργασίας παρουσιάζονται στο Σχήμα 6 όπου παρατηρείται η ισορροπημένη παρουσία όλων των μοντέλων με υστέρηση του Σύγχρονου μοντέλου.

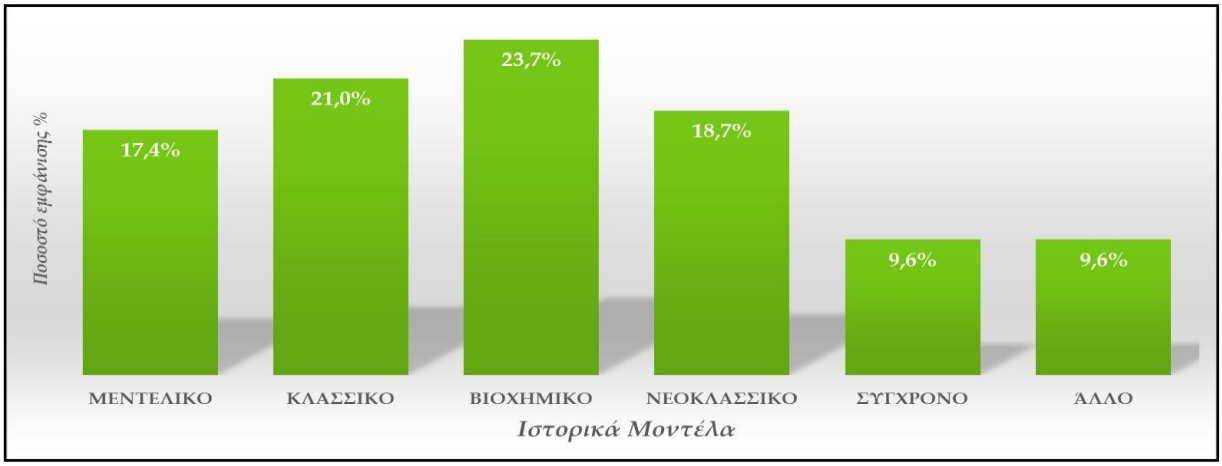
Σχήμα 4: Ιστορικά Μοντέλα ανά Μονάδα Ανάλυσης



Σχήμα 5: Ιστορικά Μοντέλα ανά Κεφάλαιο



Σχήμα 6: Ποσοστό εμφάνισης Ιστορικών Μοντέλων στο σύνολο του βιβλίου



4. Συμπεράσματα

Τα παραπάνω αποτελέσματα είναι συγκρίσιμα με τη διεθνή βιβλιογραφία. Στο Δ.Ε. βιολογίας της Γ' Γυμνασίου που αποτέλεσε το αντικείμενο μελέτης αυτής της εργασίας, τα μοντέλα για τη γονιδιακή λειτουργία είναι κυρίως υβριδικά, εύρημα που επιβεβαιώνει τα αντίστοιχα που καταγράφονται στη διεθνή βιβλιογραφία (Aivelo & Uitto 2015, Gericke & Hagberg 2010, Santos et al. 2012), ενώ αντίθετα δε φαίνεται να κυριαρχούν παλαιωμένα στοιχεία του Μεντελικού μοντέλου, αντιστοίχως με τους Gericke & Hagberg (2010) και Santos et al. (2012). Διαπιστώνεται μεγάλη εννοιολογική ποικιλότητα στην περιγραφή της γονιδιακής λειτουργίας, τα μοντέλα συνήθως δεν ταυτίζονται απολύτως με τα ιστορικά αλλά περιπλέκονται και δημιουργούν μοντέλα-υβρίδια με αποτέλεσμα την έλλειψη εννοιολογικής συνοχής (π.χ. κλασικό με βιοχημικό). Επιπλέον, δεν παρουσιάζεται με σαφήνεια ότι το Δ.Ε.

περιλαμβάνει πολλαπλά μοντέλα με συνέπεια να αποτελεί πιθανή πηγή εναλλακτικών αντιλήψεων από τους μαθητές για τη φύση /ρόλο των γονιδίων (π.χ. τα περισσότερα ανθρώπινα χαρακτηριστικά είναι μεντελικά) και να ενισχύονται έμμεσα οι ντετερμινιστικές αντιλήψεις. Προτείνεται η αξιοποίηση του σύγχρονου μοντέλου στην ύλη των Δ.Ε. καθώς και η ξεκάθαρη επεξήγηση της διαφοροποίησης της έννοιας του γονιδίου και των λειτουργιών του ανάλογα με το ιστορικό μοντέλο (ή μοντέλο/υβρίδιο) που χρησιμοποιείται για τους σκοπούς της παρουσίασης της εκάστοτε θεματικής ενότητας των Δ.Ε. βιολογίας.

5. Βιβλιογραφία

Aivelo, T. & Uitto, A. (2015). Genetic determinism in the Finnish upper secondary school biology textbooks. *Nordic Studies in Science Education*, *11*(2), 139-152.

Albuquerque, P. M., de Almeida, A. M. R., El-Hani, N. C. (2008). Gene Concepts in Higher Education Cell and Molecular Biology Textbooks. *Science Education International*, 19(2), 219-234.

Flodin, V. S. (2009). The necessity of making visible concepts with multiple meanings in science education: The use of the gene concept in a biology textbook. *Science and Education*, *18*(1), 73-94.

Gericke, N. M. & Hagberg, M. (2010). Conceptual incoherence as a result of the use of multiple historical models in school textbooks. *Research in Science Education*, *40*(4), 605-623.

Gericke, N. M. & Hagberg, M. (2007). Definition of historical models of gene function and their relation to students' understanding of genetics. *Science and Education 16*, 849-881.

Santos, V. C., Joaquim, L. M. & El-Hani, C. N. (2012). Hybrid Deterministic Views about Genes in Biology Textbooks: A Key Problem in Genetics Teaching. *Science and Education*, *21*(4), 543-578.

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΛΙΤΕΙΟΤΗΤΑ: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Κωνσταντίνα Στεφανίδου
Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη
Παρόλο που η διδασκαλία και μάθηση της Φύσης της Επιστήμης είναι πλέον διεθνώς αποδεκτός στόχος της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, πλευρές του επιστημονικού εχγειρήματος που σχετίζονται με την πολιτειότητα, όπως η κοινωνική ευθύνη του επιστήμονα και η συλλογική συνείδηση που οφείλει να έχει μπροστά στις μεγάλες προκλήσεις της εποχής του, η σχέση της επιστήμης με το κοινωνικό και οικονομικό της πλαίσιο καθώς και με τα ενδεχόμενα συμφέροντα δεν έχουν αναδειχθεί επαρκώς. Στην εργασία αυτή συζητείται η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στην εξοικείωση των μαθητών της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με τις παραπάνω πτυχές του επιστημονικού εγχειρήματος.

Abstract
While teaching and learning about Nature of Science is now internationally accepted as an educational goal, there are aspects of the scientific endeavor, such as the scientists' social responsibility, collective consciousness and the social and economic authority over science that are not sufficiently emphasized. In this paper it is proposed that History and Philosophy of Science has a role to play in enhancing high school students' understanding of the particular aspects of scientific endeavor, through the study of relevant historical episodes.

1. Εισαγωγή

Η Φύση της Επιστήμης (ΦτΕ) αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του επιστημονικού γραμματισμού, και απασχολεί τόσο ερευνητές όσο και φορείς χάραξης εκπαιδευτικής πολιτικής. Η κατανόηση του επιστημονικού εγχειρήματος από την πλευρά των μαθητών και των εκπαιδευτικών έχει απασχολήσει την κοινότητα (Akerson et al 2000, Khishfe 2008, Stefanidou & Skordoulis 2014) και μεταξύ των προτάσεων υπερισχύουν οι άμεσες προσεγγίσεις με δυνατότητα αναστοχασμού (Lukas & Roth 1996). Οι πλευρές, ωστόσο, του επιστημονικού εγχειρήματος που σχετίζονται με την σχέση επιστήμης και κοινωνίας έχουν απασχολήσει λιγότερο την έρευνα από άλλες πλευρές (Hodson 2009). Επιπλέον, όψεις της ΦτΕ όπως είναι η ένδειξη, το πείραμα, η επιβεβαίωση γίνονται ευκολότερα κατανοητές από τους μαθητές απ' ότι οι κοινωνικοί και πολιτικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιστημονική έρευνα (Moss et al 2001). Τα αποτελέσματα της έρευνας του Tairab (2001) σύμφωνα με την οποία δάσκαλοι φυσικών επιστημών θεωρούν ότι η επιστήμη αναπτύσσεται σε κοινωνικό-πολιτισμικό «κενό» επιβεβαιώνουν ότι και οι δάσκαλοι δεν είναι ιδιαίτερα ενημερωμένοι σχετικά με την αλληλεπίδραση της επιστήμης με την κοινωνία και την πολιτική.

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΦΕ) στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, με τη χρήση ιστορικών επεισοδίων, στην εμβάθυνση σε πλευρές του επιστημονικού εγχειρήματος που σχετίζονται με την κοινωνία και την πολιτική. Σε μια τέτοια κατεύθυνση ο επιστημονικός γραμματισμός νοείται ως μια συλλογική και όχι ατομική υπόθεση έτσι ώστε να μπορεί να συμβάλλει στην συμμετοχή στην πολιτική ζωή της κοινότητας στην οποία ανήκει το άτομο (Roth 2004).

2. Φυσικές Επιστήμες για τη Πολιτειότητα

Με τον όρο εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) για την πολιτειότητα αναφερόμαστε στην «εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες που επιδιώκει να προετοιμάσει τους μαθητές για ενεργή, ενημερωμένη, κριτική και υπεύθυνη εμπλοκή σε καταστάσεις όπου η εμβάθυνση σε συγκεκριμένες πλευρές της επιστήμης μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα της συμμετοχής τους σε αυτές» (Kolsto 2001). Κάτι τέτοιο προϋποθέτει αποδοχή και επίτευξη των στόχων περί επιστημονικού γραμματισμού. Το ζήτημα είναι βέβαια με ποιο τρόπο οι έννοιες και οι επιμέρους στόχοι του επιστημονικού γραμματισμού διατρέχουν την εκπαιδευτική πράξη.
Η κοινωνική ευαισθησία και ετοιμότητα για δράση των μαθητών αυξάνεται σημαντικά μέσα από την συστηματική ενασχόληση με τα κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα, ζητήματα δηλαδή που σχετίζονται με την επιστήμη και την κοινωνία. Οι μαθητές που έρχονται αντιμέτωποι με ζητήματα – διλήμματα της καθημερινότητας είναι πιο προετοιμασμένοι να συμμετέχουν σε διαδικασίες λήψης απόφασης, σε σχέση με αυτούς που αντιμετωπίζουν την επιστήμη μόνο ως τελικό προϊόν. Η επιστήμη για την εκπαίδευση του πολίτη σχετίζεται περισσότερο με τις επιστημονικές διαδικασίες και τις αξίες της επιστήμης και λιγότερο με τις επιστημονικές έννοιες.
Οι νεαροί πολίτες – μαθητές θα πρέπει να διδάσκονται πώς να σκέφτονται κριτικά προκειμένου να παίρνουν αποφάσεις σε σημαντικά ζητήματα όπως: Ποια είναι τα εμπλεκόμενα συμφέροντα στη χρήση της πυρηνικής ενέργειας; Ποια είναι τα προτερήματα και μειονεκτήματα στο ευρύ κοινό από την κατανάλωση γενετικά τροποποιημένων προϊόντων και ποια είναι τα αντίστοιχα αντικρουόμενα συμφέροντα των επιχειρήσεων που προωθούν τα προιόντα αυτά; Ποιος χρηματοδοτεί την έρευνα και γιατί; Στόχος των ΦΕ για την πολιτειότητα είναι η δράση για την αντιμετώπιση ζητημάτων που θίγουν το συμφέρον του κοινωνικού συνόλου, όπως για παράδειγμα η εγκατάσταση μιας κεραίας κινητής τηλεφωνίας σε κατοικημένη περιοχή.
Ένα επιπλέον στοιχείο της εκπαίδευσης στις ΦΕ για την πολιτειότητα είναι ότι η επιστήμη πρέπει να είναι προσβάσιμη σε όλους τους μαθητές. Παρόλο που η επιστημονική κοινότητα έχει επενδύσει αρκετές δεκαετίες έρευνας στον επιστημονικό γραμματισμό, φαίνεται ότι οι τάξεις φυσικών επιστημών συνεχίζουν να αποτελούν ένα μέσο με το οποίο οι μαθητές ωθούνται στον κόσμο των επιστημόνων παρά ένα μέσο με το οποίο θα χειριστούν και θα βελτιώσουν τον δικό τους πραγματικό κόσμο (Fourez 1997). Έχοντας από καιρό κάνει τη διαπίστωση ότι οι εκπαιδευτικές ανάγκες διαφόρων πληθυσμιακών ομάδων μαθητών συστηματικά δεν ικανοποιούνται, ωθώντας στην ουσία τους μαθητές αυτούς στο περιθώριο της επιστήμης (Eisenhart, Finkel and Marion 1996) στρεφόμαστε στην προσαρμογή των τάξεων φυσικών επιστημών ώστε να έχουν όλοι οι μαθητές πρόσβαση στην επιστημονική γνώση. Η αρχή αυτή συμβάλλει σε μια πιο δίκαιη κατανομή της γνώσης και των αποφάσεων που λαμβάνονται αποτελώντας κάποιου τύπου αντίδοτο στα «κατεστημένα συμφέροντα» τα οποία συχνά απειλούν τη κοινωνία (Roth & Lee 2004). Οι μαθητές που ανήκουν σε ευάλωτες κοινωνικά ομάδες, λόγω φυλετικών ή κοινωνικών διακρίσεων, ως μελλοντικοί πολίτες, είναι αυτοί που πρέπει να έχουν τη γνώση, τη δύναμη και την ετοιμότητα να βελτιώσουν την κοινωνία. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα της Δευτεροβάθμιας

Εκπαίδευσης η εύρεση μεθόδων ενίσχυσης του επιστημονικού γραμματισμού των ομάδων αυτών, με παρεμβάσεις εντός και εκτός σχολικής τάξης.

3. Ιστορία και Φιλοσοφία Φυσικών Επιστημών για την Πολιτειότητα

Σε ότι αφορά την ΙΦΦΕ, αυτή έχει προταθεί για περισσότερες από δύο δεκαετίες ως κατάλληλο πλαίσιο κατανόησης όψεων της ΦτΕ (Allchin 2013, Irwin 2000, Klopfer 1969), όχι υπό την έννοια ότι οι δύο όροι, ΙΦΦΕ και ΦτΕ ταυτίζονται, αλλά ότι η ΙΦΦΕ αποκαλύπτει κάποια χαρακτηριστικά της ΦτΕ, η οποία με τη σειρά της είναι αναπόσπαστη συνιστώσα του επιστημονικού εγχειρήματος. Ήδη από το 1969, ο Klopfer έγραφε ότι η ιστορία της επιστήμης έχει τη δυναμική να συνεισφέρει στην εμβάθυνση στις διαδικαστικές και εννοιολογικές όψεις της επιστήμης καθώς και σε ό,τι έχει να κάνει με το πλαίσιο ανάπτυξής της (Klopfer 1969). Στο ίδιο πνεύμα, ο Kolsto υποστηρίζει ότι η χρήση ιστορικών μελετών περίπτωσης δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να έρθουν σε επαφή με την επιστήμη «εν τω γεννάσθαι» (Kolsto 2008). Η ιστορία της επιστήμης περιέχει ηθικές πλευρές, όπως κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα. Οι πλευρές αυτές ποικίλουν από την ανάγκη για ειλικρίνεια και την αποκάλυψη των παραγόντων χρηματοδότησης, μέχρι το ρόλο των επιστημονικών και μη επιστημονικών ζητημάτων στην επιστημονική έρευνα (Kolsto 2008). Σύμφωνα με το Hodson, η ΙΦΦΕ παρέχει ένα γόνιμο έδαφος για τους μαθητές να αντιληφθούν πώς η επιστημονική έρευνα επηρεάζεται από το κυρίαρχο κοινωνικο-πολιτισμικό και οικονομικό πλαίσιο (Hodson 2009).
Η ΙΦΦΕ αποκαλύπτει τα στάδια από τα οποία πέρασε η ανθρώπινη σκέψη και αναδεικνύει τα κοινωνικά ζητήματα που σχετίζονται με την επιστήμη κάνοντας τους μαθητές να αισθάνονται ότι τώρα γράφουν τη δική τους ιστορία, ως αυριανοί επιστήμονες ή και απλοί πολίτες.

4. Παραδείγματα ιστορικών επεισοδίων

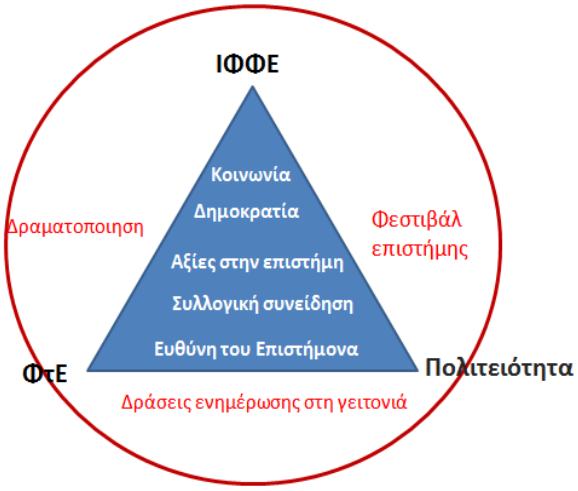
Επιλεγμένα επεισόδια από την ιστορία της επιστήμης αναδεικνύουν την αλληλεπίδραση επιστήμης και κοινωνίας: τι ερευνούμε και γιατί, ποιος χρηματοδοτεί, ποια είναι η διαδικασία της έρευνας και ποια είναι η πολιτική ανακοίνωσης των αποτελεσμάτων της έρευνας (Allchin 2013). Αυτό δε σημαίνει ότι κάθε επεισόδιο από την ιστορία της επιστήμης έχει όλα τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται για να παρέχει γνώση σε κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα. Ενδεικτικά αναφέρονται παρακάτω δύο παραδείγματα.
Χαρακτηριστικό παράδειγμα ιστορικού επεισοδίου που προσφέρεται για τη διαπραγμάτευση σχέσης επιστήμης και πολιτικής είναι η έρευνα για την ατομική ενέργεια. Πρόκειται για μια από τις πιο ενδιαφέρουσες στιγμές της φυσικής του 20^{ου} αιώνα και σχετίζεται με τα δύο αντίπαλα ερευνητικά προγράμματα για την κατασκευή της ατομικής βόμβας: το γερμανικό και το αμερικάνικο. Το επεισόδιο προσφέρεται για την κριτική αναζήτηση και εμβάθυνση όψεων του επιστημονικού εγχειρήματος, συμβάλλοντας στη διαμόρφωση στάσεων για την ευθύνη του επιστήμονα απέναντι στην ανθρωπότητα.
Ένα άλλο επεισόδιο από την ιστορία της επιστήμης είναι αυτό της αποκήρυξης του ηλιοκεντρικού μοντέλου από τον Γαλιλαίο μπροστά στην Ιερά Εξέταση. Ο Γαλιλαίος έχει αποσπάσει το κύρος και το θαυμασμό της επιστημονικής και εκπαιδευτικής κοινότητας. Αποτελεί παράδειγμα επιστήμονα ο οποίος παρόλο που έζησε και έδρασε σε μια εποχή πολύ διαφορετική από τη σημερινή, επηρεάστηκε από το κοινωνικό, θρησκευτικό και πολιτικό πλαίσιο της εποχής του. Η Καθολική Εκκλησία και το σύστημα της πατρονίας μέσα στο οποίο έδρασε ως επιστήμονας δεν άφησαν το έργο του ανεπηρέαστο. Αποτελεί

αντιπροσωπευτικό παράδειγμα του γεγονότος ότι η επιστήμη δεν αναπτύσσεται σε κοινωνικό και πολιτισμικό κενό.

5. Συμπέρασμα –Προτάσεις

Η πρόταση της παρούσας εργασίας μπορεί να αναπαρασταθεί από το Σχήμα 1.

Σχήμα 1: Η Σχέση ΙΦΦΕ-ΦτΕ-Πολιτειότητας



Οι τρεις γωνίες του τριγώνου - ΙΦΦΕ, ΦτΕ και Πολιτειότητα - επικοινωνούν μεταξύ τους και μοιράζονται τις έννοιες που περιέχονται μέσα στο τρίγωνο: Κοινωνία, αξίες στην επιστήμη, δημοκρατία, υπευθυνότητα των επιστημόνων απέναντι στην ανθρωπότητα, συλλογική συνείδηση και άλλες. Ο μεγάλος κύκλος αναπαριστά το εύρος των εκπαιδευτικών πρακτικών – δραματοποίηση (Stefanidou 2016), φεστιβάλ επιστήμης (Στεφανίδου 2016), δράσεις ενημέρωσης πολιτών στη τοπική κοινωνία, παρεμβάσεις εντός σχολικής τάξης και περιεχομένου μαθημάτων ΦΕ – με τις οποίες οι μαθητές μπορούν να επικοινωνήσουν τους προβληματισμούς τους σχετικά με την επιστήμη.
Ανατρέχοντας στους στόχους της εκπαίδευσης στις ΦΕ για την πολιτειότητα, επισημαίνουμε ότι η ΙΦΦΕ λειτουργεί ως μέσο για την βαθύτερη και κριτικότερη επίτευξη των στόχων του επιστημονικού γραμματισμού. Κάτι τέτοιο περιλαμβάνει όχι μόνο την απόκτηση γνώσεων αναφορικά με την σχέση επιστήμης, κοινωνίας και πολιτικής αλλά και την ανάληψη πρωτοβουλιών με σκοπό την επικοινωνία αυτών των πτυχών της επιστήμης στο ευρύτερο κοινό. Γενικότερα οι πρακτικές που προτείνονται είναι ενεργητικές, απαιτούν συμμετοχή και συναίνεση και οι μαθητές καλούνται να σκεφτούν και να δράσουν ως πολίτες που έχουν την ευθύνη να ενημερώνονται και να ενημερώνουν, και όχι ως παθητικοί δέκτες του περιεχομένου της επιστήμης από τους επιστήμονες - ειδικούς.

6. Βιβλιογραφία

Στεφανίδου Κ. (2016). Η «Κοπεγχάγη» του Μάικλ Φρέυν: Μια θεατρική παράσταση ή εκπαίδευση για την πολιτειότητα; 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, 11-13 Νοεμβρίου 2016, Αθήνα (Πρακτικά υπό έκδοση).

Akerson, V.L., Abd-El-Khalick, F. & Lederman, N.G. (2000). Influence of a reflective activity-based approach on elementary teachers' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 37(4),* 295-317.

Allchin, D. (2013). *Teaching the nature of science: Perspectives and resources.* St. Paul, MN: SHiPS Education Press.

Eisenhart, M., Finkel, E. & Marion, S. F. (1996). Creating the conditions for scientific literacy: A re-examination. *American Educational Research Journal, 33,* 261 – 295.

Fourez, G. (1997). Scientific and technological literacy as a social practice. *Social Studies of Science, 27,* 903 – 936.

Hodson, D. (2009). *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science*. Rotterdam: Sense Publishers.

Irwin, A. R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education, 84,* 5–26.

Khishfe, R. (2008). The development of seventh graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 45(4),* 470-496.

Klopfer L. (1969). *Case histories and science education.* Wadsworth Publishing Company, San Francisco

Kolstø, SD. (2001). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socio-scientific issues. *Science Education, 85(3),* 291–310.

Kolstø, SD. (2008). Science education for democratic citizenship through the use of history of science. *Science & Education, 17,* 977-997.

Lukas, B. & Roth, W.M (1996). The nature of scientific knowledge and student learning: Two longitudinal case studies. *Research in Science Education, 26(1),* 103-127.

Moss, D.M., Adams, E.D & Robb, J. (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education, 23(8),* 771-790.

Roth, W.M. & Lee, S. (2004). Science Education as/for participating in the Community. *Science Education, 88,* 263-291.

Stefanidou C. & Skordoulis C. (2014). Subjectivity and Objectivity in Science: An Educational Approach. *Advances in Historical Studies*, 3, 183-193. doi: 10.4236/ahs.2014.34016

Stefanidou C. (2016). History and Philosophy of Science for Citizenship: The Case of Life of Galileo by B.Brecht. 1st European Regional HPST Conference, 22-25 Αυγούστου 2016, Φλένσμουργκ, Γερμανία (Πρακτικά υπό έκδοση).

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ ΣΤΗ ΓΥΜΝΑΣΙΑΚΗ ΧΗΜΕΙΑ

Γιαννούλα Πανταζή[1], *Γεώργιος Τσαπαρλής*[2]
[1]Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Πρέβεζας
[2] Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη
Στην εργασία αυτή εξετάζουμε κατά πόσο οι μαθητές της Β΄ Γυμνασίου έχουν κατανοήσει την έννοια της χημικής αντίδρασης. Εξετάζουμε επίσης και την επίδραση που είχε η διδακτική παρέμβαση (μέσω διαγωνίσματος), σύμφωνα με την οποία οι χημικές αντιδράσεις διδάχθηκαν μετά την εισαγωγή των εννοιών των ατόμων, των μορίων και των συμβολισμών τους. Ανεξάρτητα από την διδακτική παρέμβαση, η επίδοση των μαθητών σε σχετικό διαγώνισμα ήταν χαμηλή (7,11/20). Στην πλειονότητά τους οι μαθητές δεν κατενόησαν την έννοια της αντίδρασης. Ως προς τη διδακτική παρέμβαση βρέθηκε ότι στο σύνολο των μαθητών δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στο διαγώνισμα μεταξύ πειραματικών και τμημάτων ελέγχου.

Abstract
We investigate whether (Greek) 8th-grade students have understood the concept of the chemical reaction. We also investigate the effect of a teaching intervention, in which chemical reactions were taught after the introduction of the concepts of atoms, molecules, and their symbolism. Regardless of the teaching intervention, the performance of students in a relevant exam was low (7.11/20). The majority of students did not understand the concept of reaction. Regarding the teaching intervention, no statistically significant difference was found in the exam for the total sample between experimental and control groups.

1. Εισαγωγή

Από τη δεκαετία του 1970, είναι γνωστό ότι η σωματιδιακή φύση και η ατομική και μοριακή δομή της ύλης προκαλούν μεγάλες εννοιολογικές δυσκολίες στους μαθητές, οδηγώντας σε φτωχή κατανόηση (Tsaparlis 1997, Τσαπαρλής 2011). Για την άρση αυτών των δυσκολιών προτάθηκε για τη διδασκαλία και τη μάθηση της χημείας η χημική τριάδα του Johnstone (Johnstone & Wham 1982, Johnstone 2007), η οποία έχει χρησιμεύσει τόσο ως θεωρητικό πλαίσιο που καθοδηγεί την έρευνα στη διδακτική της χημείας, όσο και ως μια κεντρική ιδέα σε ποικίλα προγράμματα σπουδών (Talanquer 2011).

Στο πνεύμα αυτό, οι Γεωργιάδου και Τσαπαρλής (1999) πρότειναν και δοκίμασαν για τη γυμνασιακή χημεία μια μέθοδο τριών κύκλων, η οποία πραγματεύεται χωριστά το μακροσκοπικό, το συμβολικό και το υπομικροσκοπικό επίπεδο (δες επίσης Georgiadou και Tsaparlis 2000) με ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Επιπροσθέτως, ο Johnstone (2007) τόνισε ότι οι σχεδιαστές προγραμμάτων σπουδών και οι συγγραφείς σχολικών βιβλίων πρέπει να σκεφτούν για μια σημαντική εισαγωγική περίοδο κατά την οποία οι μαθητές* πρέπει να εξοικειώνονται με το να σκέφτονται με επιστημονικό τρόπο μόνο μέσω της χρήσης του μακροεπιπέδου και απτών εμπειριών. Μια τέτοια προσέγγιση είναι σύμφωνη με τον

* Όπου στο κείμενο αυτό χρησιμοποιείται η λέξη «μαθητές», εννοείται «μαθητές και μαθήτριες».

εποικοδομισμό και ακολουθεί την αρχή της επαγωγής με τη μετάβαση από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο.

Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών χημείας της β΄ γυμνασίου, η σειρά που πρέπει να ακολουθηθεί στη διδασκαλία είναι να προηγηθούν οι μακροσκοπικές έννοιες όπως π.χ. η έννοια της χημικής αντίδρασης και μετά να εισαχθούν οι έννοιες του ατόμου και του μορίου. Παρ' όλα αυτά, έννοιες όπως η σωματιδιακή φύση ύλης, η ατομική και μοριακή δομή της εξακολουθούν να ταλαιπωρούν τους μαθητές. Η πλειονότητα των μαθητών του γυμνασίου και του λυκείου μπορεί εύκολα να δέχεται την ύπαρξη των σωματιδίων, αλλά είναι δύσκολο να αφομοιώσουν τις έννοιες αυτές και να τις χρησιμοποιήσουν για να εξηγήσουν άλλες χημικές έννοιες και χημικές μεταβολές, δηλαδή τη συμπεριφορά της ύλης, παρά το γεγονός ότι η διδασκαλία τους έπεται.

Από την άλλη, οι Wiser και Smith (2008) επισημαίνουν ότι η κατανόηση των χημικών εννοιών: χημική ουσία, χημικό στοιχείο, μείγμα, διάλυμα και χημική αντίδραση δεν μπορεί να είναι αποτελεσματική χωρίς τη χρήση σωματιδιακών μοντέλων. Κατά συνέπεια, θεωρούν ότι τα άτομα και τα μόρια θα πρέπει να εισαχθούν σχετικά νωρίς στο πρόγραμμα σπουδών, στις τελευταίες τάξεις του δημοτικού ή στις αρχικές του γυμνασίου, καθώς οι έννοιες αυτές αλληλεπιδρούν με την κατανόηση της ύλης σε μακροσκοπικό επίπεδο. Επίσης, οι Smith et al. (2006) έχουν υποστηρίξει ότι οι δυσκολίες των μαθητών μπορεί να έχουν να κάνουν λιγότερο με τη θεωρία καθεαυτήν και περισσότερο με την ασυμβατότητα μεταξύ του ατομικού μοντέλου και των ιδεών των μαθητών σχετικά με την ύλη και τη συμπεριφορά της στο μακροσκοπικό και το υπομικροσκοπικό επίπεδο. Τέλος, σύμφωνα τον Papageorgiou (2013), από παιδαγωγική άποψη το «μοντέλο του ατόμου» (ως ένα σημαντικό είδος σωματιδίου) και το «μοντέλο του χημικού δεσμού» (ως ο τρόπος που συγκρατεί τα άτομα μεταξύ τους στα μόρια) είναι πολύ σημαντικά, καθώς αφορούν την πρώτη συνάντηση των μαθητών με την έννοια της χημικής μεταβολής.

Ανεξάρτητα από την παραπάνω συλλογιστική, η ατομική θεωρία θεωρείται ως μία από τις σημαντικότερες σύγχρονες επιστημονικές θεωρίες, ενώ, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η εκμάθησή της δεν είναι θέμα αναθεώρησης προϋπαρχουσών εννοιών των μαθητών ή των πεποιθήσεών τους για τα άτομα και τα μόρια, αλλά αντίθετα η διδασκαλία της θα γίνει (για πρώτη φορά σε μικρούς ηλικιακά μαθητές), από ειδικούς, σύμφωνα με τις επιστημονικές απόψεις και επομένως, κατά τους Wiser και Smith (2008), θα μπορούσε να γίνει κατανοητή χωρίς μεγάλες εννοιολογικές δυσκολίες.

Η ατομική θεωρία προσφέρει εξηγήσεις για το τι είναι αυτό που διακρίνει μια χημική ουσία από ένα μείγμα χημικών ουσιών, τι κάνει διαφορετική μία ουσία από μία άλλη, γιατί και πώς αλλάζει φυσική κατάσταση μια ουσία, γιατί και πώς συμβαίνουν οι χημικές αντιδράσεις. Ως εκ τούτου, οι μαθητές θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι με αυτήν. Είναι αληθές ότι οι μαθητές έρχονται στο σχολείο έχοντας ήδη αναπτύξει την έννοια της ύλης σε στενή συνέργεια με τις έννοιες του βάρους, του όγκου, της πυκνότητας, της μάζας και του είδους των υλικών, ενώ ελάχιστοι μαθητές έχουν ασχοληθεί με τις έννοιες του ατόμου και του μορίου. Αν, λοιπόν, οι μαθητές γνωρίζουν καλά την ατομική θεωρία, τότε ίσως τη χρησιμοποιήσουν για να εξηγήσουν χημικές έννοιες και γενικότερα χημικές μεταβολές και πιθανώς να μπορούν να ερμηνεύουν καλύτερα τι συμβαίνει στις χημικές αντιδράσεις.

Τίθεται επομένως το ερώτημα μήπως μακροσκοπικές έννοιες, όπως αυτές που αναφέραμε παραπάνω, μπορεί να γίνουν καλύτερα κατανοητές σε συνδυασμό με την κατανόηση των ατόμων και των μορίων; Μήπως δηλαδή η «πρωθύστερη» εισαγωγή της διδασκαλίας των ατόμων και των μορίων μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση των μαθητών; Με αφορμή τον προβληματισμό αυτόν, αποφασίσαμε να διερευνήσουμε αν διαφοροποιείται η

κατανόηση των μαθητών για την έννοια της χημικής αντίδρασης όταν προηγηθεί η διδασκαλία της ατομικής θεωρίας.

Η παρούσα μελέτη

Στην εργασία αυτή μελετούμε κατά πόσο οι μαθητές της β΄ τάξης γυμνασίου εξοικειώνονται με τα άτομα, τα μόρια, τα χημικά σύμβολα και τα προσομοιώματά τους και κατά πόσο έχουν κατανοήσει την έννοια της χημικής αντίδρασης. Σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών χημείας της β΄ γυμνασίου, η σειρά που πρέπει να ακολουθηθεί στη διδασκαλία είναι να προηγηθούν οι μακροσκοπικές έννοιες, όπως π.χ. η έννοια της χημικής αντίδρασης, και μετά να εισαχθούν οι έννοιες του ατόμου και του μορίου. Λαμβάνοντας υπόψη την παραπάνω συλλογιστική των Wiser και Smith (2008), αποφασίσαμε να διερευνήσουμε αν διαφοροποιείται η κατανόηση των μαθητών για την έννοια της χημικής αντίδρασης όταν προηγηθεί η διδασκαλία των ατόμων και των μορίων. Η διδασκαλία τους προηγήθηκε και πραγματοποιήθηκε ακριβώς όπως περιγράφεται στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Η έρευνα ήταν τόσο διαγνωστική όσο και παρεμβατική.

Ερευνητικά ερωτήματα

Τα κύρια ερευνητικά ερώτηματα ήταν:

1. Κατά πόσο οι μαθητές είναι σε θέση να διατυπώσουν ορισμούς για τις χημικές αντιδράσεις;
2. Μπορούν να διακρίνουν και να αιτιολογήσουν με βάση τα σωματιδιακά μοντέλα τις έννοιες χημικό στοιχείο, χημική ένωση, μείγμα στοιχείων;
3. Μπορούν να ισοσταθμίσουν χημικές εξισώσεις που δίδονται με σύμβολα ή με προσομοιώματα;
4. Μπορούν να κατανοήσουν και να εξηγήσουν τι συμβαίνει κατά τις χημικές αντιδράσεις;
5. Κατανοούν τη στοιχειομετρία των χημικών αντιδράσεων;
6. Παίζει ρόλο η σειρά που ακολουθήθηκε στη διδασκαλία (η διδακτική παρέμβαση);

2. Μεθοδολογία

Για την πραγματοποίηση της έρευνας επιλέξαμε ένα δείγμα ευκολίας αποτελούμενο από οκτώ (8) δημόσια γυμνάσια. Το ένα από τα σχολεία ήταν σε αγροτική περιοχή (Αρ. 1, N=37), δύο σε ημιαστικές περιοχές (Αρ. 2, N=67 και 3, N=36), ένα ημιαστικό σε νησιωτική περιοχή (Αρ. 7, N=45), δύο σε αστική περιοχή (Αρ. 8, N=39 και 10, N=44), και δύο ήταν *πειραματικά γυμνάσια* σε αστικές περιοχές (Αρ. 4, N=52 και 5, N=78). Τελικά, λόγω εξαίρεσης του σχολείου 3,[**] δουλέψαμε με επτά (7) σχολεία, πλήθος μαθητών: N=362. Οι διδάσκοντες στα σχολεία αυτά ήταν: έξι χημικοί, τρεις εκ των οποίων είναι κάτοχοι διδακτορικού στη διδακτική της χημείας με πολυετή διδακτική εμπειρία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, τρεις με μεταπτυχιακό στη διδακτική της χημείας και αρκετή διδακτική εμπειρία και μία φυσικός με πολυετή διδακτική εμπειρία στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και ειδικότερα στο γυμνάσιο.

[**] Το σχολείο 3 εξαιρέθηκε από την ανάλυσή μας, διότι τα τμήματα δεν διδάχθηκαν από τον ίδιο εκπαιδευτικό και με τον ίδιο τρόπο. Οι διδάσκοντες σε αυτό ήταν ένας χημικός και μία φυσικός.

Το δείγμα αυτό ήταν βολικό για τους ερευνητές λόγω του ότι γνώριζαν και εκτιμούσαν τους συγκεκριμένους διδάσκοντες, οι οποίοι αναμένονταν να ανταποκριθούν θετικά και να εκτελέσουν το ερευνητικό πρόγραμμα και τα σχετικά διαγωνίσματα με αξιόπιστο τρόπο.

Διακρίναμε τα τμήματα των μαθητών του ίδιου σχολείου που διδάσκονταν από τον ίδιο εκπαιδευτικό, σε πειραματικό τμήμα και σε τμήμα ελέγχου. Στο τμήμα ελέγχου ακολουθήθηκε η σειρά μαθημάτων όπως ακριβώς είναι στο σχολικό βιβλίο Χημείας Β΄ Γυμνασίου, όπως ορίζει το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών και σύμφωνα με τη σχετική εισήγηση του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ) (Πράξη 24/08-072013 ΚΑΙ 33/30-09-2013 Δ.Σ.), ενώ στο πειραματικό τμήμα ακολουθήθηκε τροποποιημένη σειρά μαθημάτων, σύμφωνα με οδηγίες που τους δόθηκαν από εμάς για τη έρευνά μας, δηλαδή:

- *να προηγηθεί η διδασκαλία των ατόμων και μορίων και στη συνέχεια να διδαχθεί η χημική αντίδραση, χωρίς καμιά άλλη παρέμβαση στη διδασκαλία τους από εμάς, ούτε ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς η καταγραφή των διδακτικών μεθόδων και λεπτομερειών*).

Κάθε εκπαιδευτικός δίδαξε με τον συνήθη τρόπο του (λογικά) μέσα στον προβλεπόμενο για τη σχετική ενότητα διδακτικό χρόνο (7-9 ώρες).

Η εφαρμογή του προγράμματος και τα σχετικά διαγωνίσματα στα οποία υποβάλαμε τους μαθητές ενέπιπταν ακριβώς στο αναλυτικό πρόγραμμα της χημείας β΄ γυμνασίου και βρίσκονταν ακριβώς στο σχολικό εγχειρίδιο. Για τον λόγο αυτόν, κρίθηκε ότι δεν απαιτούνταν καμιά ειδική άδεια από το ΙΕΠ, το σχολείο, ή τους γονείς των μαθητών. Για τον ίδιο λόγο, το διαγώνισμα στο οποίο απάντησαν οι μαθητές ήταν επώνυμο και ο βαθμός της επίδοσής τους συμμετείχε στη βαθμολογία του τριμήνου. Με τον τρόπο αυτό θελήσαμε να ενεργοποιήσουμε τους μαθητές να καταβάλουν την μέγιστη προσπάθειά τους για καλύτερη επίδοση.

Χρησιμοποιήσαμε ένα διαγώνισμα, σε δύο μορφές (ώστε γειτονικοί μαθητές να μην απαντούν στο ίδιο διαγώνισμα). Προηγήθηκε δοκιμαστική έρευνα σε μαθητές Γ΄ τάξης Γυμνασίου και Α΄ τάξης Λυκείου. Αυτό έγινε, γιατί αυτοί οι μαθητές είχαν ήδη διδαχθεί την σχετική ύλη και θέλαμε να διαπιστώσουμε αν υπήρχε πλήρης κατανόηση των θεμάτων. Κάθε μορφή του διαγωνίσματος αποτελούνταν από έξι θέματα. Βλέπε παράρτημα: διαγώνισμα μορφής 2. Η ιεράρχηση των θεμάτων ήταν η ακόλουθη:

Θέμα 1ο: (ανοικτή ερώτηση) Αναφερόταν στο αν γνωρίζουν οι μαθητές έναν αποδεκτό ορισμό για την έννοια της χημικής αντίδρασης και αν γνωρίζουν πώς ονομάζονται οι αντιδράσεις στις οποίες ελευθερώνεται θερμότητα στο περιβάλλον ή απορροφάται θερμότητα από το περιβάλλον κατά την πραγματοποίησή τους.

Θέμα 2ο: Αφορούσε την ισοστάθμιση μιας αντίδρασης με προσομοιώματα. Δίδονταν δύο πλαίσια τα οποία συνδέονταν με ένα βέλος. Στο πρώτο πλαίσιο υπήρχαν δύο προσομοιώματα μορίων (αερίων) που θα αντιδρούσαν μεταξύ τους σε κατάλληλες συνθήκες και στο δεύτερο πλαίσιο το προσομοίωμα του ενός μόνο αέριου προϊόντος που θα σχηματίζονταν. Επίσης, δίδονταν η ονομασία του κάθε αντιδρώντος, του προϊόντος και των ατόμων τους λεκτικά και με προσομοίωμα. Χρησιμοποιήθηκαν πλαίσια και όχι κουτάκια για να είναι σε συμφωνία με τις εικόνες του σχολικού βιβλίου.

Θέμα 3ο: Ζητήθηκε να γραφεί μια χημική εξίσωση και να ισοσταθμιστεί. Δίδονταν τα σύμβολα και οι φυσικές καταστάσεις των χημικών ενώσεων και στοιχείων που λάμβαναν μέρος στη χημική αντίδραση, δηλαδή τα αντιδρώντα και τα προϊόντα της χημικής αντίδρασης λεκτικά και συμβολικά καθώς επίσης και η λεκτική περιγραφή της χημικής αντίδρασης.

Θέμα 4ο: Δίδονταν τρία πλαίσια: το ένα πλαίσιο περιείχε προσομοιώματα ενός διατομικού στοιχείου, το άλλο προσομοιώματα μιας χημικής ένωσης και το τρίτο περιείχε προσομοιώματα δύο διαφορετικών χημικών στοιχείων (μείγμα). Από τον μαθητή ζητούνταν να απαντήσει τι περιείχε το κάθε πλαίσιο και να αιτιολογήσει την απάντησή του.

Θέμα 5ο: Περιγραφόταν λεκτικά μια χημική αντίδραση, χωρίς να δίδεται ο συμβολισμός των αντιδρώντων και των προϊόντων της αντίδρασης, και ζητούνταν από τους μαθητές να καθορίσουν ποια είναι τα αντιδρώντα και ποια τα προϊόντα της αντίδρασης. Ζητούνταν επίσης να αιτιολογήσουν την αύξηση ή την ελάττωση της μάζας του ενός αντιδρώντος, δεδομένου ότι η αντίδραση πραγματοποιούνταν σε ανοιχτό χώρο, στο ύπαιθρο.

Θέμα 6ο: Αναφερόταν στην αντίδραση σχηματισμού του νερού από υδρογόνο και οξυγόνο. Δίδονταν η αναλογία μαζών υδρογόνου-οξυγόνου στο σχηματισμό νερού και τυχαίες ποσότητες σε γραμμάρια από υδρογόνο και οξυγόνο, αλλά σε κατάλληλες συνθήκες, στις οποίες μπορεί να πραγματοποιηθεί η αντίδραση. Ζητούνταν να εξεταστεί αν θα συμβεί αντίδραση και πόσα γραμμάρια νερού θα σχηματιστούν. Δίδονταν τρεις επιλογές και έπρεπε να επιλέξουν τη σωστή. Στη συνέχεια, καλούνταν να αιτιολογήσουν την επιλογή τους.

Η χρονική διάρκεια του διαγωνίσματος ήταν 45-50 λεπτά. Αφού συλλέχθηκαν τα απαντημένα από τους μαθητές διαγωνίσματα, διορθώθηκαν και βαθμολογήθηκαν τόσο από τους εκπαιδευτικούς της τάξης όσο και από την ερευνήτρια. Για τη βαθμολόγησή τους χρησιμοποιήθηκε βαθμολογικό σχήμα που τους δώσαμε, ενώ πραγματοποιήθηκε εκτενής συζήτηση των εκπαιδευτικών με την ερευνήτρια τόσο πριν από τη βαθμολόγηση όσο και κατά τη διάρκειά της.

Έλεγχοι

Για τη μέτρηση της αξιοπιστίας των ερωτήσεων των διαγωνισμάτων χρησιμοποιήσαμε το άλφα του Cronbach (Cronbach's alpha), οι τιμές του οποίου κυμαίνονται από 0 έως 1. Τιμές μεγαλύτερες του 0,70 σημαίνουν ότι το τεστ είναι αξιόπιστο. Στην περίπτωσή μας, η τιμή του συντελεστή άλφα υπολογίστηκε με χρήση του προγράμματος SPSS και βρέθηκε ίση με: Cronbach alpha=0,784>0,70

Ο έλεγχος ισοδυναμίας των τμημάτων έγινε από το βαθμό των γραπτών προαγωγικών εξετάσεων Ιουνίου, όσων σχολείων έστειλαν τη βαθμολογία των μαθητών (Μέσος όρος της γραπτής επίδοσης των μαθητών στις εξετάσεις Ιουνίου των τμημάτων ελέγχου 12,72/20 με τυπική απόκλιση 5,05, N=61και των πειραματικών τμημάτων 11,87/20 με τυπική απόκλιση 5,81, N=86). Βρέθηκε ότι τα τμήματα ελέγχου και τα πειραματικά ήταν ισοδύναμα (t=0,921 p=0,358>0,05 df=145).

Για την αξιοπιστία του βαθμολογικού σχήματος, αρχικά, αναγνώστηκαν όλα τα γραπτά και καταγράφηκαν όλες οι διαφορετικές απαντήσεις των μαθητών από την ερευνήτρια. Στη συνέχεια οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν σε ομάδες και δόθηκε το τελικό αναλυτικότερο βαθμολογικό σχήμα. Όπως όμως αναφέραμε, τα διαγωνίσματα διορθώθηκαν και από τους εκπαιδευτικούς. Έτσι έγινε έλεγχος των βαθμών της ερευνήτριας ανά σχολείο με τους βαθμούς των εκπαιδευτικών, για τη βαθμολογία των οποίων λάβαμε γνώση. Υπήρχε σχεδόν απόλυτη ταύτιση των βαθμολογιών της ερευνήτριας και των εκπαιδευτικών: Spearman rho=0,943, y=0,9617x + 1,922, R^2=0,9872).

Η ισοδυναμία των δύο μορφών του διαγωνίσματος ελέγχθηκε με το τεστ t και βρέθηκαν ισοδύναμα (t=-0,346 p=0,730>0,05 df=358).

Για τον έλεγχο της δομής των δύο μορφών του διαγωνίσματος αλλά και για να μειώσουμε τον αριθμό των μεταβλητών και να ανιχνεύσουμε τη δομή στις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών

εφαρμόσαμε Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών, PCA. Η καταλληλότητα των δεδομένων γι' αυτήν την ανάλυση ελέγχθηκε με το τεστ KMO του Bartlett (0,774>0,5) που φανερώνει ότι το μέγεθος του δείγματος ήταν πολύ καλό για παραγοντική ανάλυση. Ο έλεγχος για την ύπαρξη συσχετίσεων μεταξύ των μεταβλητών (Bartlett's test of sphericity) έδειξε ότι υπάρχουν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών (χ^2 = 1779,784, df=120, με παρατηρούμενο επίπεδο σημαντικότητας p=0,000<0,01).

Ανάλυση των δεδομένων

Αρχικά ομαδοποιήσαμε τα θέματα ανάλογα με την επίδοση των μαθητών (έχουμε εξαιρέσει το σχολείο 3 και τις ακραίες τιμές, N=360). Επειδή δεν πληρούνταν οι προϋποθέσεις εφαρμογής των μεθόδων της παραμετρικής στατιστικής χρησιμοποιήθηκε ο μη παραμετρικός έλεγχος του Friedman για εξαρτημένα δείγματα. Από τον έλεγχο αυτόν συμπεράναμε ότι η υπόθεση της ισότητας των μέσων τιμών απορρίπτεται (p-τιμή<0,001<0,05). Επιπλέον έγινε σύγκριση των θεμάτων ανά δύο με τεστ του Wilcoxon αφού προηγήθηκε η διόρθωση Bonferroni. Παρατηρήσαμε ότι οι μέσοι όροι των δειγματικών παρατηρήσεων στα θέματα 2, 3 και 5 που αναφέρονται σε ερωτήσεις κρίσεως παρουσιάζουν σχεδόν την ίδια μέση επίδοση (2,48/10-2,52/10-2,43/10), σε αντίθεση με τα θέματα 1, 4 και 6 που αναφέρονται σε ορισμούς και στοιχειομετρία (3,39/10-6,12/10-4,23/10). Συμπεράναμε ότι σε θέματα κρίσεως οι μαθητές δυσκολεύονται πολύ στο να δώσουν μια σωστή απάντηση είτε πρόκειται για εύκολη απάντηση βασισμένη σε ορισμούς είτε πρόκειται για πιο πολύπλοκη διαδικασία σκέψης.

Κατόπιν κάναμε ομαδοποίηση των επτά σχολείων με One-way Anova (παραμετρική ανάλυση πολλαπλών συγκρίσεων) για ανεξάρτητα δείγματα και στη μη παραμετρική ανάλυση διακύμανσης των Kruskal-Wallis, η οποία αποτελεί τη γενίκευση του ελέγχου των Mann-Whitney-Wilcoxon για τρία ή περισσότερα δείγματα. Τα σχολεία ομαδοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες:

Ομάδα 1: Τα σχολεία 1, 2, 7, 8 και 10. Σύνολο μαθητών: 232 (Μ.Ο.= 6,14/20 και τυπική απόκλιση 3,97).

Ομάδα 2: Τα σχολεία 4 και 5. Σύνολο μαθητών: 130 (πειραματικά σχολεία, Μ.Ο.= 8,85/20 και τυπική απόκλιση 4,12).

Οι μαθητές των πειραματικών σχολείων παρουσίασαν καλύτερη μέση επίδοση από τα άλλα σχολεία.

3. Αποτελέσματα[***]

Ανεξάρτητα από τη διδακτική παρέμβαση

Έναν σχεδόν αποδεκτό ορισμό για την έννοια της χημικής αντίδρασης δίνει το 37% των μαθητών, ενώ για τον πλήρη ορισμό της το ποσοστό αυτό είναι μικρότερο του 2%.

Το ποσοστό των μαθητών που διατυπώνουν σωστά τους ορισμούς για τις έννοιες ενδόθερμη αντίδραση, εξώθερμη αντίδραση και προϊόντα ανέρχεται σε 60%, ενώ για τα αντιδρώντα στο 70%.

Σωστές επιλογές αναπαραστάσεων για τις έννοιες χημική ένωση και χημικό στοιχείο γίνονται από το 61% των μαθητών. Το ποσοστό της σωστής επιλογής που αφορά την αναπαράσταση

[***] Τα αποτελέσματα καλύπτουν όλες τις ερωτήσεις του διαγωνίσματος.

μείγματος χημικών στοιχείων ανέρχεται στο 70%, ενώ για την επιλογή της ποσότητας του νερού που θα σχηματιστεί από μη στοιχειομετρικές ποσότητες των στοιχείων του περιορίζεται σχεδόν στο 37%. Η αναπαράσταση μείγματος χημικών στοιχείων ερμηνεύεται σωστά από ελάχιστους μαθητές (4,1%), ενώ μια αποδεκτή εξήγηση δίδει το 8,6% των μαθητών. Τα ποσοστά των μαθητών που ερμηνεύουν σωστά το «γιατί η αναπαράσταση αναφέρεται σε μόρια χημικής ένωσης ή σε μόρια στοιχείου» είναι μεγαλύτερα και ανέρχονται σε 14% και 11% αντιστοίχως.

Ο συμβολισμός της φυσικής κατάστασης των αντιδρώντων και των προϊόντων σε μια αντίδραση αναγράφεται μόνο από το 18,5% των μαθητών.

Η σωστή επιλογή της ποσότητας του νερού που θα σχηματιστεί από την αντίδραση δεδομένων ποσοτήτων (σε γραμμάρια) υδρογόνου και οξυγόνου επιλέγεται από το 37,3% των μαθητών, ενώ σωστή αιτιολόγηση της επιλογής έχουμε μόνο από το 16,3% των μαθητών.

Η μεταβολή της μάζας του άνθρακα όταν αυτός καίγεται στο περιβάλλον και η μεταβολή της μάζας κομματιού σιδήρου που οξειδώνεται αιτιολογούνται σωστά μόνο από το 4,4% των μαθητών.

Διδακτική παρέμβαση

Από την εξέταση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης βρέθηκε ότι:

- *στο σύνολο των μαθητών δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στην επίδοση των μαθητών μεταξύ των πειραματικών τμημάτων και των τμημάτων ελέγχου*.

Διακρίνεται, όμως, μια τάση οι μαθητές των πειραματικών τμημάτων να ανταποκρίνονται λίγο καλύτερα από τους μαθητές των τμημάτων ελέγχου ($\text{Μ.Ο.}_{\text{Πειρ}}$=7,42/20 και $\text{Μ.Ο.}_{\text{Ελεγχ}}$=6,68/20). Όμως, χωρίζοντας το σύνολο των μαθητών ανεξαρτήτως σχολείου (N = 362) σε δύο ομάδες (επίδοση ≥ 10 και επίδοση < 10),

- *εντοπίσαμε την υπεροχή της πειραματικής ομάδας μόνο στην ομάδα με επίδοση μεγαλύτερη ή ίση με 10 και μόνο με τον παραμετρικό έλεγχο, ενώ με τον μη παραμετρικό έλεγχο δεν εμφανίζεται διαφορά μεταξύ των πειραματικών τμημάτων και των τμημάτων ελέγχου*.

Η επίδοση του συνόλου των μαθητών ανεξαρτήτως σχολείων γενικά ήταν χαμηλή (7,11/20). Τα πειραματικά σχολεία παρουσίασαν μεγαλύτερες επιδόσεις (8,85/20) σε σχέση με τα άλλα σχολεία (6,14/20), αλλά όχι ικανοποιητικές.

4. Συμπεράσματα

Για το σύνολο των μαθητών και ανεξάρτητα από την διδακτική παρέμβαση, παρατηρήσαμε ότι η έννοια της χημικής αντίδρασης δεν έχει γίνει κατανοητή από τους μαθητές. Περίπου το 37% των μαθητών έδωσε έναν σχεδόν αποδεκτό ορισμό για την έννοια της χημικής αντίδρασης, ενώ για τον πλήρη ορισμό της το ποσοστό αυτό είναι μικρότερο του 2%. Αντίθετα θέματα που αφορούν διατύπωση ορισμών, όπως ενδόθερμες-εξώθερμες αντιδράσεις και αναγνώριση αντιδρώντων και προϊόντων, απαντήθηκαν σωστά από περισσότερους από το 59,9% των μαθητών.

Οι μαθητές με βάση τα σωματιδιακά μοντέλα μπορούν να διακρίνουν ποιο μοντέλο αναφέρεται σε χημικό στοιχείο, χημική ένωση ή μείγμα στοιχείων (60,5% - 60,8% - 70%), αλλά δεν μπορούν να αιτιολογήσουν την απάντησή τους (10,8% - 13,5% - 4,1% αντίστοιχα).

Η ισοστάθμιση χημικών εξισώσεων που δίδονται με σύμβολα δεν έχει γίνει κατανοητή από τους μαθητές (σωστή απάντηση δίνει το 30,7% των μαθητών). Οι επιδόσεις τους στην ισοστάθμιση χημικών εξισώσεων που δίδονται με προσομοιώματα ήταν καλύτερες (σωστή απάντηση δίνει το 55,2% των μαθητών). Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι προηγήθηκε τεστ με άμεση ανατροφοδότηση το οποίο αναφέρονταν σε ισοστάθμιση αντίδρασης με προσομοιώματα.

Δεν μπορούν να κατανοήσουν και επομένως ούτε να εξηγήσουν τι συμβαίνει κατά τις χημικές αντιδράσεις (σωστή απάντηση δίνει το 4,4% των μαθητών).

Τέλος δεν κατανοούν την στοιχειομετρία των χημικών αντιδράσεων (σωστή απάντηση δίνει το 19% των μαθητών).

Σε ό, τι έχει σχέση με το αν οι μακροσκοπικές έννοιες της Χημείας (στην περίπτωσή μας οι χημικές αντιδράσεις) μπορεί να γίνουν καλύτερα κατανοητές σε συνδυασμό με την κατανόηση των ατόμων και των μορίων (μήπως δηλαδή η «πρωθύστερη» εισαγωγή της διδασκαλίας των ατόμων και των μορίων μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση των μαθητών), τα αποτελέσματα της έρευνάς μας δεν οδήγησαν σε καταφατική απάντηση αλλά διακρίναμε την τάση οι μαθητές των πειραματικών τμημάτων να εμφανίζουν καλύτερες επιδόσεις από τους μαθητές των τμημάτων ελέγχου.

Επειδή η έρευνα και η διδακτική μας παρέμβαση χαρακτηρίζονταν από έναν αριθμό σημαντικών περιορισμών, όπως ο περιορισμένος διδακτικός χρόνος, το περιορισμένο εύρος της θεματολογίας μας (χημικές αντιδράσεις) κ.ά., που ασκούν σίγουρα σημαντική επίδραση στη στάση των μαθητών απέναντι στο μάθημα της Χημείας (συναισθηματικός τομέας), πιστεύουμε ότι απαιτείται περαιτέρω έρευνα με ευρύτερη θεματολογία και μεγαλύτερης έκτασης διδακτικές παρεμβάσεις που θα ενισχύσει ή θα ανατρέψει τα συμπεράσματα.

5. Βιβλιογραφία

Γεωργιάδου, Α. & Τσαπαρλής, Γ. (1999). Διδασκαλία γυμνασιακής χημείας με μεθόδους που βασίζονται α) σε ψυχολογικές θεωρίες και β) στο μακροσκοπικό, το συμβολικό και το μικροσκοπικό επίπεδο της χημείας. *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιο Συνεδρίου "Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση"*, σσ. 65-70. Θεσσαλονίκη, Αφοί Κυριακίδη.

Τσαπαρλής, Γ. (2011). Σωματιδιακά και δομικά μοντέλα της ύλης: Όψεις και απόψεις της διδακτικής για τη μάθηση και τη διδασκαλία τους. *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»,* σσ. 236-245.

Georgiadou, A. & Tsaparlis, G. (2000). Chemistry teaching in lower secondary school with methods based on: a) psychological theories, b) the macro, representational, and submicro levels of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 216-217.

Johnstone, A., H. (2007). Science Education: We know the answers, let's look at the problems. *Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»,* Τεύχος Α, σσ. 1-11.

Johnstone, A. & Wham, A. J. B. (1982). The demands of practical work. *Education in Chemistry*, 19, 71-73.

Papageorgiou G. (2013). Can simple particle models support satisfying explanations of chemical changes for young students?" In G. Tsaparlis & H. Sevia (eds.), *Concepts of matter in science education*, pp. 319-329. Dordrecht: Springer.

Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W. & Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and atomic-molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives, 14* , 1-98.

Talanquer V. (2011). Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33, 179-195.

Tsaparlis, G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education: A critical analysis from various perspectives of science education. *Journal of Chemical Education*, 74, 922-925.

Wiser, M. & Smith, C. (2008). Learning and teaching about matter in grades K-8: When should the atomic-molecular theory be introduced? In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, pp. 205-239. New York: Routledge.

Η ΦΥΣΙΚΗ ΣΤΗΝ Α' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ- ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΟ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ

Δέσποινα Ιμβριώτη[1], *Δημήτρης Αθανασιάδης*[2]
[1]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη
Η διεθνής βιβλιογραφία διαχρονικά στηρίζει την παρουσία του πειράματος στο μάθημα της Φυσικής σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, ειδικότερα στη δευτεροβάθμια. Το βιβλίο της Φυσικής της Α' Γυμνασίου τόσο με τη μεθοδολογική του προσέγγιση όσο και με τις οδηγίες που περιλαμβάνει για την εκτέλεση των πειραμάτων, αποτελεί ένα χρήσιμο εγχειρίδιο σε αυτή την κατεύθυνση. Ο «εχθρός» του είναι ο διδακτικός χρόνος! Η πρότασή μας αφορά στην επιλογή αντιπροσωπευτικών ενοτήτων από το συγκεκριμένο βιβλίο και στην υλοποίησή τους στο εργαστήριο με πλήρη εφαρμογή της μεθόδου που υποστηρίζει το βιβλίο και έμφαση στην απόκτηση πειραματικών δεξιοτήτων από τους μαθητές.

Abstract
Literature worldwide supports hands-on experiments in Physics Education in all the educational levels, especially in mid- and high-school one. The Physics students' book of the first class of Greek Gymnasium, both through its methodological approach and the experimenting directions it contains, is a useful handbook for this purpose. However it has to confront a significant "enemy", that is time! We propose the selection of a smaller number of units included in the book, so as there is enough time for the students to perform hands-on experiments in groups at the school laboratory according to the methodology supported by the book keeping in focus the development of experimental skills by the students.

1. Εισαγωγή

Η επιστημονική μέθοδος προσαρμοσμένη στη μορφή εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση περιλαμβάνει τα βήματα: έναυσμα ενδιαφέροντος, διατύπωση υποθέσεων, πειραματισμός διατύπωση συμπερασμάτων, εφαρμογή και γενίκευση. Όπως γίνεται αντιληπτό, απαραίτητο συστατικό της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας είναι ο αποδεικτικός πειραματισμός (Καλκάνης 2007).
Από τα πέντε βήματα της επιστημονικής /εκπαιδευτικής μεθόδου που προαναφέρθηκαν, εστιάζουμε ειδικότερα στο τρίτο βήμα, όπου ο σημαντικός ρόλος του πειράματος στο μάθημα της Φυσικής και μάλιστα όταν πραγματοποιείται από τους ίδιους τους μαθητές υποστηρίζεται σε μεγάλο βαθμό από τη διεθνή βιβλιογραφία (Aiello–Nicosia & Sperandeo–Mineo 2000, Arnold et al. 2014, Auschnaiter von et al. 2007, Meyer & Carlisle 2007, Lunetta et al. 2007, McDermott et al. 1996). Η ενεργός συμμετοχή των μαθητών στην επιστημονική μεθοδο –με έλεγχο των υποθέσεών τους πειραματικά– είναι πολλά υποσχόμενη στρατηγική για τον εμπλουτισμό των ευκαιριών δημιουργικής σκέψης στο σχολικό περιβάλλον (Etkina & Van Heuvelen 2007, Marušić & Sliško 2014, Russ 2008). Υποστηρίζεται ακόμα ότι τα προγράμματα Φυσικής που περιλαμβάνουν ομαδοσυνεργατική διδασκαλία επίλυσης προβλημάτων συμβάλλουν πολύ στη μάθηση της Φυσικής (Duch et al. 2001, Heller et al. 1992).

Το βιβλίο της Φυσικής Α' Γυμνασίου (Καλκάνης κ.ά. 2013) με τη μεθοδολογική του προσέγγιση αποτελεί ένα χρήσιμο εγχειρίδιο σε αυτή την κατεύθυνση. Η πρότασή μας συνίσταται στην επιλογή αντιπροσωπευτικών ενοτήτων από το σύνολο του βιβλίου και υλοποίησή τους στο σχολικό εργαστήριο με πλήρη εφαρμογή της επιστημονικής μεθόδου ομαδοσυνεργατικά. Δίνουμε έμφαση στην υλοποίηση από ομάδες μαθητών ενός περιορισμένου αριθμού φύλλων εργασίας παρά στην πληθώρα εννοιών που θα διδαχθούν από τον εκπαιδευτικό ακόμα και με πειράματα επίδειξης. Η επιλογή ενοτήτων, εξάλλου, κρίνεται επιβεβλημένη καθώς ο διδακτικός χρόνος που διατίθεται από το ωρολόγιο πρόγραμμα δεν επαρκεί για το σύνολο των φύλλων εργασίας. Επίσης, η απρόσκοπτη υλοποίηση των πειραμάτων επιβάλλει τη συμβολή του υπεύθυνου εκπαιδευτικού του εργαστηρίου, ο οποίος θα προετοιμάσει την υλικοτεχνική υποδομή, αλλά και θα συμβάλλει στην βέλτιστη καθοδήγηση των ομάδων των μαθητών σε συνεργασία με τον εκπαιδευτικό του μαθήματος.
Αναλυτικότερα, οι ενότητες που προτείνονται είναι: 1.Μετρήσεις Μήκους, 2.Χρόνου, 3.Μάζας, 4.Από τη θερμότητα στη θερμοκρασία – Θερμική ισορροπία, 5.Το Ηλεκτρικό βραχυ-Κύκλωμα. Βασικό κριτήριο επιλογής των ενοτήτων είναι ότι οι τρεις πρώτες αποσκοπούν στην απόκτηση βασικών πειραματικών δεξιοτήτων από τους μαθητές (μέτρηση, σύγκριση, σχεδίαση διαγραμμάτων) και ότι οι επόμενες δύο αφορούν σε αντιπροσωπευτικές φυσικές έννοιες (θερμοκρασία, ηλεκτρικό ρεύμα).
Η κάθε ενότητα που επιλέγεται έχει χρονική διάρκεια τουλάχιστον δύο διδακτικών ωρών. Κατά την πρώτη ώρα παρουσιάζεται στους μαθητές το έναυσμα του ενδιαφέροντος από το διδακτικό τους εγχειρίδιο ή από το διαδίκτυο. Μια εικόνα ή ένα βίντεο αποτελούν το υλικό που προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών και ξεκινά μια πρώτη συζήτηση σχετικά με το θέμα της ενότητας. Στη συνέχεια με βάση το φύλλο εργασίας που περιλαμβάνεται στο διδακτικό τους εγχειρίδιο, οι μαθητές διατυπώνουν τις υποθέσεις τους. Στο φύλλο εργασίας υπάρχουν ερωτήσεις που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός προκειμένου να κατευθύνει τη συζήτηση των μαθητών με βάση τους διδακτικούς στόχους και να τους οδηγήσει στην ανάδειξη της αναγκαιότητας ελέγχου των υποθέσεών τους με την εκτέλεση πειραμάτων. Ακολουθεί ο χωρισμός των μαθητών σε ομάδες, η συγκέντρωση των απαραίτητων υλικών και οργάνων και εκτέλεση από τους ίδιους των πειραμάτων που προτείνονται στο βιβλίο. Οι μαθητές καταγράφουν στα διδακτικά τους εγχειρίδια σε συγκεκριμένους πίνακες τις μετρήσεις τους και τις παρατηρήσεις τους από την πειραματική διαδικασία. Στο σημείο αυτό ολοκληρώνεται η πρώτη διδακτική ώρα. Κατά τη δεύτερη διδακτική ώρα κάθε ομάδα μαθητών ανακοινώνει τις μετρήσεις της. Ακολουθεί συζήτηση – ειδικά στην περίπτωση που εντοπίζονται αποκλίνουσες παρατηρήσεις σε κάποια ομάδα– και καθοδηγούνται από τον εκπαιδευτικό στη διατύπωση συμπερασμάτων. Τέλος, οι μαθητές εφαρμόζουν, εξηγούν και γενικεύουν τα συμπεράσματά τους με την υποστήριξη ερωτημάτων του διδακτικού εγχειριδίου αλλά και συγκεκριμένων ιστοσελίδων (π.χ. http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/gr-index.htm).

2. Μεθοδολογία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στην πρώτη τάξη δημόσιου Γυμνασίου της ελληνικής επαρχίας και είχε διάρκεια τριών μηνών. Το βασικό ερευνητικό ερώτημα ήταν κατά πόσο οι μαθητές που πραγματοποιούν οι ίδιοι σε ομάδες πειράματα έχουν καλύτερη επίδοση σε γνωστικό επίπεδο αλλά και θετική στάση προς το μάθημα της Φυσικής από μαθητές που παρακολουθούν πειράματα επίδειξης.
Συμμετείχαν δύο τμήματα μαθητών, με ισοδύναμο αριθμό αγοριών και κοριτσιών. Στα δύο τμήματα διδάχθηκαν οι πέντε ενότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Το πρώτο τμήμα αποτελούσε την ομάδα ελέγχου, όπου ένας εκπαιδευτικός πραγματοποίησε στο Εργαστήριο του σχολείου τα φύλλα εργασίας από το διδακτικό εγχειρίδιο κάνοντας πειράματα επίδειξης.

Το δεύτερο τμήμα αποτελούσε την ομάδα πειραματισμού, όπου ο εκπαιδευτικός του μαθήματος της τάξης και ο υπεύθυνος του σχολικού εργαστηρίου οργάνωσαν τους μαθητές σε ομάδες, προετοίμασαν τα υλικά και τα απαραίτητα όργανα ώστε να πραγματοποιήσουν οι ίδιοι οι μαθητές τα πειράματα.

Στις δύο ομάδες δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο γνώσεων και ένα στάσεων πριν τη διδακτική παρέμβαση, ενώ τα ίδια ερωτηματολόγια διανεμήθηκαν και συμπληρώθηκαν από τους μαθητές και μετά από αυτήν. Τέλος, αξιολογήθηκαν οι πειραματικές δεξιότητες των μαθητών της ομάδας πειραματισμού κατά τη διάρκεια της παρέμβασης με κλείδες παρατήρησης, όπου παρατηρήθηκαν ειδικότερα εάν οι μαθητές προχωρούσαν σε ανάγνωση οδηγιών, εάν έκαναν σωστή επιλογή και ασφαλή χειρισμό οργάνων, εάν πραγματοποιούσαν ορθή ανάγνωση οργάνων, εάν κατέγραφαν τις τιμές μέτρησης και τέλος εάν δημιουργούσαν με ορθό τρόπο τα διαγράμματα.

Εικόνα 1: Μία από τις ομάδες των μαθητών
κατά τη διεξαγωγή του πειράματος θερμικής ισορροπίας
στο σχολικό εργαστήριο, καθώς μετρούν χρόνο και θερμοκρασία
και καταγράφουν τις μετρήσεις τους στους πίνακες του διδακτικού εγχειριδίου

3. Αποτελέσματα

Στην έρευνα αξιολογήθηκε η στάση των μαθητών προς τη Φυσική και οι γνωστικές τους επιδόσεις τους (ορισμοί εννοιών, περιγραφή πειραματικών διαδικασιών). Για την αξιολόγησης στάσης χρησιμοποιήθηκε ένα τμήμα του ερωτηματολογίου TIMSS (εκδ. 1999) εμπλουτισμένου με επιπλέον ερωτήσεις.

Πίνακας 1: Ερώτηση στάσεων

Τι σκέφτεστε για τη Φυσική;

	Συμφωνώ Απολύτως	Συμφωνώ	Διαφωνώ	Διαφωνώ Απολύτως
α) Μου αρέσει να μαθαίνω Φυσική	**Α**	**Β**	**Γ**	**Δ**
β) Η Φυσική είναι βαρετή	**Α**	**Β**	**Γ**	**Δ**
γ) Η Φυσική είναι εύκολο μάθημα	**Α**	**Β**	**Γ**	**Δ**
δ) Η Φυσική είναι σημαντική στη ζωή μας	**Α**	**Β**	**Γ**	**Δ**
ε) Θα ήθελα μια δουλειά όπου θα χρησιμοποιώ Φυσική	**Α**	**Β**	**Γ**	**Δ**

Για την αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών χρησιμοποιήθηκε ένα γενικό ερωτηματολόγιο γνώσεων.

Πίνακας 2: Ερωτήσεις δηλωτικών γνώσεων

Τι νομίζετε ότι είναι η θερμότητα;
Τι νομίζετε ότι σημαίνει η φράση «θερμική ισορροπία»;

Πίνακας 3: Ερώτηση διαδικαστικών γνώσεων (πειραματικών δεξιοτήτων)

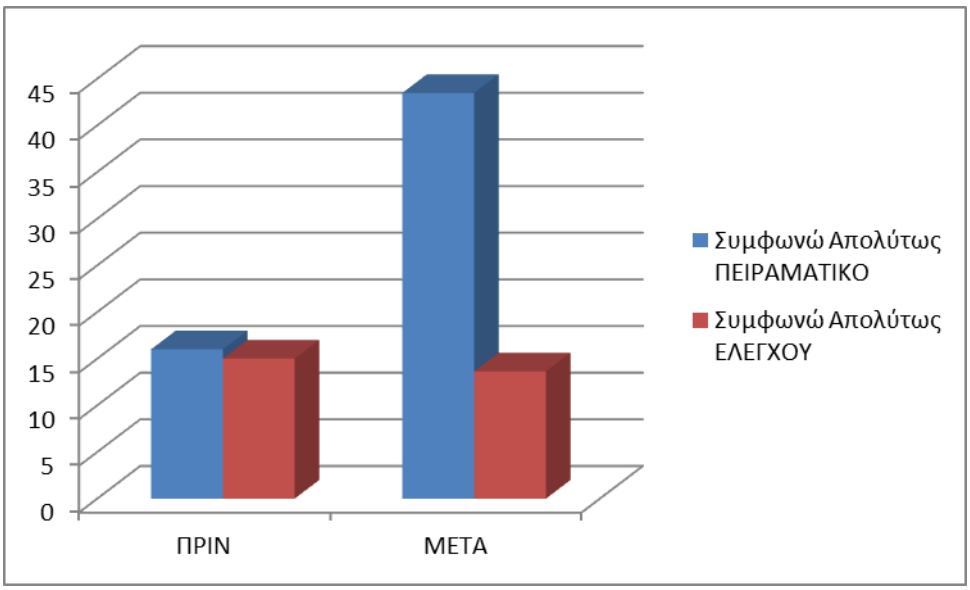
Περιγράψτε ένα πείραμα θερμικής ισορροπίας
Όργανα και Υλικά:
Διαδικασία:

Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων και την ανίχνευση στατιστικά σημαντικών διαφορών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος t-test και ανάλυση διασποράς ANOVA. Σημειώνεται ότι οι απαντήσεις πριν τη διδασκαλία για το τμήμα ελέγχου δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση από εκείνες του τμήματος πειραματισμού. Μετά τη διδακτική παρέμβαση εντοπίζονται διαφοροποιήσεις στατιστικά σημαντικές μεταξύ των δύο τμημάτων τόσο ως προς τη στάση των μαθητών προς το μάθημα της Φυσικής, όσο και ως προς τον γνωστικό τομέα.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, οι μαθητές της ομάδας πειραματισμού απαντούν ότι τους αρέσει να μαθαίνουν Φυσική σε μεγαλύτερο ποσοστό από αυτούς του τμήματος ελέγχου (Sig.(2-tailed)=0,002). Ως προς τις επιδόσεις τους στη διατύπωση ορισμών, οι διαφορές που προκύπτουν δεν είναι στατιστικά σημαντικές, γεγονός που σημαίνει ότι η δηλωτική γνώση δεν ενισχύθηκε σημαντικά από την προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση. Τέλος, παρατηρήθηκε καλύτερη επίδοση των μαθητών της ομάδας πειραματισμού στην περιγραφή

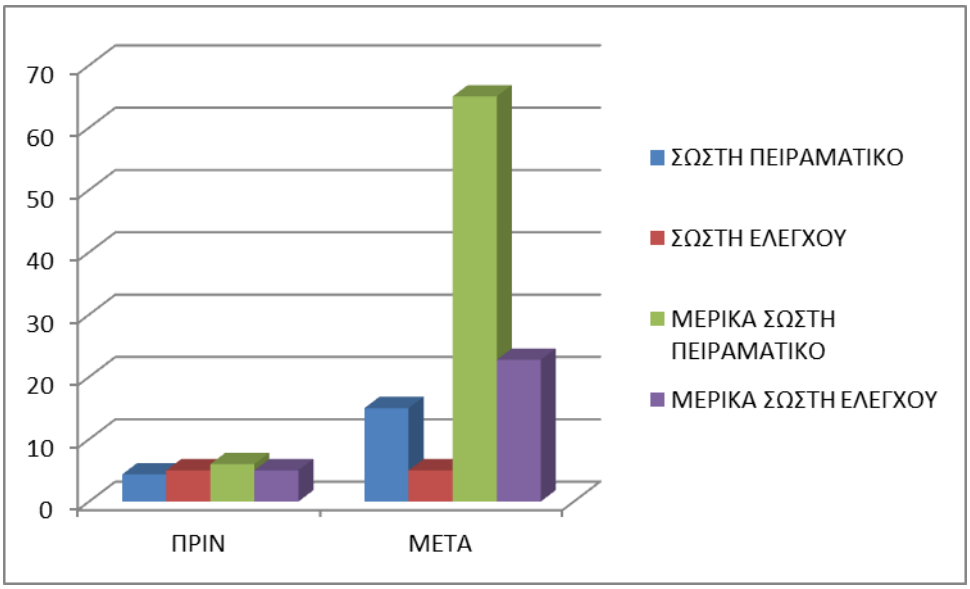
πειραμάτων (οργάνων και διαδικασίας) αλλά και απόκτηση σε ικανοποιητικό βαθμό στοιχειωδών πειραματικών δεξιοτήτων.
Στη συνέχεια παρατίθενται κάποια χαρακτηριστικά γραφήματα των αποτελεσμάτων της έρευνας.

Γράφημα 1: Ερώτηση στάσεων «Μου αρέσει να μαθαίνω φυσική»



Στο παραπάνω γράφημα αποτυπώνεται η διαφοροποίηση μετά τη διδακτική παρέμβαση μεταξύ των μαθητών του τμήματος ελέγχου, οι οποίοι δεν αλλάζουν την άποψή τους μετά την παρέμβαση, και αυτών του πειραματικού τμήματος, οι οποίοι σε μεγαλύτερο ποσοστό απαντούν ότι τους αρέσει να μαθαίνουν Φυσική.

Γράφημα 2: Ερώτηση διαδικαστικής γνώσης «Περιγράψτε ένα πείραμα…»



Είναι εμφανές από το παραπάνω γράφημα ότι οι μαθητές του πειραματικού τμήματος έχουν καλύτερη επίδοση (ποσοστά σε σωστές και μερικά σωστές απαντήσεις) μετά τη διδακτική παρέμβαση σε σύγκριση με τους μαθητές του τμήματος ελέγχου σε ερωτήσεις διαδικαστικής

γνώσης, δηλαδή ερωτήσεις που ζητούσαν από τους μαθητές να περιγράψουν πειραματικές διαδικασίες σαν αυτές που υλοποίησαν οι ίδιοι (στο πειραματικό τμήμα) ή ο εκπαιδευτικός (στο τμήμα ελέγχου).

4. Συμπεράσματα

Θεωρούμε επιβεβλημένη –δεδομένων των συνθηκών που ισχύουν ως προς το διδακτικό χρόνο- την επιλογή διδακτικών ενοτήτων από το συγκεκριμένο εγχειρίδιο, ώστε αυτές να διδαχθούν στο Εργαστήριο με βάση τη μεθοδολογία που προτείνεται. Έτσι είναι εφικτό να επιτευχθεί ένας πολύ βασικός στόχος του αναλυτικού προγράμματος Φυσικής: η διαρκής επαφή του μαθητή με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και την επιστημονική μεθοδολογία και ειδικότερα ο πειραματικός έλεγχος των απόψεών του. Σε αυτή την κατεύθυνση συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία. Τέλος, κρίνεται απαραίτητη η παρουσία δεύτερου εκπαιδευτικού / υπευθύνου Εργαστηρίου. Ο ρόλος του είναι σημαντικός τόσο στην προετοιμασία της υλικοτεχνικής υποδομής πριν τη διδασκαλία, όσο και κατά τη διάρκεια της παρέμβασης στην καθοδήγησή των μαθητών κατά την εκτέλεση των πειραμάτων.

5. Βιβλιογραφία

Καλκάνης, Γ.Θ. (2007). "ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ", Ι. οι Θεωρίες, ΙΙ. Τα Φαινόμενα, Αθήνα

Καλκάνης, Γ.Θ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπατσίμπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπογιάννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ.Ι., Πολίτης, Σ. (2013). Η Φυσική με Πειράματα Α΄ τάξης Γυμνασίου. ΙΤΥΕ, Αθήνα

Aiello–Nicosia, M.L. & Sperandeo–Mineo, R.M. (2000). Educational reconstruction of physics content to be taught and of pre-service teacher training: a case study. *International Journal of Science Education* 22(10), 1085-1097.

Arnold, J.C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks?. *International Journal of Science Education*, 36 (16), 2719-2749 | Published online: 26 Jun 2014

Aufschnaiter von, C., Aufschnaiter von, S. (2007). University students' activities, thinking and learning during laboratory work. *European Journal of Physics*, 28, 51-60.

McDermott, L. C. (1996). The Physics Education Group at the University of Washington. *Physics by Inquiry Volume I.* New York: John Wiley & Sons.

Duch, B. J., Groh, S. E. & Allen, D. E. (2001). *The power of problem-based learning*. Sterling, VA: Stylus Publishing, LLC.

Etkina, E. & Van Heuvelen, A. (2007). Investigative Science Learning Environment – A science process approach to learning physics. In E.F. Redish and P.J. Cooney (Eds.), *Reviews in PER volume 1: Research-based reform of university physics*. College Park, MD: American Association of Physics Teachers.

Heller, P., Keith, R. & Anderson, S. (1992). Teaching problem solving through cooperative grouping. Part 1: Group versus individual problem solving. *American Journal of Physics, 60*(7), 627-636.

Meyer, K. & Carlisle, R. (1996). Children as experimenters. *International Journal of Science Education*, 18 (2), 231-248 | Published online: 24 Feb 2007

Lunetta , V. N., Hofstein, A. & Clogh, M. P. (2007). Learning and teaching in the school science laboratory: An analysis of research, theory, and practice. In S. K. Abell & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 393-441). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Marušić, M. & Sliško, J. (2014). High-school students believe school physics helps in developing logical but not creative thinking: Active learning can change this idea. *European Journal of Physics Education*, 5 (4), 30-41

Russ, R. S., Scherr, R. E., Hammer, D. & Mikeska, J. (2008). Recognizing mechanistic reasoning in student scientific inquiry: A framework for discourse analysis developed from philosophy of science, *Science Education*, 92(3), 499-525.

ΟΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΑ ΤΗΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Χαριτωνίδης Ηλίας, Κώτσης Κωνσταντίνος, Τσιούρη Ελευθερία
ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη
Η αναλογία στον χώρο της εκπαίδευσης αποτελεί μια σημαντική διδακτική στρατηγική. Τόσο οι εκπαιδευτικοί, όσο και οι συγγραφείς των σχολικών εγχειριδίων κάνουν χρήση των αναλογιών για να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν νέες και δύσκολες έννοιες. Σκοπός αυτής της έρευνας είναι η μελέτη της χρήσης των αναλογιών στα σχολικά εγχειρίδια Φυσικής πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο αυτές δομούνται και παρουσιάζονται. Εννέα σχολικά βιβλία Φυσικής μελετήθηκαν για την ύπαρξη ή όχι αναλογιών και συνολικά καταγράφηκαν 40 αναλογίες.

Abstract
Analogy in education is an important teaching strategy. Teachers and textbook authors use analogies to help students understand new and difficult concepts. The purpose of this study is to investigate the use of analogies in physics textbooks that are used in primary and secondary education and to investigate the way in which they are structured and presented. Nine physics textbooks studied for the presence of analogies and totally were detected more than 40 analogies.

1. Εισαγωγή

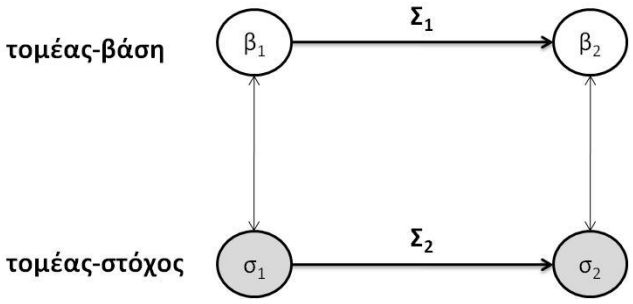
Στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών οι αναλογίες και οι μεταφορές αποτελούν ένα από τα ποικίλα διδακτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά την διδασκαλία με σκοπό να γίνουν κατανοητές από τους εκπαιδευόμενους οι επιστημονικές έννοιες (Orgill et al, 2015). Εκτός, όμως, από ένα αυστηρό επιστημονικό πλαίσιο οι αναλογίες χρησιμοποιούνται ευρύτατα στην καθημερινή ομιλία. Συχνά χρησιμοποιούμε εκφράσεις όπως: «μοιάζει με…», «σε αναλογία με...», «έτσι όπως…», «είναι σαν…» και άλλες για να εξηγήσουμε στον ομιλητή μας άγνωστες σε αυτόν έννοιες συγκρίνοντας τις τελευταίες με έννοιες που του είναι πιο οικείες. Η αναλογία αποτελεί σημαντικό εργαλείο σκέψης και επικοινωνίας των ανθρώπων και έχει μελετηθεί εκτενώς. Ο Holyoak (2012) αναφέρει ότι η αναλογία είναι μια διαδικασία: είναι η διαδικασία της εύρεσης ομοιοτήτων ανάμεσα σε διαφορετικές έννοιες ή εννοιολογικούς τομείς. Η γνωστή έννοια ονομάζεται βάση (base) ή πηγή (source) ή πιο σπάνια ανάλογο (analog) ή όχημα (vehicle) και η άγνωστη έννοια ονομάζεται στόχος (target) ή θέμα (topic). Η βάση είναι το μέρος της αναλογίας που θεωρείται γνωστό ή οικείο, ενώ ο στόχος αποτελεί την γνώση που πρέπει να εξηγηθεί και να κατανοηθεί. Τόσο η βάση όσο και ο στόχος έχουν κάποιες ιδιότητες και κάποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Εάν αυτοί οι δύο τομείς παρουσιάζουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά τότε μπορεί να δημιουργηθεί μια αναλογία που να τους συνδέει. Αυτή η σύγκριση, οπτική ή λεκτική, των χαρακτηριστικών των δύο οντοτήτων ονομάζεται αντιστοίχηση (mapping).
Οι Duit et al. (2001) υποστηρίζουν ότι υπάρχουν δύο είδη γνωρισμάτων τα οποία είναι κοινά στη βάση και στο στόχο: α) απλές ιδιότητες ή λειτουργικά χαρακτηριστικά, όπως γεωμετρικά

χαρακτηριστικά ή χρώμα και β) βαθύτερες ιδιότητες ή δομικά χαρακτηριστικά. Ο Glynn (2008) ορίζει ποια χαρακτηριστικά μπορούν να θεωρηθούν ως ανάλογα ανάμεσα στα δύο μέρη μιας αναλογίας. Αυτά που: α) παρουσιάζουν μια φυσική ή δομική ομοιότητα, δηλαδή όταν μοιάζουν εξωτερικά ή έχουν μία παρόμοια μορφολογία β) παρουσιάζουν μια λειτουργική ομοιότητα, δηλαδή όταν ενεργούν με παρόμοιο τρόπο γ) παρουσιάζουν μια επακόλουθη ομοιότητα, δηλαδή όταν μια παρόμοια ή η ίδια αιτία δημιουργεί παρόμοια αποτελέσματα.

Όμως εκτός από τα κοινά τους χαρακτηριστικά, οι δύο τομείς παρουσιάζουν και διαφορές οι οποίες πρέπει να επισημανθούν, ώστε να μην δημιουργήσουν παρανοήσεις. Τα μη κοινά γνωρίσματα είναι μέρος της φύσης της αναλογίας. Δεν ορίζεται αναλογία όταν οι ιδιότητες της βάσης και του στόχου είναι ταυτόσημες (π.χ. στην σύγκριση του ενός ανθρώπινου ματιού με το άλλο) ή κυριολεκτικά παρόμοιες (π.χ. στην σύγκριση του ανθρώπινου ματιού με το μάτι ενός άλλου θηλαστικού όπως ο λαγός).

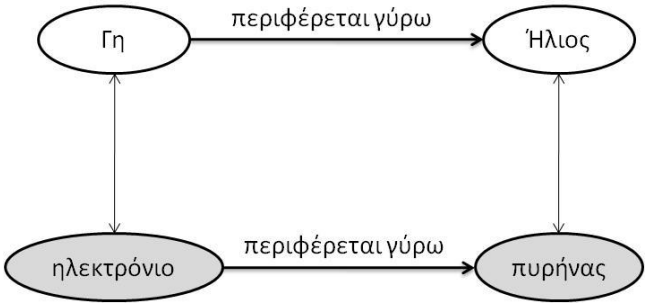
Ένας τρόπος αναπαράστασης μιας αναλογίας έχει τη μορφή ενός απλού τετραπόλου. Μια απλή αναλογία αποτελείται συνήθως από τέσσερις κόμβους–έννοιες, που συνδέονται ανά δύο μεταξύ τους με όμοιες σχέσεις. Η έννοια β_1 της βάσης αντιστοιχεί στην έννοια σ_1 του στόχου και η έννοια β_2 αντιστοιχεί στη σ_2. Οι έννοιες της βάσης και του στόχου συνδέονται μεταξύ τους με τις όμοιες σχέσεις Σ_1 και Σ_2 αντίστοιχα. Τα απλά βέλη δείχνουν σχέσεις μεταξύ εννοιών στον ίδιο τομέα, ενώ τα διπλά βέλη υποδηλώνουν αντιστοιχίσεις μεταξύ των δύο τομέων (Halford, 1993, Κουλαϊδής κ.ά., 2002).

Σχήμα 1: Τετράπολο



Για παράδειγμα στο ατομικό πρότυπο του Rutherford η δομή του ατόμου παρουσιάζεται ως ανάλογη της δομής του ηλιακού συστήματος. Τα ηλεκτρόνια περιφέρονται γύρω από τον πυρήνα που είναι στο κέντρο του ατόμου όπως η Γη και οι πλανήτες περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο, ο οποίος βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος.

Σχήμα 2: αναλογία δομής ατόμου-ηλιακό σύστημα



Ένας κανόνας που διέπει τις αναλογίες είναι αυτός της συμμετρίας (Duit, 1991). Ο τομέας της βάσης και του στόχου δεν παρουσιάζουν κάποια ιεραρχία αλλά είναι οι δύο όψεις του

ίδιου νομίσματος. Δεν υπάρχει μια μοναδική κατεύθυνση στην αναλογική σχέση και η βάση μπορεί να προσεγγιστεί ως ανάλογη του στόχου και το αντίθετο. Δηλαδή ο τομέας-στόχος μιας αναλογίας μπορεί να λειτουργήσει σαν βάση σε μια άλλη αναλογία ή στην ίδια.

2. Μεθοδολογία

Τα σχολικά εγχειρίδια παίζουν σημαντικό ρόλο στην διδασκαλία και τη μάθηση και αποτελούν αντικείμενο έρευνας και αξιολόγησης. Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου καθορίζει το πώς θα διδάξει ο εκπαιδευτικός και έχει άμεση σχέση με το Αναλυτικό Πρόγραμμα (Μπονίδης, 2004; Σοφού, Κατσαντώνη & Ταβουλάρη, 2011). Η χρήση της αναλογίας στο γραπτό λόγο είναι δύσκολη και σε μερικές περιπτώσεις επικίνδυνη καθώς μπορεί να οδηγήσει σε παρανοήσεις, αφού ο συγγραφέας δεν είναι παρών για να λύσει τυχών απορίες των μαθητών. Για τους λόγους αυτούς είναι σημαντική η μελέτη και ανάλυση των σχολικών βιβλίων ως προς τη χρήση των αναλογίων. Για την συγκεκριμένη έρευνα επιλέχθηκαν να αναλυθούν 9 σχολικά εγχειρίδια Φυσικής τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που χρησιμοποιήθηκαν κατά το σχολικό έτος 2012-2013. Αρχικά καταγράφηκαν όλες οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται από τους συγγραφείς και κάθε αναλογία αναπαραστάθηκε με τη μορφή τετραπόλου ώστε να φαίνονται ξεκάθαρα οι έννοιες της βάσης και του στόχου και οι αντιστοιχίσεις τους, καθώς και οι αναλογικές σχέσεις που συνδέουν τις έννοιες όπως και τα χαρακτηριστικά του κάθε τομέα. Το πλέγμα ανάλυσης, που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των αναλογιών βασίζεται σε δύο σχήματα, που έχουν προταθεί για αυτόν τον σκοπό, το ένα από ξένους ερευνητές και το άλλο από Έλληνες. Δηλαδή, έγινε ένας συνδυασμός κριτηρίων από το σχήμα ανάλυσης που χρησιμοποίησαν στην έρευνά τους οι Thiele και Treagust (1994), και στο πλέγμα ανάλυσης που προτείνουν οι ερευνητές Κουλαϊδής κ.ά. (2002). Συνολικά το πλέγμα ανάλυσης, που τελικά υιοθετήθηκε, περιλαμβάνει 10 άξονες που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1: Πλέγμα ανάλυσης αναλογιών

1. Γνωστικό περιεχόμενο	
2. Τρόπος παρουσίασης	2.1 Λεκτικός 2.2 Οπτικός-Λεκτικός
3. Αναλογική σχέση	3.1 Δομική 3.2 Λειτουργική 3.3Δομική-Λειτουργική
4. Οριζόντια πληρότητα	4.1 Πλήρης 4.2 Ελλιπής βάση 4.3 Ελλιπής στόχος
5. Κατακόρυφη πληρότητα	5.1 Πλήρης 5.2 Λείπουν αντιστοιχίσεις 5.3 Λείπουν έννοιες
6. Οντολογική απόσταση	6.1 Μεγάλη 6.2 Μέτρια 6.3 Μικρή
7. Θέση στο κείμενο	7.1 Πριν το στόχο 7.2 Μαζί με το στόχο 7.3 Μετά το στόχο 7.4 Περιθώριο
8. Επίπεδο εμπλουτισμού	8.1 Απλή 8.2 Εμπλουτισμένη 8.3 Εκτεταμένη
9. Καταλληλότητα βάσης	9.1 Οικεία 9.2 Μέτρια κατανοητή 9.3 Μη οικεία
10. Περιορισμοί	10.1 Ναι 10.2 Όχι

3. Αποτελέσματα

Συνολικά καταγράφηκαν 40 σαφώς διακριτές αναλογίες στα 9 σχολικά εγχειρίδια που μελετήθηκαν με μέσο όρο 4,4 αναλογίες ανά βιβλίο. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά κατά άξονα.
Σε κάθε βιβλίο βρέθηκε τουλάχιστον μία αναλογία και η κατανομή τους φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2: συχνότητες αναλογιών

Τάξη	**Συχνότητα**	**Ποσοστό %**
Ε΄ Δημοτικοφ	2	5
ΣΤ΄ Δημοτικοφ	2	5
Β΄ Γυμναςίου	1	2,5
Γ΄ Γυμναςίου	5	12,5
Α΄ Λυκείου	5	12,5
Β΄ Λυκείου Γενικήσ	1	2,5
Β΄ Λυκείου Κατεφθυνςησ	1	2,5
Γ΄ Λυκείου Γενικήσ	10	25
Γ΄ Λυκείου Κατεφθυνςησ	13	32,5
Σύνολο	**40**	**100**

Γνωστικό περιεχόμενο: Το μεγαλύτερο ποσοστό αναλογιών αφορά τον τομέα του ηλεκτρισμού (25%) και ακολουθεί η ατομική φυσική (15%) , η πυρηνική φυσική (12,5%) και η σύγχρονη φυσική (12,5%). Οι περιοχές αυτές αποτελούνται από έννοιες με υψηλή αφαίρεση που είναι δύσκολα κατανοητές από τους μαθητές και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι αναλογίες ως γνωστικό εργαλείο.

Πίνακας 3: γνωστικό περιεχόμενο

Γνωστικό Περιεχόμενο	**Συχνότητα**	**Ποσοστό %**
Ηλεκτρισμόσ	10	25,0
Ηλεκτρομαγνητισμόσ	4	10,0
Ταλαντώςεισ	3	7,5
Ατομική Φυςική	6	15,0
Θερμοδυναμική	1	2,5
Οπτική	4	10,0
Κυματική	1	2,5
Πυρηνική Φυςική	5	12,5
Σχετικότητα	1	2,5
Σφγχρονη Φυςική	5	12,5
ΣΥΝΟΛΟ	**40**	**100,0**

Τρόπος παρουσίασης: Από το σύνολο των 40 αναλογιών οι 24 παρουσιάζονται λεκτικά (60%) και οι 16 οπτικά –λεκτικά (40%).

Αναλογική σχέση: η πλειοψηφία των αναλογιών εμφανίζει λειτουργική σχέση (75%). Τέσσερις αναλογίες παρουσιάζουν δομική σχέση (10%) και 6 αναλογίες (15%) εμφανίζουν κοινά δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Οριζόντια πληρότητα: 34 αναλογίες είναι πλήρεις (ποσοστό 85%), 5 (12,5%) εμφανίζουν ελλιπή επεξεργασία βάσης και 1 ελλιπή επεξεργασία στόχου.

Κατακόρυφη πληρότητα: 26 αναλογίες (65%) εμφανίζουν κατακόρυφη πληρότητα, ενώ σε 10 αναλογίες (25%) λείπουν μία ή και οι δύο αντιστοιχίσεις και σε 4 αναλογίες (10%) λείπει μία ανάλογη έννοια.

Οντολογική απόσταση: Καταγράφηκαν 14 τετράπολα (35%) με μεγάλη οντολογική απόσταση, 17 αναλογίες (42,5%) με μέτρια οντολογική απόσταση και 9 αναλογίες (22,5%) με μικρή οντολογική απόσταση.

Θέση στο κείμενο: Στις μισές αναλογίες που βρέθηκαν (50%) η βάση παρουσιάζεται μαζί με το στόχο. Σε 4 αναλογίες (10%) η βάση παρουσιάζεται πριν το στόχο, σε 10 αναλογίες (25%) μετά το στόχο, ενώ 6 αναλογίες (15%) παρουσιάζονται στη λεζάντα μιας εικόνας ή σε κάποιο ένθετο του βιβλίου.

Επίπεδο εμπλουτισμού: Καταγράφηκαν 10 απλές αναλογίες (25%), 22 εμπλουτισμένες αναλογίες (55%) και 8 εκτεταμένες αναλογίες (20%).

Καταλληλότητα βάσης: Από τις συνολικά 40 αναλογίες οι 29 (72,5%) κρίθηκε ότι διαθέτουν οικεία βάση στους μαθητές, 7 αναλογίες (17,5%) μέτρια κατανοητή βάση και 4 (10%) να έχουν μη οικεία βάση.

Περιορισμοί: Το μεγαλύτερο ποσοστό των αναλογιών (90%) δεν παρουσίαζε τους περιορισμούς της και μόνο 2 αναλογίες (5%) εξηγούσαν σε ποια σημεία η αναλογία έπαυε να ισχύει.

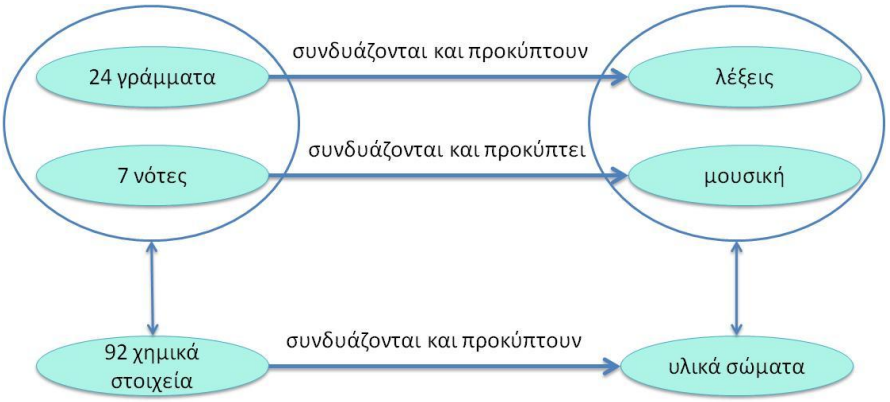
Παράδειγμα 1ο

Πηγή: Φυσικά Ε΄ Δημοτικού, κεφ.1, σελ. 14, γραμμή 17

Απόσπασμα:

«Όπως το πλούσιο λεξιλόγιο μας προκύπτει από τα 24 γράμματα του αλφαβήτου, όπως η μουσική πολυμορφία προκύπτει από τις 7 νότες, έτσι και όλη η ποικιλία των υλικών σωμάτων προκύπτει από 92 μόνο διαφορετικά στοιχεία.»

Σχήμα 3: αναπαράσταση αναλογίας σε τετράπολο



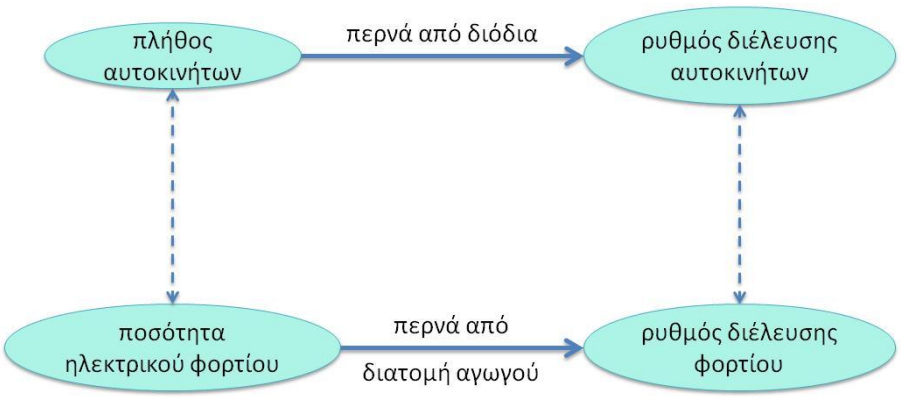
Πίνακας 4: Αποτελέσματα ανάλυσης

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ατομική Φυσική
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Οριζόντια Πληρότητα	Πλήρης
Κατακόρυφη Πληρότητα	Πλήρης
Οντολογική Απόσταση	Μικρή
Θέση στο κείμενο	Μετά το στόχο
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εκτεταμένη
Καταλληλότητα Βάσης	Οικεία
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

Παράδειγμα 2ο
Πηγή: Φυσική Α΄ Λυκείου, κεφ. 3.1, σελ. 239, γραμμή 2

Απόσπασμα:
«Ακούμε στις ειδήσεις ότι το Σάββατο από τις 8:00 π.μ. έως τις 11:00 π.μ., δηλαδή σε χρονική διάρκεια 3 ωρών, πέρασαν από τα διόδια της Ελευσίνας 2.100 αυτοκίνητα. Είναι φανερό ότι δε μας ενδιαφέρει μόνο το πλήθος των αυτοκινήτων που πέρασαν, αλλά και σε πόσο χρόνο πέρασαν, δηλαδή ο ρυθμός διέλευσης των αυτοκινήτων. Έτσι και στους αγωγούς δε μας ενδιαφέρει μόνο η ποσότητα του ηλεκτρικού φορτίου που περνά από μια διατομή του αγωγού, αλλά και σε πόσο χρόνο περνά δηλαδή ο ρυθμός διέλευσης του ηλεκτρικού φορτίου.»

Σχήμα 4: αναπαράσταση αναλογίας σε τετράπολο



Πίνακας 5: Αποτελέσματα ανάλυσης

Διαστάσεις Ανάλυσης	
Γνωστικό Περιεχόμενο	Ηλεκτρισμός
Τρόπος Παρουσίασης	Λεκτικός
Αναλογική Σχέση	Λειτουργική
Οριζόντια Πληρότητα	Πλήρης
Κατακόρυφη Πληρότητα	Λείπουν αντιστοιχίσεις
Οντολογική Απόσταση	Μέτρια
Θέση στο κείμενο	Πριν το στόχο
Επίπεδο Εμπλουτισμού	Εμπλουτισμένη
Καταλληλότητα Βάσης	Οικεία
Περιορισμοί Αναλογίας	Όχι

4. Συμπεράσματα

Οι συγγραφείς φαίνεται να μην κάνουν εκτεταμένη χρήση αναλογιών στα σχολικά εγχειρίδια που μελετήθηκαν. Ο αριθμός των αναλογιών που καταγράφηκαν ήταν πολύ μικρός με μέσο όρο 4,4 αναλογίες ανά βιβλίο που είναι ακόμα μικρότερος από το μέσο όρο (6,5) που κατέγραψαν οι Κουλαϊδής κ.ά (2002) στην έρευνά τους, ενώ ο Yener (2012) κατέγραψε 12,5 αναλογίες ανά βιβλίο φυσικής και η Jonāne (2015) βρήκε 10,4 αναλογίες και ο Akçay 11,2 αναλογίες κατά μέσο όρο. Οι περισσότερες αναλογίες βρέθηκαν στο Λύκειο και συγκεκριμένα στην τάξη της Γ΄ Λυκείου. Είναι αξιοσημείωτο ότι οι πάνω από τις μισές αναλογίες (57,5%) βρέθηκαν στα δύο βιβλία Φυσικής της Γ΄ Λυκείου. Στο δημοτικό γίνεται ελάχιστη χρήση αναλογιών, γιατί οι φυσικές έννοιες δεν αναλύονται σε βάθος και οι μαθητές έχουν μικρό γνωστικό υπόβαθρο. Όσο προχωράμε ηλικιακά, οι μαθητές σε μεγαλύτερες τάξεις έχουν αναπτύξει περισσότερες γνωστικές δομές και νοητικές αναπαραστάσεις, οπότε είναι πιο εύκολο να χρησιμοποιήσουν την προϋπάρχουσα γνώση και να την συνδέσουν με κάτι άγνωστο μέσω του αναλογικού συλλογισμού. Επιπρόσθετα, η ύλη της Γ΄ Λυκείου είναι σε πλήθος και σε δυσκολία αρκετά μεγαλύτερη και οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με πολλές καινούριες και αφηρημένες έννοιες, οπότε επιστρατεύεται η στρατηγική της αναλογίας για να συνδέσει το οικείο με το άγνωστο. Οι αναλογίες χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές για να εξηγήσουν αφηρημένες έννοιες ή έννοιες που δεν είναι ορατές με τις αισθήσεις, ειδικά στο πεδίο του ηλεκτρισμού, της ατομικής και της πυρηνικής φυσικής, όπως και της σύγχρονης φυσικής. Είναι χαρακτηριστική η περίπτωση σύνδεσης της κλασσικής φυσικής με τις νέες θεωρίες της κβαντομηχανικής.

Η πλειοψηφία των αναλογιών που μελετήθηκαν παρουσιάζουν οριζόντια πληρότητα. Μόνο 6 από τις 40 αναλογίες παρουσιάζουν ελλείψεις, κάτι το οποίο δημιουργεί δυσκολίες στην κατανόηση της αναλογίας και ο μαθητής θα πρέπει ο ίδιος να συμπληρώσει τα κενά στην δομή της, ώστε στη συνέχεια να γίνει η σωστή αντιστοίχηση ανάμεσα στους δύο τομείς.

Μικρότερη σημασία φαίνεται να δίνουν οι συγγραφείς στην κατακόρυφη πληρότητα, δηλαδή στη μία προς μία αντιστοίχηση των εννοιών της βάσης και του στόχου. Έτσι, ένα σημαντικό ποσοστό αναλογιών (35%) δεν παρουσιάζει κατακόρυφη πληρότητα, επειδή έχει ελλείψεις στις αντιστοιχίσεις των εννοιών ή επειδή απουσιάζουν οι ίδιες οι έννοιες. Σε αυτή την περίπτωση ο αναγνώστης θα πρέπει να υποθέσει ποια έννοια της βάσης αντιστοιχεί σε ποια έννοια του στόχου, ώστε να βγάλει σωστά συμπεράσματα, διαφορετικά θα οδηγηθεί σε

παρερμηνείες. Ειδικά όταν λείπει κάποια έννοια, η αναλογία δεν είναι ούτε οριζόντια πλήρης και αποδυναμώνεται αισθητά ο ρόλος της και η ερμηνευτική της ισχύς.

Ένα σημαντικό ποσοστό αναλογιών (72,5%) χρησιμοποιούν ως βάση εννοιολογικούς τομείς οικείους προς τους μαθητές. Το υπόλοιπο ποσοστό (27,5%) εισάγουν βάσεις μέτρια κατανοητές ή καθόλου κατανοητές και με αυτό τον τρόπο εμποδίζουν τους μαθητές να προσεγγίσουν και να καταλάβουν τον μη οικείο στόχο. Επίσης, είναι σημαντικό οι αναλογίες να χαρακτηρίζονται από μεγάλη οντολογική απόσταση ανάμεσα στις έννοιες της βάσης και του στόχου. Για μεγαλύτερη διευκρίνιση, οι έννοιες της βάσεις πρέπει να αναφέρονται σε συγκεκριμένες οντότητες, ενώ ο στόχος σε αφηρημένες έννοιες. Στη συγκεκριμένη έρευνα, όμως, βρέθηκε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αναλογιών (65%) παρουσιάζουν μέτρια ή μικρή οντολογική απόσταση με αποτέλεσμα να δυσχεραίνεται η κατανόηση της αναλογίας.

Η συντριπτική πλειοψηφία αναλογίων, που καταγράφηκαν (90%) έκαναν λόγο για τις ομοιότητες, που υπάρχουν στην λειτουργία ή στη συμπεριφορά ανάμεσα στην βάση και στον στόχο. Έτσι φαίνεται ότι είναι αρκετά σημαντικό να υπάρχει μια αναλογική σχέση, που να αφορά τα κοινά λειτουργικά χαρακτηριστικά των δύο τομέων. Επίσης, μια σημαντική πλειοψηφία αναλογιών (75%) ήταν είτε εμπλουτισμένες, είτε εκτεταμένες, που δείχνει ότι οι συγγραφείς αναφέρουν τα κοινά χαρακτηριστικά των δύο οντοτήτων και εξηγούν τις ομοιότητες τους, εκπληρώνοντας έτσι το ρόλο που έχουν οι αναλογίες στη μάθηση.

Η χρήση σωστά σχεδιασμένων και κατάλληλων αναλογιών ως διδακτικά εργαλεία μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές στην κατανόηση των εννοιών και των φαινομένων της Φυσικής (Richland & Simms, 2015). Στην κατασκευή των αναλογιών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και οι παρανοήσεις που έχουν για συγκεκριμένες έννοιες και φαινόμενα. Έτσι, γίνεται η σωστή επιλογή του τομέα της βάσης, η οποία θα μεταδώσει της πληροφορίες, μέσω της διαδικασίας της αντιστοίχησης, στον άγνωστο και προς κατανόηση τομέα του στόχου. Θα πρέπει, επίσης, να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στους περιορισμούς της αναλογίας καθώς σε κάθε αναλογία υπάρχει ένα σημείο στο οποίο αυτή καταρρέει (Orgill, 2013). Έτσι, οι συγγραφείς θα πρέπει να αναφέρουν ρητά τα αδύναμα σημεία της, ώστε οι μαθητές να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί κατά την χρήση της. Τα σχολικά εγχειρίδια αποτελούν την κύρια πηγή αναλογιών για τους μαθητές, οπότε πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή από τους συγγραφείς για το σωστό τρόπο χρήσης και παρουσίασής τους.

5. Βιβλιογραφία

Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Χρηστίδου, Β. & Σκλαβενίτη, Σ. (2002). Τα κείμενα της τεχνο-επιστήμης στον δημόσιο χώρο (1η εκδ.). Αθήνα: Μεταίχμιο.

Μπονίδης, Κυριάκος Θ. (2004). Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου ως αντικείμενο έρευνας: διαχρονική εξέταση της σχετικής έρευνας και μεθοδολογικές προσεγγίσεις (1η εκδ.). Αθήνα: Μεταίχμιο.

Σοφού, Ε., Κατσαντώνη, Σ. & Ταβουλάρη, Ζ. (2011). Η διδακτική της χρήσης των σχολικών βιβλίων. Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων (17).

Akçay S. (2016). Analysis of Analogy Use in Secondary Education Science Textbooks in Turkey. Educational Research and Reviews. 11(19), 1841-1851.

Duit, R., Roth, W.-M., Komorek, M. & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies-between Scylla and Charybdis. Learning and Instruction, 11(4-5), 283–303.

Duit, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in learning science. Science education, 75(6), 649-672.

Glynn, S. M. (2008). Making science concepts meaningful to students: teaching with analogies. Four decades of research in science education.

Halford, G. S. (1993). Children's Understanding: The Development of Mental Models, Routledge.

Holyoak, K. J. (2012). Analogy and relational reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), The Oxford handbook of thinking and reasoning (pp. 234-259). New York: Oxford University Press.

Jonāne, L. (2015). Analogies in Science Education. Pedagogika, 119(3), 116-125.

Orgill, M., Bussey, T. J. & Bodner, G. M. (2015). Biochemistry instructors' perceptions of analogies and their classroom use. Chem. Educ. Res. Pract., 16, 731-746.

Orgill, M. K. (2013). How Effective Is the Use of Analogies in Science Textbook. In M. S. Khine(Ed.). Critical Analysis of Science Textbooks: Evaluating instructional effectiveness. Springer.

Richland, L. E. & Simms, N. (2015). Analogy, higher order thinking, and education. WIREs Cognitive Science, 6(2), 177-192.

Thiele, R. B. & Treagust, D. F. (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. Instructional Science, 22(1), 61–74.

Yener, D. (2012). A study on analogies presented in high school physics textbooks. Asia- Pacific Forum on Science Learning and Teaching, 13(1).

ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ Φ.Ε. ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΟΥΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ

Ευάγγελος Βραγοτέρης, Δημήτριος Ψύλλος

ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Τα επιστημονικά μοντέλα αποτελούν απλοποιημένες απεικονίσεις που εμπεριέχουν τη θεωρία, την ιδέα, ή/και το νόμο που διέπουν το στόχο (αντικείμενο, φαινόμενο, διαδικασία). Έρευνες για τη χρήση τους στη διδασκαλία των Φ.Ε. έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν αρκετά ενημερωμένες αντιλήψεις για τα επιστημονικά μοντέλα. Στην παρούσα έρευνα φάνηκε ότι οι αντιλήψεις των έμπειρων εκπαιδευτικών Φ.Ε. για τη φύση και λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων προσέγγιζαν ικανοποιητικά τις επιστημονικά αποδεκτές. Το επίπεδο των αντιλήψεών τους ως προς την πολλαπλότητα και αλλαγή των επιστημονικών μοντέλων κρίθηκε επίσης ικανοποιητικό. Τέλος, δεν παρατηρείται ικανοποιητική συνέπεια ανάμεσα στο «τι πιστεύουν» και στο «τι κάνουν» οι εκπαιδευτικοί.

Abstract

Scientific models are simplified depictions that contain the theory, the concept and/or the law that rules the target (object, phenomenon, procedure). The results of the studies on their use in science teaching showed that teachers have limited knowledge on scientific models. The results of this study indicated that experienced science teachers' conceptions as to the nature and the functions of the models were sufficiently close to the scientifically accepted ones. The level of their conceptions as to the multiplicity and the change in scientific models was also satisfactory. Unsatisfactory consistency observed between "what teachers believe" and "what teachers do".

1. Εισαγωγή

Τα επιστημονικά μοντέλα βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν και να προβλέψουν πως ένα αντικείμενο λειτουργεί, πως μια διαδικασία λαμβάνει χώρα ή πως ένα φαινόμενο εξελίσσεται και αποτελούν ερευνητικά εργαλεία για έλεγχο υποθέσεων (Πετρίδου 2008, Schwarz & White 2005). Η χρήση τους στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς συμβάλουν στην επιστημολογική τους ενημερότητα. και στην εξέλιξη της γνώσης των μαθητών. Σε έρευνες παρατηρείται ότι εκπαιδευτικοί Φ.Ε. κατέχουν σε μεγάλο βαθμό εναλλακτικές αντιλήψεις για τα επιστημονικά μοντέλα (Aktan 2013, Justi & Gilbert 2003) και στις πρακτικές τους δεν εμπλέκουν ενεργά τους μαθητές στις διαδικασίες μοντελοποίησης κατά τη διδακτική τους πρακτική (Drechsler & van Driel 2008, van Driel & Verloop 2002). Στην Ελλάδα οι αντίστοιχες έρευνες είναι περιορισμένες (Πετρίδου & Ψύλλος 2008). Σκοπός, λοιπόν, της έρευνας ήταν να διερευνηθούν οι αντιλήψεις και οι πρακτικές των εκπαιδευτικών Φ.Ε στη χώρα μας.

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Σύμφωνα με επισκοπήσεις ερευνών είναι αναγκαίο οι εκπαιδευτικοί Φ.Ε. να είναι ενημερωμένοι για τα χαρακτηριστικά των μοντέλων που αφορούν στη φύση, σκοπό/λειτουργία, πολλαπλότητα,

αλλαγή και να εμπλέκουν ενεργά τους μαθητές τους σε διαδικασίες μοντελοποίησης (Aktan 2013, Justi & Gilbert 2003, Khan 2011, Oh & Oh 2011). Στο πλαίσιο αυτό διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις έμπειρων εκπαιδευτικών Φ.Ε. ως προς τα επιστημονικά μοντέλα και οι βασισμένες σε αυτά πρακτικές τους. Τα ερευνητικά ερωτήματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, ανάλογα με το αν αφορούν στις αντιλήψεις των συμμετεχόντων σχετικά με επιστημολογικά χαρακτηριστικά των μοντέλων (κατηγορία Α) και στις βασισμένες σε μοντέλα πρακτικές των συμμετεχόντων κατά τη διδακτική διαδικασία (κατηγορία Β):

Α.1. Ποιό είναι το επίπεδο κατανόησης των έμπειρων καθηγητών Φ.Ε. ως προς τη φύση και τις λειτουργίες των επιστημονικών μοντέλων;

Α.2. Ποιές είναι οι απόψεις των έμπειρων καθηγητών Φ.Ε. σχετικά με την πολλαπλότητα και την αλλαγή των μοντέλων;

Β.1. Πώς χρησιμοποιούν τα μοντέλα στη διδακτική διαδικασία οι έμπειροι καθηγητές Φ.Ε.;

Για τη μελέτη των ερευνητικών ερωτημάτων σχεδιάστηκε ημι-δομημένη συνέντευξη μέσης διάρκειας περίπου 15 λεπτών, βάσει σχετικών ερευνών (Aktan 2013, van Driel & Verloop 2002), η οποία εφαρμόστηκε σε οκτώ έμπειρους καθηγητές Φ.Ε. με παρόμοια τυπικά προσόντα και διδακτική εμπειρία. Η συνέντευξη περιελάμβανε ερωτήματα σχετικά με τη φύση (πχ «Τι σκεφτόσαστε όταν ακούτε τη λέξη «επιστημονικό μοντέλο» στις Φ.Ε.;»), τη λειτουργία (πχ «Για ποιούς σκοπούς χρησιμοποιούνται μοντέλα στις Φ.Ε.»;), την πολλαπλότητα (πχ «Μπορεί σε ένα φαινόμενο να αναφέρονται περισσότερα του ενός μοντέλα»;) και την αλλαγή των μοντέλων (πχ «Μπορεί ένα μοντέλο να ελεγχθεί ή να μπει σε δοκιμασία για το αν συμπεριφέρεται σύμφωνα με το σκοπό για τον οποίο δημιουργήθηκε»;), καθώς και ερωτήματα σχετικά με τη βασισμένη σε μοντέλα διδακτική πρακτική των εκπαιδευτικών του δείγματος (πχ «Περιγράψτε μια τυπική/συνήθη ώρα διδασκαλίας κατά την οποία χρησιμοποιείτε μοντέλα. Ποιές θεματικές αφορούν;»). Ακολούθησε ανάλυση περιεχομένου των κειμένων των απομαγνητοφωνημένων συνεντεύξεων, μέσω της οποίας έγινε η ταξινόμηση των αντιλήψεων των συμμετεχόντων ως προς τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά των μοντέλων. Η ταξινόμηση των αντιλήψεων έγινε με βάση πρωτόκολλο ταξινόμησης τριών Επιπέδων (1-μακριά από τις επιστημονικά αποδεκτές (naive, απλοϊκό), 2-ενδιάμεσο, 3-(ενημερωμένο, sophisticated)-κοντά στις επιστημονικά αποδεκτές το οποίο έχει χρησιμοποιηθεί και εγκυροποιηθεί στη βιβλιογραφία (Grosslight et al. 1991, Soulios & Psillos 2015). Επίσης έγινε η κατηγοριοποίηση των ίδιων των συμμετεχόντων για τη δημιουργία προφίλ (patterns) των εκπαιδευτικών του δείγματος, βάση των αντιλήψεων για τις διαστάσεις των μοντέλων ανά εκπαιδευτικό και της βασισμένης σε μοντέλα διδασκαλίας τους, με έμφαση στη συνέπεια μεταξύ αντιλήψεων και διδακτικής πρακτικής.

3. Αποτελέσματα

Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών του δείγματος ($K_{1,2...8}$) παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Ταξινόμηση αντιλήψεων εκπαιδευτικών για τις επιστημονικές διαστάσεις των μοντέλων.

Διάσταση	**Επίπεδο 1**	**Επίπεδο2**	**Επίπεδο 3**	**Επίπεδο 2 & 3**
Φύση	K_6, K_8		K_2, K_3, K_5, K_7	K_1, K_4
Λειτουργία	K_4, K_6	K_2, K_3, K_5, K_8	K_1, K_7	
Πολλαπλότητα		K_2, K_6	K_1, K_3, K_4, K_5, K_7, K_8	
Αλλαγή		K_2, K_3, K_4, K_6, K_8	K_1, K_5, K_7	

3.1. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη φύση των επιστημονικών μοντέλων

Από τον Πίνακα 1 παρατηρείται ότι δύο από τους/τις οκτώ εκπαιδευτικούς (K_1, K_2) έχουν αντιλήψεις σχετικές με τη φύση του μοντέλου που ανήκουν στο ενδιάμεσο Επίπεδο 2 & 3. Συγκεκριμένα, η K_1 φαίνεται να θεωρεί ότι το μοντέλο αποτελεί μόνο αναπαράσταση ενός φαινομένου, μιας διαδικασίας ή/και ενός συστήματος (Επίπεδο 2). Δύο εκ των εκπαιδευτικών (K_6 και K_8) κατετάγησαν στο Επίπεδο 1, όσον αφορά τις αντιλήψεις τους για τη φύση του επιστημονικού μοντέλου (Πίνακας 1). Στις απαντήσεις της K_6 φαίνεται να θεωρεί πως το μοντέλο είναι μια μέθοδος διδασκαλίας. Οι αντιλήψεις των υπόλοιπων τεσσάρων εκπαιδευτικών (K_2, K_3, K_5, K_7) ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 3 (Πίνακας 1), θεωρώντας ότι το μοντέλο αναπαριστά τις ιδέες και τις θεωρίες που περιέχονται σε ένα φαινόμενο, μια διαδικασία, ένα σύστημα και ότι δεν αναπαριστά με πιστή ομοιότητα την πραγματικότητα, αλλά μόνο επιλεγμένες λειτουργίες του στόχου.

3.2. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη λειτουργία του μοντέλου

Για τη διάσταση της λειτουργίας του μοντέλου, στον Πίνακα 1, παρατηρείται ότι μόνο δύο εκ των συμμετεχόντων/ουσών κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 3 (K_1, K_7). Χαρακτηριστική είναι η απάντηση της K_7, σύμφωνα με την οποία θεωρεί ότι τα μοντέλα μπορεί να χρησιμοποιηθούν τόσο για εξήγηση, όσο και για πρόβλεψη, αντιμετωπίζοντας το μοντέλο ως κίνητρο σκέψης και διατύπωσης υποθέσεων. Οι μισοί/ές από τους/τις εκπαιδευτικούς (K_2, K_3, K_5, K_8) ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 2 (Πίνακας 1). Χαρακτηριστική είναι η απάντηση του K_5, ο οποίος θεωρεί ότι το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για διδακτικούς λόγους, προκειμένου ο δάσκαλος να εξηγήσει κάτι στους μαθητές και στις μαθήτριές του, για να συνδέσουν το φαινόμενο με την καθημερινότητα. Στο Επίπεδο 1, όσον αφορά τις αντιλήψεις τους για τη λειτουργία των μοντέλων, κατατάχθηκαν δύο μόνο εκπαιδευτικοί (K_4, K_6). Χαρακτηριστική είναι η απάντηση της K_6, η οποία φαίνεται να θεωρεί ότι το μοντέλο χρησιμοποιείται μόνο για να απλουστεύει, να παρουσιάσει, να διευκρινίσει το θέμα που μελετάται.

3.3. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για την πολλαπλότητα του μοντέλου

Όπως παρατηρείται από τον Πίνακα 1 οι αντιλήψεις μόνο δύο καθηγητριών (K_2, K_6) κατατάσσονται στο Επίπεδο 2, ενώ όλων των υπολοίπων ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 3. Συγκεκριμένα, η K_2 αν και θεωρεί πως μπορούν να υπάρχουν πολλαπλά μοντέλα για την ίδια αναπαριστώμενη οντότητα θεωρεί και ότι τα πολλαπλά μοντέλα διαμορφώνονται ανάλογα με το κοινό στο οποίο απευθύνονται. Οι εκπαιδευτικοί των οποίων οι αντιλήψεις ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 3, θεωρούν πως χρειάζονται πολλαπλά μοντέλα για την αναπαράσταση και την εξήγηση ενός συστήματος πραγματικού κόσμου, αλλά και ότι τα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν με πολλές μορφές αναπαράστασης που να εστιάζουν σε διαφορετικά σημεία της θεωρίας.

3.4. Αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για την αλλαγή του μοντέλου

Σύμφωνα με τον Πίνακα 1 οι περισσότεροι/ες από τους/τις εκπαιδευτικούς (K_2, K_3, K_4, K_6, K_8) όσον αφορά τη διάσταση της αλλαγής του μοντέλου, ταξινομήθηκαν στο Επίπεδο 2, θεωρώντας ότι ένα μοντέλο μπορεί να αλλάξει όταν δεν ικανοποιεί εκπαιδευτικούς σκοπούς λόγω αλλαγής στη διδακτική και στην Επιστήμη. Τρεις εκπαιδευτικοί (K_1, K_5, K_7) κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 3, καθώς είτε θεωρούν ότι η αλλαγή του μοντέλου γίνεται αν τα δεδομένα του δεν συμφωνούν με τα δεδομένα του πραγματικού κόσμου (K_1), είτε αντιλαμβάνονται ότι το μοντέλο είναι προσωρινό στη Φύση και αλλάζει από έναν

επιστήμονα, ο οποίος αλλάζει το μοντέλο προκειμένου να τον βοηθήσει να προχωρήσει στην έρευνά του, έτσι ώστε τα δεδομένα του μοντέλου να έρθουν σε συμφωνία με τα δεδομένα της πραγματικότητας (K_5, K_7).

3.5. Διδακτική αξιοποίηση επιστημονικών μοντέλων από τους/τις εκπαιδευτικούς

Επισημαίνουμε ότι αυτό που προκύπτει από την ανάλυση των συνεντεύξεων είναι ότι οι εκπαιδευτικοί, στο σύνολό τους, δεν προάγουν τη διδασκαλία των επιστημολογικών χαρακτηριστικών των μοντέλων, κατά τη διδακτική διαδικασία. Οι πρακτικές που αναλύουμε στη συνέχεια αφορούν στην κατανόηση των επιστημονικών γνώσεων με τα μοντέλα.
Όπως έγινε αντιληπτό από τις απαντήσεις τους, οι συμμετέχοντες/ουσες στην έρευνα εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τα επιστημονικά μοντέλα στη διδακτική τους πρακτική. Ωστόσο, μόνο δύο εκ των συμμετεχόντων/ουσών στην έρευνα (K_1, K_7) χρησιμοποιούν μαθητοκεντρική διδασκαλία όσον αφορά τα μοντέλα, εμπλέκοντας ενεργά τους/τις μαθητές/τριες τους στη βασισμένη σε μοντέλα διδακτική διαδικασία που ακολουθούν. Συγκεκριμένα, στη διδασκαλία της K_7 οι μαθητές και οι μαθήτριες εμπλέκονται ενεργά χωρίς να οικοδομούν τα δικά τους μοντέλα, αλλά με το να χρησιμοποιούν έτοιμα μοντέλα για να εξηγήσουν ή/και να προβλέψουν φαινόμενα. Στην περίπτωση της K_1 οι μαθητές και οι μαθήτριες χρησιμοποιούν τα έτοιμα μοντέλα που τους δίνονται και για να κατασκευάσουν τα δικά τους. Επισημαίνουμε ότι οι K_1 και K_7 κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 3 όσον αφορά τις αντιλήψεις τους για τη λειτουργία των επιστημονικών μοντέλων. Υπάρχει δηλαδή συνέπεια ανάμεσα στις απόψεις τους για τη συγκεκριμένη διάσταση των επιστημονικών μοντέλων και στο τρόπο με τον τις εφαρμόζουν στη διδακτική πρακτική. Οι υπόλοιποι/ες συμμετέχοντες/ουσες (K_2, K_3, K_4, K_5, K_6, K_8) δεν ανέφεραν στις απαντήσεις τους ότι περιλαμβάνουν στη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία τους την ενεργή συμμετοχή των μαθητών/τριών τους. Εντούτοις, τα εντάσσουν στις διδακτικές διαδικασίες που ακολουθούν. Από αυτούς/ές, ο K_5, αν και στη διδασκαλία του το μοντέλο κατέχει κεντρικό ρόλο στην επεξήγηση φαινομένων, δεν εμπλέκει ενεργά τους/τις μαθητές/τριες, ενώ η K_2 εκτός απ' το ότι χρησιμοποιεί τα μοντέλα στη διδασκαλία της για να επεξηγήσει ένα φαινόμενο, τα χρησιμοποιεί και για την ανάκληση υπαρχόντων γνώσεων. Ούτε στην περίπτωσή της όμως οι μαθητές/τριες εμπλέκονται ενεργά.
Και οι τρεις εκπαιδευτικοί που κατατάχθηκαν στο Επίπεδο 3 (K_1, K_5, K_7), όσον αφορά τις απόψεις τους για την αλλαγή των μοντέλων ανέφεραν ότι αλλάζουν τα μοντέλα που χρησιμοποιούν λαμβάνοντας υπόψιν τις απαντήσεις των μαθητών/τριων τους. Ωστόσο, δεν έφτασαν στο Επίπεδο 3 όσον αφορά τη διδακτική πρακτική τους, καθώς η αλλαγή του μοντέλου που εφαρμόζουν γίνεται μόνο επειδή αυτό δεν συμφωνεί με τους σκοπούς του κατασκευαστή του, αντίληψη που αντιστοιχεί στο Επίπεδο 2 του προτύπου των Grosslight et al. 1991. Επίσης, από τους/τις πέντε εκπαιδευτικούς που είχαν καταταγεί στο Επίπεδο 2 για την αλλαγή των μοντέλων, μόνο δύο εξ αυτών φαίνεται να εφαρμόζουν τις απόψεις τους για τα μοντέλα στην πράξη. Οι υπόλοιποι/ες, ενώ λαμβάνουν υπόψιν τις απαντήσεις των μαθητών για το γενικότερο σχεδιασμό του μαθήματος, δεν φαίνεται να τους επηρεάζουν ως προς τα μοντέλα που χρησιμοποιούν, αλλά μόνο στον τρόπο που θα τα εντάξουν ως κομμάτι της διδασκαλίας τους.

3.6. Προφίλ συμμετεχόντων/ουσώ εκπαιδευτικών

Τα προφίλ των εκπαιδευτικών προέκυψαν λαμβάνοντας υπόψιν, τόσο τις αντιλήψεις τους για τις διαστάσεις των επιστημονικών μοντέλων, όσο και για τις απαντήσεις που έδωσαν όσον αφορά τη διδακτική τους πρακτική. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται συνοπτικά για τον/την

κάθε εκπαιδευτικό το επίπεδο κατανόησης του/της ανά διάσταση του μοντέλου, όπως προκύπτει από τον Πίνακα 1.

Πίνακας 2. Ταξινόμηση αντιλήψεων για τις διαστάσεις των μοντέλων ανά εκπαιδευτικό.

	Διάσταση			
Εκπαιδευτικός	**Φύση**	**Λειτουργία**	**Πολλαπλότητα**	**Αλλαγή**
K_1	Επίπεδο 2&3	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
K_2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2
K_3	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2
K_4	Επίπεδο 2&3	Επίπεδο 1	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2
K_5	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
K_6	Επίπεδο 1	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 2
K_7	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3	Επίπεδο 3
K_8	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3	Επίπεδο 2

Επιπλέον, έγινε αποδελτίωση για τον κάθε ένα και την κάθε μία εκπαιδευτικό όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίον εφαρμόζουν τη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία τους, με έμφαση στη συνέπεια μεταξύ αντιλήψεων και διδακτικής πρακτικής.

Η K_1 εφαρμόζει τις αντιλήψεις που έχει για τη λειτουργία και την πολλαπλότητα των μοντέλων στη διδακτική της πρακτική (Επίπεδο 3). Επιπλέον, αναφέρει ότι αλλάζει τα μοντέλα που χρησιμοποιεί στην τάξη ανάλογα με τις ερωτήσεις των μαθητών και των μαθητριών της.

Η K_2 χρησιμοποιεί τα επιστημονικά μοντέλα μόνο ως βοηθητικό μέσο για την ανάκληση προηγούμενων γνώσεων των μαθητών/τριών και για την επεξήγηση φαινομένων. Εμφανίζεται λοιπόν συνεπής ως προς το Επίπεδο 2 για τη λειτουργία των μοντέλων. Επιπλέον, αλλάζει τον τρόπο με τον οποίον οικοδομεί τα μοντέλα που χρησιμοποιεί στη διδασκαλία της, όταν δεν ικανοποιούνται οι εκπαιδευτικοί στόχοι, όντας συνεπής ως προς το Επίπεδο 2 για την αλλαγή των μοντέλων.

Ο K_3 χρησιμοποιεί τα μοντέλα ως βοηθητικά εργαλεία για την επεξήγηση φαινομένων, πρακτική που συνάδει με τις αντιλήψεις του για τη λειτουργία των μοντέλων (Επίπεδο 2). Επιπλέον, δεν αλλάζει το μοντέλο που χρησιμοποιεί στη διδασκαλία του με βάση τις αντιλήψεις των μαθητών και μαθητριών του. Δεν φαίνεται δηλαδή να υπάρχει συνέπεια ανάμεσα στις απόψεις του και στη διδακτική του πρακτική για τη διάσταση της αλλαγή των μοντέλων.

Η K_4 χρησιμοποιεί τα μοντέλα στη διδακτική της πρακτική μόνο για να εξηγήσει ένα φαινόμενο. Δεν αναφέρει τη χρήση πολλαπλών μοντέλων, ενώ αλλάζει τα μοντέλα που χρησιμοποιεί στην περίπτωση που δεν ικανοποιούν εκπαιδευτικούς σκοπούς. Ως προς την αλλαγή, παρατηρείται συνέπεια με το Επίπεδο 2 των αντιλήψεών της. Όσον αφορά όμως την πολλαπλότητα των μοντέλων, ενώ με βάση τις αντιλήψεις της έχει καταταχθεί στη Επίπεδο 3, δεν κάνει κάποια αναφορά σε σχέση με τη διδακτική της πρακτική.

Στη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία του K_5, αυτά κατέχουν κεντρικό ρόλο. Δεν εμπλέκει όμως τους μαθητές και τις μαθήτριές του ενεργά, αλλά τα χρησιμοποιεί μόνο για επεξήγηση φαινομένων. Παρουσιάζει συνέπεια ως προς το Επίπεδο 2 των αντιλήψεών του για τη λειτουργία των μοντέλων. Επιπλέον, αλλάζει τα μοντέλα, όταν αυτά δεν εξυπηρετούν τους

διδακτικούς του σκοπούς, κάτι που το καθιστά συνεπή και ως προς το Επίπεδο 2 των αντιλήψεών του για την αλλαγή των μοντέλων.
Στις απαντήσεις της που είχαν να κάνουν με τη βασισμένη σε μοντέλα διδασκαλία της, η K_6 δεν δίνει κάποια ξεκάθαρη απάντηση, παρά μόνο στην αλλαγή, όπου αναφέρει ότι αλλάζει τα μοντέλα, χωρίς πάλι να γίνεται σαφής.
Η K_7 έχει ίδια στάση με την K_1 ως προς τις διαστάσεις της λειτουργίας, της πολλαπλότητας και της αλλαγής των μοντέλων.
Ο K_8 χρησιμοποιεί στην τάξη τα μοντέλα μόνο για επεξηγηματικούς σκοπούς, ενώ δεν κάνει κάποια αναφορά για τη χρήση πολλαπλών μοντέλων στη διδακτική τους πρακτική. Υπάρχει ασυνέπεια σε ό,τι αφορά αυτή τη διάσταση, καθώς ταξινομήθηκε στο Επίπεδο 3 με βάση τις αντιλήψεις του.
Με βάση την ταξινόμηση του Πίνακα 2, αλλά και τη συνολική εικόνα που αποτυπώθηκε για τον/την κάθε εκπαιδευτικό όσον αφορά τη διδακτική αξιοποίηση των μοντέλων, προέκυψαν τα παρακάτω προφίλ για τους/τις συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Διαμόρφωση προφίλ συμμετεχόντων εκπαιδευτικών.

Προφίλ εκπαιδευτικών	**Περιγραφή**
Προφίλ I (K_1, K_5, K_7)	• Συγκροτημένες απόψεις για όλες τις διαστάσεις των επιστημονικών μοντέλων που διερευνήθηκαν. • Συνέπεια αντιλήψεων και διδακτικής πρακτικής.
Προφίλ II (K_2, K_3)	• Συγκροτημένες αντιλήψεις για τα επιστημονικά μοντέλα, χωρίς όμως αυτές να ταυτίζονται με το Επίπεδο 3. • Μερική συνέπεια αντιλήψεων και διδακτικής πρακτικής.
Προφίλ III (K_4, K_8)	• Μη συγκροτημένες απόψεις για τα επιστημονικά μοντέλα, οι οποίες κατατάχθηκαν και στα τρία Επίπεδα. • Μερική αντιστοίχηση ανάμεσα σε αυτά που πιστεύουν για τα επιστημονικά μοντέλα και σε αυτά που εφαρμόζουν στις βασισμένες σε επιστημονικά μοντέλα διδακτικές πρακτικές τους.
Προφίλ IV (K_6)	• Αντιλήψεις μόνο Επιπέδων 1 και 2. • Καμία απάντηση για χρήση επιστημονικών μοντέλων στη διδασκαλία της.

4. Συμπεράσματα

Διαπιστώθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί του δείγματος κατέχουν αρκετά υψηλά επίπεδα κατανόησης όσον αφορά τις διαστάσεις της φύσης και της λειτουργίας των επιστημονικών μοντέλων. Ακόμα πιο ικανοποιητική ήταν η εικόνα τόσο στη διάσταση της πολλαπλότητας, όσο και της αλλαγής των επιστημονικών μοντέλων, καθώς κανείς από τους εκπαιδευτικούς δεν κατατάχθηκε στο Επίπεδο 1. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν υψηλότερο επίπεδο κατανόησης των χαρακτηριστικών των επιστημονικών μοντέλων από τους εκπαιδευτικούς του δείγματος από αυτό που καταγράφηκε στα αποτελέσματα των αντίστοιχων διεθνών ερευνών (Drechsler & van Driel 2008, Justi & Gilbert 2003). Διαπιστώθηκε, όμως, πρόβλημα στη σχέση ανάμεσα στις πρακτικές των εκπαιδευτικών του δείγματος και τις αντίστοιχες αντιλήψεις τους, εύρημα που συμφωνεί με τη βιβλιογραφία (Drechsler & van Driel 2008).
Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτελούνταν από εκπαιδευτικούς που, εκτός από έναν, είχαν διδαχθεί για τα επιστημονικά μοντέλα και το ρόλο τους στη διδασκαλία των Φ.Ε. Ένας επιπλέον περιορισμός της παρούσας έρευνας είναι ο μικρός αριθμός των συνεντεύξεων.

Σε μελλοντική, πιο εκτεταμένη έρευνα θα μπορούσε να εξεταστεί ένας μεγαλύτερος αριθμός εκπαιδευτικών με τυχαίο δείγμα μέσα από καθηγητές Φ.Ε., ώστε να περιλαμβάνονται εκπαιδευτικοί διαφόρων τυπικών προσόντων. Αντικείμενο μελλοντικών ερευνών θα μπορούσε να αποτελέσει και οι διδακτικές πρακτικές εκπαιδευτικών Φ.Ε., μέσω της παρατήρησης κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

5. Βιβλιογραφία

Πετρίδου, Ε. (2008). *Ανάπτυξη, εφαρμογή και διερεύνηση προσομοιωμένων μοντέλων στη διδασκαλία των Φ.Ε.*. Διδακτορική διατριβή. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Πετρίδου, Ε. & Ψύλλος, Δ. (2008). Οι αντιλήψεις των υποψηφίων δασκάλων για τα μοντέλα. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*. Τόμος 1, Τεύχος 3, Σελίδες 255 – 268. Εκδόσεις Κλειδάριθμος.

Aktan, M. B. (2013). Pre-service science teachers' views and content knowledge about models and modeling. *Egitim ve Bilim*, 38 (168), s. 398–410.

Drechsler, M. & Van Driel, J. (2008). Experienced teachers' pedagogical content knowledge of teaching acid–base chemistry. *Research in Science Education*, *38*(5), 611-631.. doi:10.1007/s11165-007-9066-5

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. & Smith, C. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822).

Justi, R. S. & Gilbert, J. K. (2003). Teachers' views on the nature of models, *International Journal of Science Education*, 25:11, 1369-1386, DOI: 10.1080/0950069032000070324

Khan, S. (2011). What's missing in model-based teaching. *Journal of Science Teacher Education*, *22*(6), 535-560. Khan, S. (2011). What's missing in model-based teaching. *Journal of Science Teacher Education*, *22*(6), 535-560.. doi:10.1007/s10972-011-9248-x

Oh, P. S. & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33 (8), s. 1109–1130. doi:10.1080/09500693.2010.502191

Schwarz, C. V & White, B. Y. (2005). Metamodeling Knowledge : Developing Students' Understanding of Scientific Modeling, 23 (2), s. 165–205.

Soulios, I & Psillos, D. (2013). Enhancing student teachers' epistemological beliefs about models through an explorative modelling process. in Constantinou, C., Papadouris, N. & Hadjigeorgiou, A. (Eds). EBOOK PROCEEDINGS OF THE ESERA 2013 CONFERENCE Science Education Research

van Driel, J. H. & Verloop, N. (2002). Experienced teachers' knowledge of teaching and learning of models and modelling in science education, *International Journal of Science Education*, 24:12, 1255-1272, DOI: 10.1080/09500690210126711

ΒΕΛΤΙΩΝΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΝΑ ΚΡΙΝΟΥΝ ΤΙΣ ΑΙΤΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΓΡΑΠΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΩΝ

Μιχαήλ Σκουμιός

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Περίληψη

Η εργασία διερευνά την επίδραση μιας διδακτικής ακολουθίας για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα στις δεξιότητες των μαθητών του δημοτικού σχολείου να κρίνουν τις αιτιολογήσεις των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν. Το εκπαιδευτικό υλικό το οποίο αναπτύχθηκε, εφαρμόστηκε σε 58 μαθητές της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Διαμορφώθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά την εφαρμογή των διδασκαλιών. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι οι διδασκαλίες συνέβαλαν σημαντικά στην βελτίωση των δεξιοτήτων των μαθητών να διακρίνουν τον ισχυρισμό από την αιτιολόγηση, να αναγνωρίζουν το είδος της αιτιολόγησης σε ένα επιχείρημα και να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα με βάση το είδος της αιτιολόγησης που περιλαμβάνουν.

Abstract

The study examines the impact of a teaching sequence for temperature and heat on primary school students' abilities to critique written arguments that they read based on the form of justification. Instructional materials were created and these materials were tested on 58 primary school students (sixth grade). A questionnaire is used, which was dispensed to students before and after the teaching sequence. The analysis of the data showed that the teaching sequence had a significant positive impact on students' abilities to distinguish between what is claim versus the justification, to identify the form of justification in an argument and to critique the form of justification when compare two arguments.

1. Εισαγωγή

Η κριτική σε επιστημονικά κείμενα συνιστά μια θεμελιώδη πρακτική των Φυσικών Επιστημών. Πέραν των επιστημόνων, είναι αναγκαίο και οι μαθητές να είναι ικανοί να αναλύουν επιστημονικά κείμενα και ειδικότερα να κρίνουν τα επιχειρήματα που περιλαμβάνονται σε αυτά (NRC 2012). Ακόμα και για τους μαθητές που δεν θα ακολουθήσουν επιστημονική καριέρα, το να μπορούν να κρίνουν επιστημονικά επιχειρήματα θα τους επιτρέψει να είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται και να αξιολογούν τις εξελίξεις των Φυσικών Επιστημών, καθώς θα μελετούν άρθρα στη διάρκεια της ζωής τους. Εφόσον, λοιπόν οι δεξιότητες που σχετίζονται με την κρίση επιστημονικών επιχειρημάτων θεωρούνται σημαντικές όχι μόνο στο σχολικό πλαίσιο αλλά και πέραν αυτού, είναι αναγκαίο να εμπλέκονται οι μαθητές με δραστηριότητες που να τους βοηθούν να αναπτύξουν αυτές τις δεξιότητες.

Σύμφωνα με τους McNeill και Krajcik (2012), ένα επιχείρημα περιλαμβάνει τέσσερα συστατικά στοιχεία: ισχυρισμό (claim), αποδεικτικά στοιχεία (evidence), συλλογισμό (reasoning) και αντίκρουση (rebuttal). Πιο συγκεκριμένα, ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα εκείνα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και φανερώνει το λόγο για τον

οποίο τα δεδομένα θεωρούνται ως αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό χρησιμοποιώντας επιστημονικές αρχές. Η αντίκρουση αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Ένας ισχυρισμός μπορεί να υποστηριχθεί με διαφορετικά είδη αιτιολογήσεων (justifications), που εμπλέκουν εμπειρικά δεδομένα (McNeill & Krajcik 2012), ιδέες των Φυσικών Επιστημών (Osborne et al. 2004), προσφυγή στην αυθεντία και προηγούμενες εμπειρίες (Sandoval & Cam 2012). Μολονότι οι μαθητές χρησιμοποιούν διαφορετικά είδη αιτιολόγησης, ορισμένα είδη είναι περισσότερο αποδεκτά από την επιστημονική κοινότητα έναντι κάποιων άλλων. Ένα παράδειγμα αποτελεί η προσφυγή σε εμπειρικά δεδομένα ως είδος αιτιολόγησης το οποίο είναι αποδεκτό από την επιστημονική κοινότητα (Sandoval & Cam 2011). Άλλα είδη αιτιολόγησης, όπως είναι οι ιδέες των Φυσικών Επιστημών ή η προσφυγή στην αυθεντία, όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με εμπειρικά δεδομένα μπορούν να ισχυροποιήσουν περαιτέρω ένα επιχείρημα, ωστόσο η αξία αυτών των άλλων ειδών αιτιολόγησης μειώνεται όταν χρησιμοποιούνται μόνα τους (χωρίς εμπειρικά δεδομένα).

Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι μαθητές παρουσιάζουν δυσκολίες στη παραγωγή επιχειρημάτων. Πιο συγκεκριμένα, όταν οι μαθητές καλούνται να παράγουν ένα επιχείρημα απαντώντας σε ένα ερώτημα που τους τίθεται, συνήθως έχουν δυσκολίες στο να προτείνουν επαρκή και κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς για να τεκμηριώσουν τους ισχυρισμούς τους (McNeill 2011, Songer & Gotwals 2012). Η έρευνα λοιπόν για τα επιχειρήματα των μαθητών έχει επικεντρωθεί κυρίως στη μελέτη της ποιότητας των επιχειρημάτων που αυτοί παράγουν. Είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά τις δεξιότητες των μαθητών να κρίνουν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία (Knight et al. 2013) και το είδος της αιτιολόγησης που περιλαμβάνουν (Knight et al. 2014). Προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές δεν έχουν αναπτυγμένες αυτές τις δεξιότητες. Η έρευνα αυτή που έχει πραγματοποιηθεί εστιάζεται σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ απουσιάζουν αντίστοιχες έρευνας με μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Επιπρόσθετα, απουσιάζουν έρευνες που να διερευνούν τη συμβολή διδασκαλιών στην εξέλιξη των δεξιοτήτων των μαθητών να κρίνουν τις αιτιολογήσεις των γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν.

2. Μεθοδολογία / Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Η εργασία αυτή επικεντρώνεται στη μελέτη της συμβολής διδασκαλιών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα στις δεξιότητες των μαθητών της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να κρίνουν τις αιτιολογήσεις γραπτών επιχειρημάτων που μελετούν. Ειδικότερα, η εργασία αυτή επιδιώκει να απαντήσει στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

(α) Ποια η συμβολή αυτών των διδασκαλιών στη δεξιότητα των μαθητών να διακρίνουν τον ισχυρισμό από την αιτιολόγηση σε ένα επιχείρημα;

(β) Ποια η συμβολή αυτών των διδασκαλιών στη δεξιότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν το είδος της αιτιολόγησης σε ένα επιχείρημα;

(γ) Ποια η συμβολή αυτών των διδασκαλιών στη δεξιότητα των μαθητών να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα με βάση το είδος της αιτιολόγησης που περιλαμβάνουν;

Ερευνητική διαδικασία και συμμετέχοντες

Η έρευνα διεξήχθη σε δύο φάσεις. Στη πρώτη φάση (πιλοτική έρευνα), συγκροτήθηκε το εκπαιδευτικό υλικό για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας και το ερωτηματολόγιο που εξέταζε τις δεξιότητες αξιολόγησης των αιτιολογήσεων των γραπτών επιχειρημάτων που

μελετούν οι μαθητές. Στη δεύτερη φάση (κύρια έρευνα), πραγματοποιήθηκε η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε στους μαθητές δημοτικών σχολείων (διδασκαλίες) και η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές πριν και μετά τις διδασκαλίες (προ-τεστ και μετά-τεστ).
Στην παρούσα έρευνα το δείγμα της αποτέλεσαν συνολικά 58 μαθητές που φοιτούσαν στην Στ΄ τάξη τριών δημοτικών σχολείων της Ρόδου.

Το εκπαιδευτικό υλικό και η διδακτική διαδικασία

Το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε βασίστηκε στη διδακτική επεξεργασία των εμποδίων των μαθητών (Skoumios & Hatzinikita 2004) με χρήση επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές. Η διδακτική επεξεργασία των εμποδίων για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα περιλάμβανε τρεις φάσεις (Astolfi & Peterfalvi 1997): «αποσταθεροποίηση» εμποδίων, «εννοιολογική αναδόμηση» εμποδίων και «αναγνώριση» εμποδίων. Η φάση της «αποσταθεροποίησης» των εμποδίων έχει ως στόχο την ανάδυση των αντιλήψεων των μαθητών και τη συνειδητοποίηση, από πλευράς τους, των διαφωνιών που υπήρχαν μεταξύ τους. Η φάση της «εννοιολογικής αναδόμησης» των εμποδίων επιδιώκει τη συγκρότηση, από πλευράς των μαθητών, εναλλακτικών αντιλήψεων προς την κατεύθυνση της επιθυμητής γνώσης, τουλάχιστον το ίδιο εύχρηστων όσο και οι πρότερες αντιλήψεις τους. Η φάση της «αναγνώρισης» των εμποδίων από τους μαθητές αποσκοπεί στην ανάπτυξη της ικανότητας αναγνώρισης των εκδηλώσεων των εμποδίων στους μαθητές, ούτως ώστε να είναι δυνατή η αποφυγή τους σε ενδεχόμενη επανεμφάνισή τους.

Πίνακας 1: Οι δραστηριότητες ανά φάση της διδακτικής επεξεργασίας του εμποδίου

«Αποσταθεροποίηση»	«Εννοιολογική αναδόμηση»	«Αναγνώριση»
Επεξεργασία προβλήματος που αποσκοπεί στην ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών που συνδέονται με το εμπόδιο (ατομικές γραπτές απαντήσεις μαθητών, συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο ομάδας, ομαδοποίηση των απαντήσεων των μελών της ομάδας, συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης, διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα).	Σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών (συγκρότηση ατομικών αρχικών επιχειρημάτων, αντιπαράθεση επιχειρημάτων, αυτοαξιολόγηση (ή ετεροαξιολόγηση) και αναμόρφωση επιχειρημάτων, συγκρότηση τελικών επιχειρημάτων). Εφαρμογή σε νέες καταστάσεις (συγκρότηση ατομικών αρχικών επιχειρημάτων, συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο ομάδας, συγκρότηση τελικών επιχειρημάτων).	Επεξεργασία ερωτημάτων που είχαν τεθεί αρχικά (σύγκριση αρχικών και νέων αντιλήψεων, συζήτηση). Επεξεργασία προβλημάτων που αποσκοπούν στη συμβολική αναπαράσταση του εμποδίου (ατομικές γραπτές απαντήσεις μαθητών, συζήτηση). Εκφορά κρίσεων των μαθητών για προτάσεις (κείμενα) που εμπλέκουν το εμπόδιο (ατομικές γραπτές απαντήσεις μαθητών, συζήτηση). Συγκρότηση ερωτήσεων -που ενέχουν το εμπόδιο- από μαθητές με σκοπό να τις υποβάλουν στους συμμαθητές τους (ατομικές γραπτές απαντήσεις μαθητών, συζήτηση). Επεξεργασία προβλημάτων στα οποία εκδηλώνεται το εμπόδιο, μαζί με άλλα εμπόδια (ατομικές γραπτές απαντήσεις μαθητών, συζήτηση).

Ο όρος επιστημονικές πρακτικές αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες των Φυσικών Επιστημών καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον φυσικό κόσμο (NRC 2012). Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Οι πρακτικές αυτές απετέλεσαν το υπόβαθρο για τη σχεδίαση μιας σειράς δραστηριοτήτων για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα, εστιασμένες στην επεξεργασία των εμποδίων των μαθητών.

Για τη διδακτική επεξεργασία καθενός από τα εμπόδια των μαθητών για την εννοιολογική περιοχή της θερμότητας (Skoumios & Hatzinikita 2004, 2009) συγκροτήθηκαν διδασκαλίες που περιλάμβαναν δραστηριότητες για την «αποσταθεροποίηση» των εμποδίων, την «εννοιολογική αναδόμησή» τους και την «αναγνώρισή» τους από τους μαθητές (Πίνακας 1). Επίσης, στους μαθητές παρουσιάστηκαν και εξηγήθηκαν τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός). Σε δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού ζητήθηκε από τους μαθητές η παραγωγή επιχειρημάτων που να περιλαμβάνουν ισχυρισμούς, αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς («μοντελοποίηση» επιχειρημάτων) (Πίνακας 2), η αξιολόγηση των επιχειρημάτων τους από τους ίδιους τους μαθητές ή τους συμμαθητές τους με τη βοήθεια πλαισίων αξιολόγησης (αυτο-αξιολόγηση επιχειρημάτων) και η εκ νέου παραγωγή βελτιωμένων εκδοχών των επιχειρημάτων τους.

Πίνακας 2: «Μοντελοποίηση» επιχειρήματος

Γράφω ένα επιχείρημα	
Γράφω έναν ισχυρισμό	…….
Γράφω τα δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό	……. …….
Γράφω ένα συλλογισμό που να συνδέει τα δεδομένα με τον ισχυρισμό	……. …….

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων της παρούσας έρευνας συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο με βάση το πλαίσιο αξιολόγησης των αιτιολογήσεων των επιχειρημάτων των Knight et al. (2014). Ειδικότερα, το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε δύο μέρη με έξι ερωτήσεις. Σε κάθε μέρος υπήρχε ένα ερευνητικό ερώτημα και ένα επιχείρημα. Οι Ερωτήσεις 1 και 4 ζητούσαν από τους μαθητές να εντοπίσουν τις προτάσεις που αιτιολογούν τους ισχυρισμούς των επιχειρημάτων. Οι Ερωτήσεις 2 και 5 ζητούσαν από τους μαθητές να αναγνωρίσουν το είδος της αιτιολόγησης που περιλαμβάνεται στα επιχειρήματα. Οι Ερωτήσεις 3 και 6 (ανοικτού τύπου) ζητούσαν από τους μαθητές να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα που έχουν ίδιο ισχυρισμό αλλά διαφορετικά είδη αιτιολόγησης. Στο Παράρτημα παρουσιάζεται το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου με τις ερωτήσεις 1, 2 και 3.

Τα δεδομένα της έρευνας απετέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Οι απαντήσεις τους στις ερωτήσεις 1, 2, 4 και 5 ταξινομήθηκαν σε δυο κατηγορίες: (α) «κατάλληλες» και (β) «μη κατάλληλες» απαντήσεις. Για την αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών στις ανοικτού τύπου ερωτήσεις (Ερωτήσεις 3 και 6) χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων που έχει αναπτυχθεί από τους Knight et al. (2014), η οποία ταξινομεί τις απαντήσεις των μαθητών σε τέσσερα επίπεδα (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων για την αξιολόγηση των απαντήσεων στις ερωτήσεις 3 και 6

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 3	Ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει τις αιτιολογήσεις που χρησιμοποιούνται και στα δύο επιχειρήματα
Επίπεδο 2	Ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει την αιτιολόγηση που χρησιμοποιείται μόνο στο ένα επιχείρημα
Επίπεδο 1	Ο μαθητής επιλέγει ορθά χωρίς αιτιολόγηση ή επιλέγει ορθά και χρησιμοποιεί ανεπαρκή αιτιολόγηση
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν επιλέγει ή επιλέγει λανθασμένα

Για τη μελέτη της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών ή στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση χρησιμοποιήθηκαν τα McNemar test και McNemar-Bowker test, αντίστοιχα.

3. Αποτελέσματα

Ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές δεν διέκριναν την αιτιολόγηση από τον ισχυρισμό σε ένα επιχείρημα (65,6%), μετά τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών εντόπιζε την αιτιολόγηση και τη διέκρινε από τον ισχυρισμό (78,7%) (Πίνακας 4). Επιπλέον, με τη χρήση του McNemar test προέκυψε ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($p<0,05$).

Πίνακας 4: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στη διάκριση αιτιολόγησης και ισχυρισμού σε επιχειρήματα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%
Κατάλληλη	42	34,4	96	78,7
Μη κατάλληλη	80	65,6	26	21,3

Σχετικά με τη δεξιότητα αναγνώρισης του είδους της αιτιολόγησης, πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών δεν αναγνώριζε το είδος της αιτιολόγησης (68,9%), ενώ μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές αναγνώριζαν το είδος της αιτιολόγησης που υπάρχει στο επιχείρημα (72,1%) (Πίνακας 5). Μάλιστα, με τη χρήση του McNemar test διαπιστώθηκε μια σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($p<0,05$).

Πίνακας 5: Οι κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση του είδους της αιτιολόγησης σε επιχειρήματα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Κατηγορίες απαντήσεων	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%
Κατάλληλη	38	31,1	88	72,1
Μη κατάλληλη	84	68,9	34	27,9

Αναφορικά με τη δεξιότητα των μαθητών να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα με βάση τις αιτιολογήσεις τους, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση σχεδόν οι μισοί μαθητές δεν μπορούσαν να συγκρίνουν ή συνέκριναν λανθασμένα τα δύο επιχειρήματα, μετά τη διδακτική παρέμβαση μόνο

δύο στους δέκα μαθητές δεν μπορούσαν να συγκρίνουν ή συνέκριναν λανθασμένα τα δύο επιχειρήματα (Πίνακας 6). Μάλιστα, με τη χρήση του McNemar-Bowker test προέκυψε ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση ($p<0,05$).

Πίνακας 2: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στη σύγκριση δύο επιχειρημάτων με βάση το είδος της αιτιολόγησής τους πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση: συχνότητες και ποσοστά

Επίπεδα	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	%	f	%
Επίπεδο 3	2	1,6	16	13,1
Επίπεδο 2	10	8,2	38	31,1
Επίπεδο 1	48	39,4	44	36,1
Επίπεδο 0	62	50,8	24	19,7

4. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των δεδομένων διαπιστώθηκε ότι πριν την εφαρμογή των διδασκαλιών οι δεξιότητες των περισσότερων μαθητών να εντοπίζουν τις αιτιολογήσεις σε επιχειρήματα, να αναγνωρίζουν το είδος της αιτιολόγησης που υπάρχει σε επιχειρήματα, και να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση το είδος της αιτιολόγησής τους, δεν ήταν αναπτυγμένες. Η παραπάνω διαπίστωση μπορεί να αποδοθεί στο ότι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών σπάνια παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές να αξιολογούν επιχειρήματα (Newton et al. 1999).
Όμως, μετά τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές ανέπτυξαν τις δεξιότητες να εντοπίζουν τις αιτιολογήσεις σε επιχειρήματα, να αναγνωρίζουν το είδος της αιτιολόγησης που υπάρχει σε επιχειρήματα, και να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση το είδος της αιτιολόγησής τους. Μάλιστα, διαπιστώθηκε ότι υπάρχει μια στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ανάμεσα στις κατηγορίες των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας καταδεικνύουν ότι η ανάπτυξη των δεξιοτήτων που αφορούν στην αξιολόγηση των αιτιολογήσεων των επιχειρημάτων στους μαθητές της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, μέσω των διδασκαλιών για τη θερμοκρασία και τη θερμότητα που εφαρμόστηκαν, αναδείχθηκε εφικτή.
Τα ευρήματα της εργασίας αυτής είναι δυνατόν να αποδοθούν σε λόγους που σχετίζονται με τις δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν. Οι δραστηριότητες αυτές έδιναν τη δυνατότητα στους μαθητές να εξοικειωθούν με τη δομή ενός επιχειρήματος, τους βοηθούσαν στη συγκρότηση επιχειρημάτων («μοντελοποίηση» επιχειρήματος) και τους υποστήριζαν στην αξιολόγηση των επιχειρημάτων των δικών τους και των συμμαθητών τους (με τη βοήθεια πλαισίων αξιολόγησης των επιχειρημάτων). Έχει επισημανθεί ότι οι παραπάνω διαδικασίες συμβάλουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που αφορούν στην παραγωγή και την αξιολόγηση επιχειρημάτων (McNeill & Krajcik 2012).
Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν μαθητές μόνο τριών δημοτικών σχολείων και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Επιπλέον, η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση ερωτηματολογίων και αυτό αποτελεί έναν επιπρόσθετο περιορισμό.
Παρά τους παραπάνω περιορισμούς η εργασία συνεισφέρει στην έρευνα που εστιάζεται στη μελέτη των δεξιοτήτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου να κρίνουν γραπτά επιχειρήματα που μελετούν. Ωστόσο, η παρούσα εργασία εστιάστηκε στη διερεύνηση των δεξιοτήτων των μαθητών να κρίνουν μόνο τα γραπτά επιχειρήματα που μελετούν με βάση το είδος της αιτιολόγησής τους. Προτείνεται να μελετηθούν οι δεξιότητές τους να κρίνουν επιχειρήματα στον προφορικό λόγο και να διερευνηθεί αν υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις δεξιότητές τους να κρίνουν προφορικά

επιχειρήματα και στις δεξιότητές τους να κρίνουν γραπτά επιχειρήματα. Επίσης, προτείνεται να μελετηθούν οι δεξιότητές τους να κρίνουν επιχειρήματα με βάση τους συλλογισμούς που αυτά περιλαμβάνουν. Επιπρόσθετα, προτείνεται να διερευνηθεί η συσχέτιση ανάμεσα στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που αφορούν στην αξιολόγηση επιχειρημάτων και στην οικοδόμηση γνώσεων, ζήτημα για το οποίο είναι περιορισμένα τα ερευνητικά δεδομένα.

5. Βιβλιογραφία

Astolfi, J. P. & Peterfalvi, B. (1997), Stratégies de travail des obstacles: Dispositifs et ressorts, *Aster*, 25, 193-216.

Knight, A. M., McNeill, K. L., Corrigan, S. & Barber, J. (2013, April). Student assessments for reading and writing scientific arguments. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.

Knight, A., McNeill, K. & Pearson, P. D. (2014 April). Students' Abilities to Critique Scientific Arguments Based on the Form of Justification. Paper presented at the annual meeting of NARST, Pittsburg, PA.

McNeill, K. L. (2011). Elementary students' views of explanation, argumentation and evidence and abilities to construct arguments over the school year. *Journal of Research in Science Teaching, 48*(7), 793-823.

McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing.* New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.

National Research Council (NRC). (2012). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

Newton, P., Driver, R. & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education, 21*, 553–576.

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States.* Washington, DC: The National Academies Press.

Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching, 41*(10), 994-1020.

Sandoval, W. A. & Cam, A. (2011). Elementary children's judgments of the epistemic status of sources of justification. *Science Education, 95*(3), 383-408.

Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2004). Dealing with obstacles regarding heat and temperature. In: D. Koliopoulos & A. Vavouraki (Eds), *Science education at cross roads: meeting the challenges of the 21th century*' (p. 107-118). Athens: Science Education Association.

Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2009) Learning and justification during a science teaching sequence. *The International Journal of Learning, 16*(4), 327-341.

Songer, N. B. & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching, 49*(2), 141-165.

6. Παράρτημα: Ερωτηματολόγιο (Μέρος Α)

Όταν βγάλουμε από το ψυγείο ένα κρύο πλαστικό μπουκάλι με νερό και το αφήσουμε σε ένα τραπέζι μια καλοκαιρινή ημέρα, η θερμοκρασία του αυξάνεται. Κάποιοι θέλουν να κάνουν τη θερμοκρασία του νερού να μην αυξάνεται γρήγορα. Ο κύριος Κώστας ζητά από τους μαθητές του να γράψουν και να υποστηρίξουν την άποψή τους για την ακόλουθη ερώτηση: Τι επηρεάζει την αλλαγή της θερμοκρασίας του νερού που είναι στο μπουκάλι;

Το κείμενο της Μαρίας
[πρόταση 1] *Ένα ύφασμα με μεγάλο πάχος κάνει τη θερμοκρασία του νερού να ανεβαίνει λίγο.* [πρόταση 2] *Όταν τυλίξαμε το μπουκάλι με το ύφασμα που είχε πάχος 5 χιλιοστά, μετά από 2 λεπτά η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε κατά 2°C, ενώ όταν το τυλίξαμε με το ύφασμα που είχε πάχος 10 χιλιοστά μετά πάλι από 2 λεπτά η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε κατά 1°C.* [πρόταση 3] *Το δεύτερο ύφασμα έχει μεγαλύτερο πάχος και αυτό κάνει τη θερμοκρασία του νερού να ανεβαίνει λιγότερο.*

Ερώτηση 1
Σε ποια πρόταση θεωρείς ότι η Μαρία υποστηρίζει την άποψή της;
- Μόνο στην πρόταση 1
- Μόνο στην πρόταση 2
- Στις προτάσεις 1 και 2
- Σε καμιά πρόταση.

Ερώτηση 2
Η Μαρία υποστηρίζει την άποψή της με:
- κάτι που λέει ένας ειδικός
- δεδομένα από μια έρευνα
- μια προσωπική εμπειρία
- ιδέες των Φυσικών Επιστημών που έχει μάθει.

Ερώτηση 3
Ο Κυριάκος είναι επίσης μαθητής στη τάξη του κυρίου Κώστα. Ο κύριος Κώστας ζήτησε από τη Μαρία και τον Κυριάκο να συγκρίνουν τα κείμενά τους.

Το κείμενο της Μαρίας
Ένα ύφασμα με μεγάλο πάχος κάνει τη θερμοκρασία του νερού να ανεβαίνει λίγο. Όταν τυλίξαμε το μπουκάλι με το ύφασμα που είχε πάχος 5 χιλιοστά, μετά από 2 λεπτά η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε κατά 2°C, ενώ όταν το τυλίξαμε με το ύφασμα που είχε πάχος 10 χιλιοστά μετά πάλι από 2 λεπτά η θερμοκρασία του νερού αυξήθηκε κατά 1°C. Το δεύτερο ύφασμα έχει μεγαλύτερο πάχος και αυτό κάνει τη θερμοκρασία του νερού να ανεβαίνει λιγότερο.

Το κείμενο του Κυριάκου
Ένα ύφασμα με μεγάλο πάχος κάνει τη θερμοκρασία του νερού να ανεβαίνει λίγο. Μια φορά το καλοκαίρι είχα τυλίξει το κρύο νερό μου με ένα ύφασμα μεγάλου πάχους και είχε μείνει κρύο για αρκετή ώρα. Θα πρέπει λοιπόν τα υφάσματα με μεγάλο πάχος να αλλάζουν λίγο τη θερμοκρασία του νερού και να το διατηρούν κρύο.

Ποιος από τους δύο, η Μαρία ή ο Κυριάκος υποστηρίζει καλύτερα την άποψη που προτείνει; Γιατί;

ΟΙ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΟΥΝ ΟΙ ΜΑΘΗΤΕΣ ΚΑΙ Η ΣΧΕΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

Παντελίτσα Καρνάου[1], Χριστιάνα Νικολάου[2], Κωνσταντίνος Κωνσταντίνου[1]

[1]Τμήμα Επιστήμων Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου
[2]Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας και Αξιολόγησης Κύπρου

Περίληψη
Η παρούσα έρευνα εστιάζει στις διεργασίες που ενεργοποιούνται όταν οι μαθητές κατασκευάζουν μοντέλα, και τη σχέση τους με την ανάπτυξη της μοντελοποίησης. Αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε διδακτική παρέμβαση σε Δημοτικό σχολείο (έκτη τάξη), κατά την οποία οι μαθητές οικοδόμησαν ομαδικά διαδοχικά μοντέλα για φαινόμενα θερμικής αλληλεπίδρασης χρησιμοποιώντας το λογισμικό Scratch. Τα μέσα συλλογής δεδομένων αποτέλεσαν τα διαγνωστικά δοκίμια και οι μαγνητοσκοπημένες συζητήσεις των μαθητών. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων υπέδειξε ότι συγκεκριμένες διαδικασίες, όπως η ετεροαξιολόγηση, φαίνεται να σχετίζονται με τη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών σε συγκεκριμένες πτυχές της επιδεξιότητας της μοντελοποίησης και συνεπώς βοηθούν στην ενίσχυσή της.

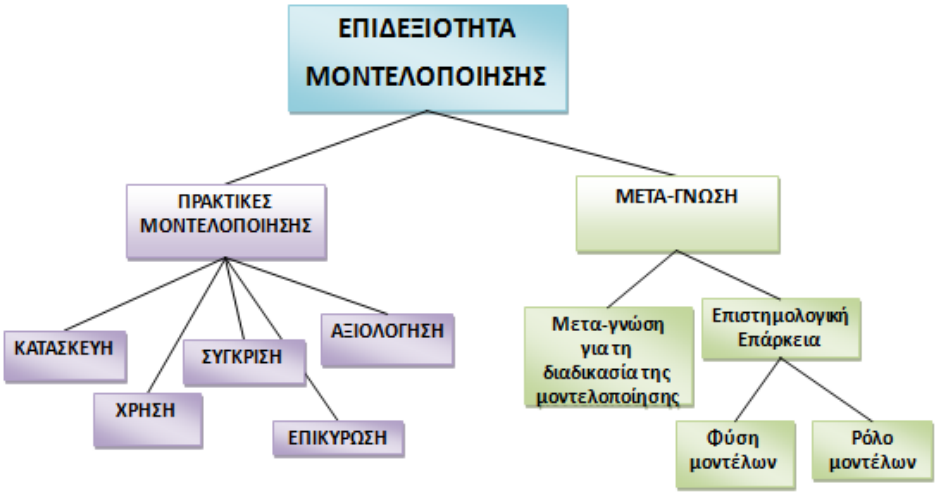
Abstract
We try to identify student's cognitive processes during modeling and analyse the relationship between these processes and the development of students' modelling competence. A relevant intervention was implemented in a primary school where the students developed successive models of simple systems in the topic of heat and temperature using the Scratch modeling software. Diagnostic tests and the students' video-recorded conversations served as means for data collection. Results indicate that specific processes, like peer feedback may be related with specific constituent components of the learners' modeling competence; therefore, their enactment could possibly enhance the modeling process and competence.

1. Εισαγωγή

Η μοντελοποίηση αποτελεί μία από τις πρακτικές που υποστηρίζουν τη μάθηση με διερώτηση και ορίζεται ως η θεμελιώδης διαδικασία, η οποία δημιουργεί σημασιολογικές σχέσεις μεταξύ θεωρίας και φαινομένων (Nicolaou et al. 2009). Επιπρόσθετα, μέσω της μοντελοποίησης επιτυγχάνεται ανάπτυξη της εννοιολογικής κατανόησης για το φαινόμενο που μοντελοποιείται (Cindy et al. 2017; Freeman et al. 2014; Chapman 2000; Constantinou 1999), κατανόηση για την εξελισσόμενη φύση, τη χρήση και το ρόλο ενός επιστημονικού μοντέλου (Sins et al. 2009; Schwarz & White, 2005), όπως επίσης, την εμπλοκή των μαθητών σε επιστημονικές πρακτικές (Penner 2000; Schwarz & White, 2005; Louca et al. 2011) Επιστημονικό μοντέλο ορίζεται είναι ένα σύνολο αναπαραστάσεων για ένα φαινόμενο, το οποίο προσφέρει ένα μηχανισμό επεξήγησης για το φαινόμενο και επιτρέπει να γίνονται προβλέψεις για τη μελλοντική εξέλιξή του (Glynn & Duit 1995; Schwarz et al. 2009).
Κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης οι μαθητές εμπλέκονται σε επιστημονικές πρακτικές (Campbell & Oh, 2015), οι οποίες σύμφωνα με τους Nicolaou και Constantinou (2014) αναλύονται στην οικοδόμηση, τη χρήση, τη σύγκριση, την αξιολόγηση και στην αναθεώρηση μοντέλων

(Διάγραμμα 1). Εξίσου σημαντικό συστατικό στοιχείο της επιδεξιότητας είναι η μετα-μοντελοποίηση, συγκεκριμένα η μεταγνώση για τη διαδικασία της μοντελοποίησης και η επιστημολογική επάρκεια για τη φύση και των ρόλων των μοντέλων.

Διάγραμμα 1: Συστατικά στοιχεία της επιδεξιότητας της μοντελοποίησης (Nicolaou & Constantinou, 2014)



Ταυτόχρονα, με τις επιστημονικές πρακτικές ενεργοποιούνται διεργασίες, όπως γνωστικές, επικοινωνιακές και μετασχηματιστικές (Lee et al. 2015; Löhner et al. 2005). Σύμφωνα, ωστόσο, με τον VanLehn (2013) εντοπίζεται ένα κενό όσον αφορά στις διεργασίες που βοηθούν τους μαθητές να βελτιώσουν την επιδεξιότητα της μοντελοποίησης. Η παρούσα εργασία απευθύνεται σε αυτό το κενό μέσω των ακόλουθων ερευνητικών ερωτημάτων:
(α) Ποιες διεργασίες ενεργοποιούνται όταν οι μαθητές οικοδομούν ομαδικά μοντέλα σε λογισμικό μοντελοποίησης; (β) Υπάρχει σχέση ανάμεσα στις διεργασίες που ενεργοποιούνται κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης και στην ανάπτυξή της;

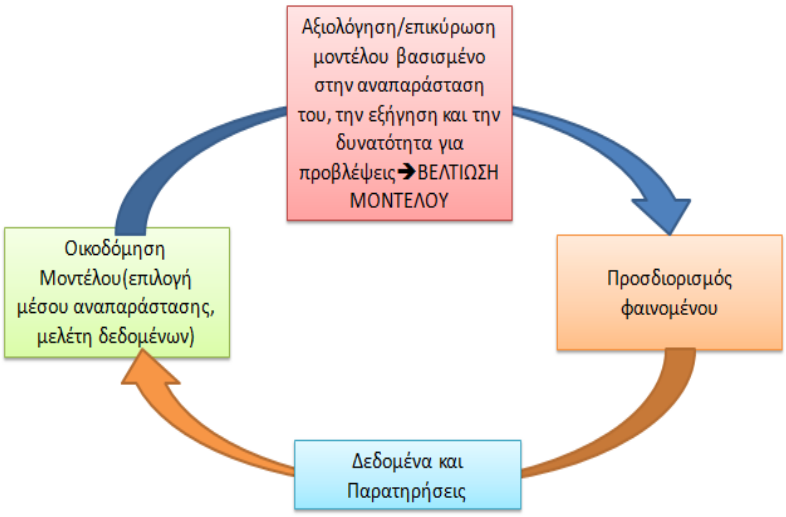
2. Μεθοδολογία

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 23 μαθητές Στ΄ τάξης, οι οποίοι εργάζονταν σε ομάδες. Η δομή της διδακτικής παρέμβασης βασίστηκε στο μαθησιακό κύκλο της μοντελοποίησης (Διάγραμμα 2) και υλοποιήθηκε σε 10 Ογδοντάλεπτα μαθήματα. Οι μαθητές οικοδόμησαν διαδοχικά μοντέλα στο λογισμικό Scratch[1] στη διδακτική ενότητα «θερμότητα-θερμοκρασία». Τα μέσα συλλογής δεδομένων αποτέλεσαν οι μαγνητοσκοπημένες συζητήσεις των μαθητών σε δύο ομάδες, για να εντοπιστούν οι διεργασίες που ενεργοποιούν. Ακόμη, χορηγήθηκαν επτά διαγνωστικά δοκίμια στην αρχή και στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης: (α) Ένα για κάθε μία από τις 4 πρακτικές της μοντελοποίησης (οικοδόμηση, χρήση, σύγκριση, αξιολόγηση μοντέλου) και (β) 3 για μεταγνωστικές πτυχές της μοντελοποίησης [γνώση για τη διαδικασία της μοντελοποίησης (1), επιστημολογική επάρκεια για τη φύση (1) και το ρόλο των μοντέλων(1)]. Για την ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από τα διαγνωστικά δοκίμια χρησιμοποιήθηκε φαινομενογραφική ανάλυση (ιεραρχημένα επίπεδα απαντήσεων), η οποία συνδυάστηκε με μη

[1] https://scratch.mit.edu/

παραμετρική στατιστική (Wilcoxon test). Για την ανάλυση των συζητήσεων των μαθητών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Transana[2] και εφαρμόστηκε η μικροσκοπική ανάλυση (Tiberghien & Malkoun 2010) στην οποία χρησιμοποιούνται κάποια κλειδιά για ανάλυση των συζητήσεων.

Διάγραμμα 2: Μαθησιακός Κύκλος της Μοντελοποίησης



3. Αποτελέσματα

Η ανάλυση των δεδομένων από τις μαγνητοσκοπημένες συζητήσεις έδειξε ότι κατά τη συνεργατική μοντελοποίηση (χωρίς την εμπλοκή του εκπαιδευτικού) ενεργοποιούνται ποικίλες γνωστικές διεργασίες. Μεγαλύτερη ήταν η συχνότητα εμφάνισης διεργασιών όπως: εντοπισμός στοιχείων, αναπαράσταση στοιχείων, διατύπωση υπόθεσης για τη λειτουργία του μοντέλου, αναστοχασμός διαδικασίας, έλεγχος προϊόντος και χρήση δεδομένων, οι οποίες παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Τόσο η συχνότητα όσο και η εγκυρότητα εμφάνισης των διεργασιών ήταν διαφορετική στις δύο ομάδες.

Πίνακας 1: Διεργασίες που ενεργοποίησαν οι μαθητές

Διεργασία	Περιγραφή	Παράδειγμα
Εντοπισμός στοιχείων	Παρατήρηση και εντοπισμός στοιχείων από το φαινόμενο, τα οποία θα ενταχθούν μελλοντικά στο μοντέλο.	*M2_Ποιες είναι οι διαδικασίες είπαμε;* *M1_Χάνει ένας κύβος και πιάνει άλλος. Χάνουν και κερδίζουν βαθμούς.* *M2_Βαθμούς; Θερμοκρασία.* *M3_ Και τούτο θα πρέπει να το βάλουμε στο μοντέλο μας;* *M2_Ναι* (Ομάδα Α)
Αναπαράσταση στοιχείων	Απόφαση σε σχέση με τον τρόπο αναπαράστασης των απαραίτητων στοιχείων στο μοντέλο και εισαγωγή τους σε αυτό	*M4_Να βάλουμε 2 κύβους.* *M5_Επέλεξε δύο κύβους από τα lego. Lego πρέπει να πας πάνω. Εδώ.* *M4_Αλλά θέλουμε 2.Εδώ είναι ένα αλλά πρέπει να βρούμε ένα διαφορετικό.*

[2] https://www.transana.com/

		Μ6_Να βάλουμε τους δύο κύβους που θα είναι τα αντικείμενα μας και μετά να βάλουμε θερμοκρασία που θα αλλάζει (Ομάδα Β)
Διατύπωση υπόθεσης	Διατύπωση υπόθεσης σε σχέση με τη μελλοντική εξέλιξη του μοντέλου όταν αλλάξει κάποιο στοιχείο στο μοντέλο.	*Μ2_Αλλά μετά πώς θα αλλάζει;* *Μ1_Αφού μετά θα βάλουμε και την άλλη μεταβλητή.* *Μ2_Τι θα συμβεί όταν βάλουμε και την μεταβλητή της μάζας; Τι θα αλλάξει;* *Μ1_Νομίζω δεν θα αλλάξει κάτι. Θα συνεχίζει να χάνει αλλά μπορεί περισσότερα.* (Ομάδα Α)
Χρήση δεδομένων	**Χρήση δεδομένων ή συμπερασμάτων** με σκοπό να ελεγχθεί αν το μοντέλο αναπαριστά με τον καλύτερο τρόπο το υπό μελέτη φαινόμενο.	*Μ5_Δεν πρέπει να το έχουμε αυτό. Αφού εν για το προηγούμενο πείραμα.* *Μ4_Εκάμαμε το εκείνο αλλά δεν μας βγάζει το σωστό… Βάλαμε 10 και 19, βάσει των δεδομένων εδώ, και δεν μας το βγάζει. Μπερδευτήκαμε λίγο και δεν ξέρουμε αν είναι σωστό το μοντέλο.* (Ομάδα Β)
Έλεγχος προϊόντος	Έλεγχος και αξιολόγηση ενός μοντέλου για να εντοπίσουν πιθανά προβλήματα.	*Μ2_Τώρα χάνει 2 βαθμούς κάθε φορά. Τώρα να δοκιμάσω.* *Μ1_Όχι δύο.* *Μ2_Είδες δουλεύει.* *Μ3_Να δοκιμάσουμε με 4. Δεν σημαίνει ότι μόνο με το 2 κάμνει* (Ομάδα Α)
Αναστοχασμός διαδικασίας	Οι μαθητές ανακαλούν διαδικασίες ή στοιχεία τα οποία εντόπισαν ή εφάρμοσαν κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της μοντελοποίησης.	*Μ1_Πώς θα προχωρήσουμε τώρα αφού κάναμε το μοντέλο;* *Μ2_Δεν το τελειώσαμε. Θα πρέπει να το συγκρίνουμε με τα δεδομένα να δούμε αν είναι σωστό.* *Μ1_Α! Όπως κάναμε με το πρώτο το μοντέλο έτσι δεν είναι;* *Μ3_Ναι.* (Ομάδα Α)
Αναστοχασμός για ρόλων των μοντέλων	Οι μαθητές ανακαλούν τα βασικά χαρακτηριστικά του ρόλου ενός επιστημονικού μοντέλου (αναπαράσταση, εξήγηση, πρόβλεψη)	*Μ5_Περίμενε, πρέπει να έχει αυτά τα τρία. Αναπαράσταση, εξήγηση...Τα περιλαμβάνει το μοντέλο μας;* *Μ6_Τα έχουμε έτσι δεν είναι;* *Μ4_Για την αναπαράσταση βάλαμε τα αντικείμενα, τις μεταβλητές και τις διαδικασίες..* *Μ6_Έχουμε και τις σχέσεις..* *Μ4_Ναι και βάλαμε και μηχανισμό και μπορούμε να κάμουμε προβλέψεις για το τι θα γίνει.* *Μ5_Ναι τα έχουμε.* (Ομάδα Β)

Η βελτίωση στις πτυχές της επιδεξιότητας της μοντελοποίησης φάνηκε από την ανάλυση και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαγνωστικών δοκιμίων πριν και μετά την παρέμβαση. Η ανάλυση των διαγνωστικών δοκιμίων με το στατιστικό έλεγχο Wilcoxon signed-rank test υπέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών, για τις περισσότερες πτυχές της μοντελοποίησης όπως φαίνεται στο πιο κάτω πίνακα (βλ. πίνακα 2).

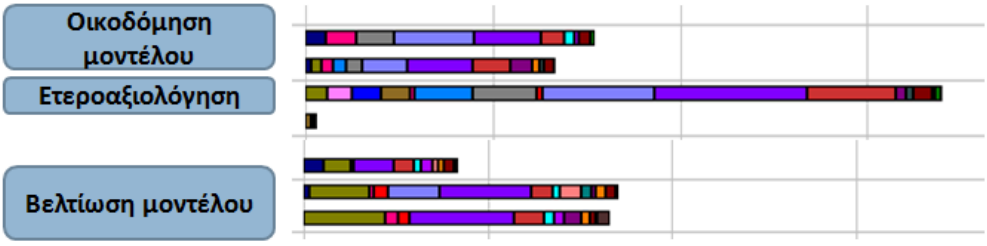
Πίνακας 2: Στατιστικός έλεγχος Wilcoxon

Πτυχές μοντελοποίησης	Αποτέλεσμα του ελέγχου Wilcoxon
Πρακτικές μοντελοποίησης	
Οικοδόμηση μοντέλου	(Z=-1,921, p>0,05)
Χρήση μοντέλων	[(2.1): Z=-3.282, p<0,01; (2.2).: Z=-1,541, p>0,05]
Σύγκριση μοντέλων	(Z=-3,051, p<0,01)
Αξιολόγηση μοντέλου	(Z=3,125, p<0,01)
Πτυχές μοντελοποίησης	Αποτέλεσμα του ελέγχου Wilcoxon
Μετα-μοντελοποίηση	
Διαδικασία της μοντελοποίησης	(Z=-2.793, p<0,01)
Φύση των μοντέλων	Z=-2,810, p<0,01
Ρόλος των μοντέλων	[(7.1): Z=-3.345, p<0,01; (7.2).: Z=-3,648, p<0,01]

Συσχετίζοντας τις διεργασίες που ενεργοποίησαν οι μαθητές των δύο ομάδων με τη βελτίωση τους σε συγκεκριμένες πτυχές της μοντελοποίησης, φάνηκε ότι η διεργασία της αναπαράστασης στοιχείων συνδέεται με τη μεταγνώση για το ρόλο του μοντέλου. Συγκεκριμένα, οι μαθητές 2 και 5 οι οποίοι εργάζονταν σε διαφορετικές ομάδες είχαν έντονη βελτίωση μεταπειραματικά στο δοκίμιο για το ρόλο του μοντέλου. Ποιοτικές αναλύσεις έδειξαν ότι σχετίζεται με την έντονη ενεργοποίηση της διεργασίας της αναπαράστασης στοιχείων που είχαν συγκριτικά με τα άλλα μέλη της ομάδα τους. Αναλογικά τους ανήκει το ποσοστό των 65% και 61% αντίστοιχα του συνολικού χρόνου που εμφανίστηκε η διεργασία αυτή σε κάθε ομάδα.

Ακόμη, η διεργασία της χρήση δεδομένων, που εμφανίζεται έντονα στην προσπάθεια να κρίνουν το μοντέλο του, φαίνεται να βοήθησε μεταπειραματικά στη βελτίωση της πρακτικής της αξιολόγησης. Αυτό γιατί, οι μαθητές 4 και 5 οι οποίοι είχαν έντονη διαφοροποίηση στα μεταπειραματικά δοκίμια στην πρακτική της αξιολόγησης, ενεργοποίησαν ισάριθμα και έγκυρα την διεργασία της χρήσης δεδομένων. Ωστόσο, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 3 οι περισσότερες διεργασίες στις ομάδες ενεργοποιήθηκαν στην χρονική διάρκεια της φάσης της ετεροαξιολόγησης μεταξύ των ομάδων. Σε αυτή τη φάση οι μαθητές αντάλλαξαν μοντέλα με τους συμμαθητές του και έδωσαν ανατροφοδότηση σε αυτά. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής ήταν πιο έντονη η συμμετοχή όλων των μελών της ομάδας και οι συζητήσεις ήταν πιο παραγωγικές, ως προς την εγκυρότητα των ερωταπαντήσεων που έλαβαν χώρα.

Διάγραμμα 3: Η κατανομή των διεργασιών στις φάσεις της διαδικασίας



4. Συμπεράσματα

Η παρούσα έρευνα εντόπισε τις διεργασίες που ενεργοποιήθηκαν από μαθητές κατά την εφαρμογή μίας πετυχημένης διδακτικής παρέμβασης που εστίασε στη μοντελοποίηση. Επιπλέον, παρουσίασε τη σχέση που πιθανό να υφίσταται ανάμεσα σε συγκεκριμένες διεργασίες με την ανάπτυξη συγκεκριμένων πτυχών της μοντελοποίησης. Τα αποτελέσματα συμφωνούν και με άλλους ερευνητές αφού σύμφωνα με το Sins και τους συνεργάτες του η οικοδόμηση μοντέλων ενισχύει την κατανόηση για την εξελισσόμενη φύση, τη χρήση και το ρόλο ενός επιστημονικού μοντέλου (Sins et al. 2009).
Τα συμπέρασμα έχουν εκπαιδευτικές προεκτάσεις μιας και μπορεί να δώσει κατευθύνσεις σε εκπαιδευτικούς σε σχέση με τις εμφάσεις που χρειάζεται να δοθούν. Όπως τονίζεται στη βιβλιογραφία, υπάρχει η ανάγκη ενσωμάτωσης της κριτικής σκέψης κατά τη διάρκεια της μοντελοποίησης (Chang & Chang, 2013), στοιχείο το οποίο εφαρμόστηκε στη συγκεκριμένη έρευνα με τη διαδικασία της ετεροαξιολόγησης. Επίσης, υποστηρίζουν ότι η αξιολόγηση του μοντέλου από μία ομάδα μαθητών ενισχύει τη συζήτηση στην ομάδα τους (Passmore & Svoboda, 2012) και είναι καθοριστική η σημασία της κριτικής και αξιολόγησης στην επιστημολογική και εννοιολογική κατανόηση των μαθητών (Black & William, 1998). Άρα είναι πιθανό η ενεργοποίηση της διαδικασίας της ετεροαξιολόγησης να βοηθά στην προώθηση και ανάπτυξη της επιδεξιότητας της μοντελοποίησης, στοιχείο που φάνηκε να συμβαίνει και από την παρούσα έρευνα.
Ωστόσο, όσο αφορά την αξιολόγηση στις πτυχές της μοντελοποίησης, στις πρακτικές της οικοδόμησης και χρήσης μοντέλου η βελτίωση των μαθητών δεν ήταν στατιστικά σημαντική, στοιχείο το οποίο πρέπει να διερευνηθεί σε μελλοντικές έρευνες. Φάνηκε ότι το περιεχόμενο των δοκιμίων αυτών ήταν περίπλοκο για την ηλικία των μαθητών.

5. Βιβλιογραφία

Black, P. & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education: principles, policy & practice*, *5*(1), 7-74.

Campbell,T. & Oh,P. (2015). Engaging students in modeling as an epistemic practice of science: An introduction to the special issue. *Journal of Science Education and Technology*,24(2-3),125-131.

Chang, H. Y. & Chang, H. C. (2013). Scaffolding students' online critiquing of expert-and peer-generated molecular models of chemical reactions. *International Journal of Science Education*, *35*(12), 2028-2056.

Chapman, O. L. (2000). Learning science involves language, experience, and modeling. Journal of applied developmental psychology, 21(1), 97-108.

Constantinou, C. P. (1999). The Cocoa Microworld as an environment for developing modelling skills in physical science. *International Journal of Continuing Engineering Education and Life Long Learning*, *9*(3), 201-209.

Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H. & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(23), 8410-8415.

Glynn, S.M. & Duit,R. (1995).*Learning science meaningfully: constructing conceptual models.* In S.Glynn & R.Duit (Eds.), Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice (3–33). New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Hmelo-Silver, C. E., Jordan, R., Eberbach, C. & Sinha, S. (2017). Systems learning with a conceptual representation: a quasi-experimental study. *Instructional Science*, 45(1), 53-72.

Lee,S., Kang,E. & Kim,H. (2015). Exploring the impact of students' learning approach on collaborative group modeling of blood circulation. *Journal of Science Education and Technology*,24(2-3),234-255.

Löhner,S., vanJoolingen,W.R., Savelsbergh,E.R. & vanHout-Wolters,B. (2005). Students' reasoning during modeling in an inquiry learning environment. Computers in Human Behavior,21(3),441-461.

Louca, L. T., Zacharia, Z. C. & Constantinou, C. P. (2011). In Quest of productive modeling- based learning discourse in elementary school science.*Journal of Research in Science Teaching*, *48*(8), 919-951.

Nicolaou, C.Th. & Constantinou, C.P. (2014). Assessment of the modeling competence: A systematic review and synthesis of empirical research. *Educational Research Review*,13,52-73.

Nicolaou,C.Th., Nicolaidou,I.A. & Constantinou,C.P. (2009). *Scientific Model Construction by Pre-service Teachers using Stagecast Creator.* In P.Blumstein, W.Hung, D.Jonassen & J.Strobel (Eds.), Model-Based Approaches to Learning: Using Systems Models and Simulations to Improve Understanding and Problem Solving in Complex Domains (215-236). Rotterdam: Sense Publishers.

Passmore, C. M. & Svoboda, J. (2012). Exploring opportunities for argumentation in modelling classrooms. *International Journal of Science Education*, *34*(10), 1535-1554.

Penner, D. E. (2000). Cognition, computers, and synthetic science: Building knowledge and meaning through modeling. *Review of research in education*, 1-35.

Schwarz, C. V. & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. *Cognition and Instruction*, *23*(2), 165-205.

Schwarz, C. V. & White, B. Y. (2005). Metamodeling knowledge: Developing students' understanding of scientific modeling. Cognition and instruction, 23(2), 165-205.

Sins, P. H. M., Savelsbergh, E. R. & van Joolingen, W. R. (2009). The relation between students' epistemological understanding of computer models and their cognitive processing on a modeling task. *International Journal of Science Education*, 31(9), 1205–1229.

Sins,P.H., Savelsbergh,E.R. & vanJoolingen,W.R. (2005). The Difficult Process of Scientific Modelling: An analysis of novices' reasoning during computer- based modelling. *International Journal of Science Education*,*27*(14), 1695-1721.

Tiberghien, A. & Malkoun, L. (2010). Analysis of classroom practices from the knowledge point of view: how to characterize them and relate them to students' performances. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*,10(1), 1-32.

Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΑΝΑΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΜΗ ΔΙΑΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΕΞΗΓΗΣΕΩΝ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΚΕΙΜΕΝΑ

Ειρήνη Σκοπελίτη[1], *Στέλλα Βοσνιάδου*[2]

1ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών
[2]Flinders University

Περίληψη
Στην παρούσα έρευνα διερευνήσαμε την επίδραση των αναλογιών στην κατανόηση επιστημονικών μη-διαισθητικών εξηγήσεων μέσα από κείμενα. Τα κείμενα παρουσίαζαν την επιστημονική εξήγηση της εναλλαγής μέρας/νύχτας είτε με τη χρήση αναλογίας (πειραματική ομάδα) είτε χωρίς (ομάδα ελέγχου). Υποθέσαμε ότι η χρήση της αναλογίας θα συνέβαλε στην κατανόηση της επιστημονικής μη-διαισθητικής εξήγησης γιατί παρουσιάζει έναν μη-οικείο μηχανισμό μέσα από ένα εξαιρετικά οικείο πεδίο. Τα αποτελέσματα έδειξαν μεγαλύτερη ανάκληση πληροφοριών, λιγότερη παραποίηση νοήματος και περισσότερες επιστημονικές εξηγήσεις στον μεταέλεγχο σε σύγκριση με τον προέλεγχο από τα παιδιά της πειραματικής ομάδας συγκριτικά με τα παιδιά της ομάδας ελέγχου.

Abstract
In the present study we investigated the effects of analogies on children's understanding of scientific counter-intuitive explanations given in texts. The texts presented the scientific explanation of the day/night cycle with an analogy (experimental group) and without (control group). We expected that the use of the analogy would be more effective in understanding the scientific counter-intuitive explanation because it would present the unfamiliar mechanism through a familiar domain. The results showed better recall, fewer invalid inferences, and greater use of the scientific explanation from pretest to posttest for the children for the experimental group compared to the control group.

1. Εισαγωγή

Η χρήση των αναλογιών για διδακτικούς σκοπούς έχει διερευνηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια (βλ. Clement 2013). Οι «διδακτικές» αναλογίες χρησιμοποιούνται προκειμένου να παρουσιαστεί μία μη-οικεία έννοια ή εξήγηση μέσω μίας άλλης δομικά όμοιας έννοιας ή εξήγησης η οποία προέρχεται από ένα εξαιρετικά οικείο πεδίο. Για παράδειγμα η έννοια της ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να εξηγηθεί σχετικά εύκολα μέσω μίας αναλογίας που θα βασίζεται στον τρόπο με τον οποίο ρέει το νερό (Gentner & Gentner 1983). Στα πλαίσια μίας τέτοιας αναλογίας η ηλεκτρική ενέργεια αντιστοιχεί στο τρεχούμενο νερό, τα καλώδια στους σωλήνες, οι μπαταρίες στα ντεπόζιτα, η τάση στην πίεση, και οι αντιστάσεις στις στενές συστολές στους σωλήνες. Αυτό που καλούνται να κάνουν οι μαθητές είναι να κατανοήσουν τη συσχέτιση ανάμεσα στην ηλεκτρική ενέργεια και το τρεχούμενο νερό, να αντιστοιχίσουν τις έννοιες και να μεταφέρουν αυτές από το οικείο πεδίο στο πεδίο στόχο, που είναι αυτός που πρέπει να διδαχθεί.
Οι διδακτικές αναλογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εννοιολογικές αναπαραστάσεις προκειμένου να υποστηρίξουν τη μάθηση σε νέα πεδία και μπορεί να δώσουν το έναυσμα για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Επίσης οι αναλογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μία

μέθοδος στρατηγικής για την επίλυση προβλημάτων και να ενισχύσουν τη μάθηση και την ανακάλυψη (Gentner & Markman 1994, Holyoak 1985, Vosniadou 1989). Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσει την επίδραση των αναλογιών που παρουσιάζονται μέσα από επεξηγηματικά κείμενα στην κατανόηση των επιστημονικών μη-διαισθητικών πληροφοριών και πιο συγκεκριμένα στην κατανόηση της επιστημονικής εξήγησης για την εναλλαγή μέρας/νύχτας.

Ο ρόλος των αναλογιών στην διδασκαλία επιστημονικών πληροφοριών

Αρκετές έρευνες έχουν εξετάσει τη χρήση αναλογιών στην κατανόηση επιστημονικών εξηγήσεων (Chiu & Lin 2005, Clement 2013.). Τα αποτελέσματα κινούνται σε διάφορες κατεύθυνσεις. Κάποιες έδειξαν ότι οι αναλογίες μπορούν να συμβάλλουν θετικά στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές (Clement 1993. Gentner & Gentner 1983). Άλλες έρευνες καταλήγουν ότι δεν παρατηρούνται σημαντικές επιδράσεις στην κατανόηση των επιστημονικών εξηγήσεων από τη χρήση των αναλογιών (Gilbert, 1989). Τέλος υπάρχουν άλλες έρευνες τα αποτελέσματα των οποίων στοιχειοθετούν ότι οι αναλογίες μερικές φορές μπορούν να προκαλέσουν επιπλέον παρανοήσεις στους μαθητές (Duit et al. 2001).
Σε μία ανασκόπηση της βιβλιογραφίας η Dagher αναφέρει ότι «*Οι αναλογίες μπορεί να οδηγήσουν σε μικρές αλλά ίσως σημαντικές αλλαγές στην κατανόηση των επιστημονικών εξηγήσεων από τα παιδιά... Το να προσδιοριστεί ο ρόλος αυτών των μικρών αλλαγών στην αναδιοργάνωση των αρχικών επεξηγηματικών δομών είναι ερώτημα για μελλοντική έρευνα... Είναι ακόμα ασαφής ο προσδιορισμός του μεγέθους και του είδους της αλλαγής που σημειώνεται ως αποτέλεσμα της χρήσης αναλογιών*» (Dagher 1994). Στην παρούσα έρευνα διερευνήθκε η συμβολή των αναλογιών στην κατανόηση των επιστημονικών εξηγήσεων και να εξετάστηκε αν μπορούν να οδηγήσουν σε αναδιοργάνωση των αρχικών επεξηγηματικών δομών.

Δυσκολίες μαθητών στην κατανόηση επιστημονικών πληροφοριών

Προηγούμενες έρευνες στο χώρο της γνωστικής ανάπτυξης έχουν δείξει ότι τα παιδιά δυσκολεύονται να κατανοήσουν τις επιστημονικές εξηγήσεις για τη Γη -μία σφαίρα που περιστρέφεται γύρω από την άξονά της και έτσι αλλάζει από μέρα σε νύχτα (Vosniadou & Brewer 1994). Φαίνεται πως όταν έρχονται σε επαφή με τις επιστημονικές εξηγήσεις έχουν ήδη διαμορφώσει κάποιες διαισθητικές εξηγήσεις των φαινομένων οι οποίες βασίζονται στην καθημερινή τους εμπειρία (Carey 1985, Gelman 1991, Wiser & Smith 2013). Συνήθως οι αρχικές διαισθητικές εξηγήσεις είναι φαινομενολογικές, για παράδειγμα για την ερμηνεία της εναλλαγής μέρας/νύχτας βασίζονται στην κίνηση και εξαφάνιση του ήλιου. Αυτές οι αρχικές διαισθητικές εξηγήσεις μπορεί να εμποδίσουν την κατανόηση των επιστημονικών εξηγήσεων, γιατί διαφέρουν δομικά από αυτές (Dole 2000, Kendeou & van den Broek 2005).
Προκειμένου να επιτευχθεί η μάθηση αυτό που απαιτείται είναι να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές τις ελλείψεις και την προβληματική των αρχικών επεξηγηματικών δομών τους και να αντιληφθούν την πληρότητα των επιστημονικών θεωριών. Σύμφωνα με την κλασική προσέγγιση της εννοιολογικής αλλαγής αυτό που χρειάζεται είναι μία αναδιοργάνωση των αρχικών επεξηγηματικών δομών με τις επιστημονικές.
Όμως, όταν οι μαθητές εκτίθενται στις επιστημονικές θεωρίες συνήθως χρησιμοποιούν κατασκευαστικούς-προσθετικούς μηχανισμούς προκειμένου να ενσωματώσουν τις επιστημονικές πληροφορίες στις υπάρχουσες γνωστικές τους δομές. Έτσι δημιουργούνται παρανοήσεις που έχουν τη μορφή συνθετικών μοντέλων (Vosniadou & Brewer 1992, 1994, Vosniadou, 2013).

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήσαμε μία αναλογία από έναν οικείο χώρο για να παρουσιάσουμε σε παιδιά δημοτικού την επιστημονική εξήγηση της εναλλαγής μέρας/νύχτας μέσα από επεξηγηματικά κείμενα. Συγκεκριμένα η αναλογία που χρησιμοποιήθηκε ήταν αυτή του γύρου –«Η Γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της όπως γυρίζει ο γύρος στη σούβλα όταν ψήνεται.... Το φως του Ήλιου φωτίζει διαφορετικό μέρος της Γης κάθε φορά, όπως και η φωτιά ψήνει διαφορετικό μέρος του γύρου.» Υποθέσαμε ότι η αναλογία θα διευκόλυνε τη διαδικασία κατανόησης της επιστημονικής πληροφορίας και αναδόμησης των αρχικών εξηγήσεων, γιατί θα παρουσίαζε την νέα, μη-οκεία εξήγηση μέσα από ένα οικείο πλαίσιο.

2. Μεθοδολογία

Συμμετέχοντες

Συνολικά συμμετείχαν 149 μαθητές δημοτικού -81 της 3ης τάξης (μέσος όρος ηλικίας: 8,9 έτη) και 68 της 5ης τάξης (μέσος όρος ηλικίας: 10,4 έτη). Όλοι οι συμμετέχοντες ήταν μαθητές τριών σχολείων της Αθήνας. Τα παιδιά χωρίστηκαν σε δύο ομάδες: ομάδα ελέγχου και πειραματική ομάδα.

Υλικά

Χρησιμοποιήθηκαν δύο κείμενα, το ένα δόθηκε στην ομάδα ελέγχου και το άλλο στην πειραματική. Το κείμενο της ομάδας ελέγχου ήταν παρόμοιο με το κείμενο που χρησιμοποιείται στο σχολικό εγχειρίδιο και έδινε την επιστημονική εξήγηση της εναλλαγής μέρας/νύχτας. Εξηγούσε ότι αλλάζει από μέρα και γίνεται νύχτα γιατί η Γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της και ότι το Φεγγάρι δεν παίζει κανένα ρόλο στην εναλλαγή μέρας/νύχτας. Το κείμενο της πειραματικής ομάδας έδινε την ίδια εξήγηση και την αναλογία του γύρου. Εξηγούσε ότι αλλάζει από μέρα σε νύχτα γιατί η Γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της όπως γυρίζει ο γύρος στη σούβλα όταν ψήνεται. Το κείμενο της πειραματικής ομάδας ήταν λίγο μεγαλύτερο από αυτό της ομάδας ελέγχου (186 λέξεις έναντι 122 λέξεων), αλλά και τα δύο ήταν αντίστοιχων αναγνωστικών απαιτήσεων και μπορούσαν να γίνουν κατανοητά από παιδιά 3ης δημοτικού (Flesch index: κείμενο χωρίς αναλογία: 83.03, κείμενο με αναλογία: 82.14)

Διαδικασία

Όλα τα παιδιά αρχικά, κατά τον προέλεγχο, απαντούσαν σε ένα ανοικτού τύπου ερωτηματολόγιο για την εναλλαγή μέρας/νύχτας, στα πλαίσια του οποίου έπρεπε να εξηγήσουν λεκτικά και με σκίτσο πώς πιστεύουν ότι αλλάζει από μέρα και γίνεται νύχτα. Έπειτα διάβαζαν ένα από τα δύο κείμενα και αμέσως μετά έπρεπε να γράψουν όσες πληροφορίες μπορούσαν να θυμηθούν από το κείμενο που διάβασαν. Αφού απαντούσαν στην ερώτηση ανάκλησης, στο τέλος απαντούσαν ξανά στο ερωτηματολόγιο για την εναλλαγή μέρας/νύχτας παρέχοντας λεκτική εξήγηση και σκίτσο (μεταέλεγχος).

Υποθέσεις

Υποθέσαμε ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας θα ανακαλούσαν περισσότερες πληροφορίες και θα παραποιούσαν σε μικρότερο βαθμό το περιεχόμενό του κειμένου σε σύγκριση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου. Επιπλέον, περιμέναμε ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας θα κατανοούσαν καλύτερα την επιστημονική εξήγηση του φαινομένου

εναλλαγής μέρας/νύχτας σε σύγκριση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου, προχωρώντας στην κατασκευή μοντέλων που θα είναι πιο κοντά στο επιστημονικό και που θα χαρακτηρίζονται με εσωτερική συνέπεια, αφού οι αλλαγές θα εντοπίζονται τόσο σε λεκτικό επίπεδο όσο και σε επίπεδο σκίτσου.

3. Αποτελέσματα

Οι απαντήσεις των μαθητών στον προέλεγχο βαθμολογήθηκαν χρησιμοποιώντας μία κλίμακα αξιολόγησης (0-10). Η στατιστική ανάλυση στον προέλεγχο δεν έδειξε διαφορές ανάμεσα στις δύο ομάδες (ελέγχου-πειραματική) αλλά μόνο ηλικιακές διαφορές [$W(1,149)=5030.500;p<.001;\eta^2=0.543$].
Στη συνέχεια διερευνήσαμε τις διαφορετικές επιδόσεις των μαθητών στην ερώτηση ανάκλησης. Η ανάλυση διακύμανσης με την τάξη ($3^{\eta}*5^{\eta}$) και το είδος του κειμένου (χωρίς αναλογία*με αναλογία) ως ανεξάρτητες μεταβλητές έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές για το είδος του κειμένου [$F(1,145)=4.605,p<.05;\eta^2=0.061$] υπέρ του κειμένου με την αναλογία και για την τάξη [$F(1,145)=12.404,p<.001;\eta^2=0.079$] υπέρ της 5ης τάξης. Τα μεγαλύτερα παιδιά (συγκριτικά με τα μικρότερα) και τα παιδιά της πειραματικής ομάδας (συγκριτικά με τα παιδιά της ομάδας ελέγχου) ανακάλεσαν περισσότερες πληροφορίες.

Πίνακας 1: Μέσος όρος ανακληθέντων προτάσεων σε συνάρτηση με το είδος κειμένου και την τάξη

	3η Τάξη		5η Τάξη		Μ.Ο.	
	Mean	Std. Error	Mean	Std. Error	Mean	Std. Error
Ομάδα ελέγχου (χωρίς αναλογία)	6.73	.53	8.54	.56	7.63	.38
Πειραματική ομάδα (με αναλογία)	7.77	.54	9.90	.61	8.84	.41
Μ.Ο.	7.25	.38	9.22	.41		

Στα κείμενα ανάκλησης μετρήσαμε τα σημεία εκείνα, οπού οι πληροφορίες του κειμένου είχαν παραποιηθεί. Η ανάλυση διακύμανσης με την τάξη και το είδος του κειμένου ως ανεξάρτητες μεταβλητές έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά για το είδος του κειμένου [$F(1,145)=3.944;p<.05;\eta^2=0.36$] και στατιστικά σημαντική αλληλεπίδραση ανάμεσα στις δύο μεταβλητές [$F(1,145)=5.157;p<.05;\eta^2=0.54$]. Όπως αναμέναμε τα παιδιά της πειραματικής ομάδας παραποίησαν σε μικρότερο βαθμό τις πληροφορίες του κειμένου σε σύγκριση με τα παιδιά της ομάδας ελέγχου. Αυτή η διαφορά είναι πιο σημαντική στην περίπτωση των παιδιών της $3^{ης}$ τάξης. Τα παιδιά της $3^{ης}$ από την ομάδα ελέγχου οδηγήθηκαν σε περισσότερες παραποιήσεις νοήματος σε σύγκριση με τα παιδιά της $5^{ης}$ της ίδιας ομάδας, ενώ δεν υπήρχαν ηλικιακές διαφορές στην πειραματική ομάδα, γεγονός που δείχνει ότι τα παιδιά της $3^{ης}$ τάξης οφελήθηκαν από την αναλογία.
Οι παραποιήσεις νοήματος που κατασκεύασαν τα παιδιά κατά την ανάκληση των κειμένων εντάχθηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με το περιεχόμενό τους. Στον πίνακα 2 που ακολουθεί παρουσιάζονται τα είδη παραποίησης νοήματος ανά ηλικία και πειραματική συνθήκη. Σχεδόν όλα τα παιδιά της $3^{ης}$ τάξης της ομάδας ελέγχου παραποίησαν τις πληροφορίες του κειμένου.
Τα παιδιά και των δύο ηλικιακών ομάδων αλλά και των δύο πειραματικών ομάδων λανθασμένα ισχυρίστηκαν ότι το Φεγγάρι εμπλέκεται στην εναλλαγή μέρας/νύχτας. Πρόκειται για μία παρανόηση που έχει εντοπιστεί και στις εξηγήσεις των μαθητών για την εναλλαγή μέρας/νύχτας σε προηγούμενες αναπτυξιακές έρευνες (Vosniadou & Brewer 1994).

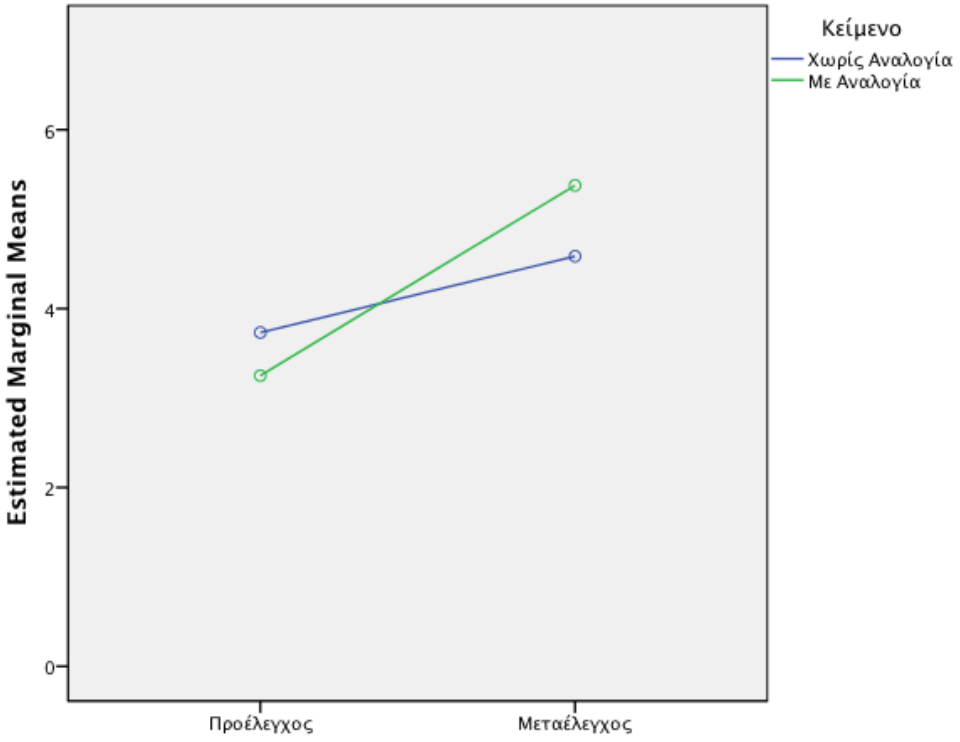
Μάλιστα είναι μία παρανόηση την οποία δεν μπόρεσε το κείμενο με την αναλογία να επεξηγήσει.
Υπήρξαν και μερικά παιδιά από την πειραματική ομάδα που αντιστοίχησαν λανθασμένα την αναλογία και είπαν ότι ο Ήλιος γυρίζει γύρω από τον εαυτό του όπως ο γύρος. Μία εξέταση σε βάθος αυτών των κειμένων έδειξε ότι τα παιδιά που έδωσαν τέτοιου είδους απαντήσεις είχαν δώσει στον προέλεγχο αρχικές εξηγήσεις του φαινομένου και ενδεχομένως να μην μπόρεσαν να κατανοήσουν την συσχέτιση ανάμεσα στους δύο μηχανισμούς.

Πίνακας 2: Είδη παραποιήσεων νοήματος που δημιουργήθηκαν κατά την ανάκληση των κειμένων

Είδος παραποίησης νοήματος	Ομάδα ελέγχου (χωρίς αναλογία)		Πειραματική ομάδα (με αναλογία)	
	3η τάξη (N=42)	5η τάξη (N=37)	3η τάξη (N=39)	5η τάξη (N=31)
«Ο Ήλιος πηγαίνει στην άλλη πλευρά της Γης.»	5	2	-	-
«Ο Ήλιος κρύβει το Φεγγάρι.»	3	-	-	-
«Ο Ήλιος και το Φεγγάρι δεν παίζουν κανένα ρόλο στην εναλλαγή μέρας/νύχτας.»	2	-	-	-
«Η Γη στριφογυρίζει.»	5	1	-	-
«Η μία πλευρά της Γης είναι προς τον Ήλιο. Εκεί έχει μέρα. Η άλλη είναι προς το Φεγγάρι. Εκεί έχει νύχτα.»	16	9	6	8
Λάθος αντιστοίχιση της αναλογίας: «Ο Ήλιος γυρίζει γύρω από τον εαυτό του σαν τον γύρο.»	-	-	5	1
Σύνολο παραποιήσεων νοήματος	31	12	11	9
Σύνολο παιδιών που παραποίησαν το νόημα του κειμένου	29 (69%)	12 (32%)	10 (25%)	8 (25%)

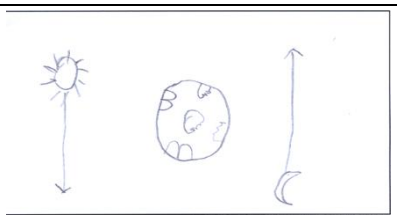
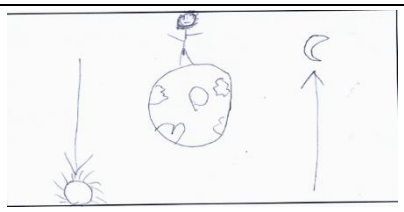
Τέλος, συγκρίναμε τις εξηγήσεις των μαθητών για την εναλλαγή μέρας/νύχτας στον προέλεγχο και τον μεταέλεγχο χρησιμοποιώντας την κλίμακα αξιολόγησης (1-10). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα παιδιά της πειραματικής ομάδας που διάβασαν το κείμενο με την αναλογία βελτίωσαν σημαντικά τις επιδόσεις τους από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο [$W(1,149)=3744.000; p<.001; \eta^2=0.366$] (βλ. Γράφημα 1). Στην περίπτωση της ομάδας ελέγχου οι διαφορές στις επιδόσεις από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο δεν ήταν στατιστικά σημαντικές [$W(1,149)=6695.000$; *n.s.*].

Γράφημα 1: Μέσος όρος επίδοσης των μαθητών σε προέλεγχο και μεταέλεγχο σε συνάρτηση με το είδος κειμένου



Μία προσεκτική ματιά στα αποτελέσματά μας έδειξε ότι τα παιδιά της ομάδας ελέγχου που διάβασαν το κείμενο χωρίς την αναλογία φαίνεται ότι προσπάθησαν να αλλάξουν τις αρχικές τους εξηγήσεις στον μεταέλεγχο, αλλά έδιναν εξηγήσεις που στερούνταν επεξηγηματικής αξίας –είτε έδιναν ελλειπείς εξηγήσεις του φαινομένου λέγοντας ότι η Γη κινείται χωρίς όμως να προσδιορίζουν τον τρόπο με τον οποίο κινείται, είτε έδιναν μικτές μη-συνεκτικές εξηγήσεις λέγοντας ότι κινείται η Γη αλλά ταυτόχρονα κινείται ο Ήλιος και το Φεγγάρι. Επίσης υπήρχαν και παιδιά της ομάδας ελέγχου που άλλαζαν τη λεκτική τους απάντηση στον μεταέλεγχο, αδυνατούσαν όμως να αλλάξουν το σκίτσο τους ώστε να συμβαδίζει με το περιεχόμενο της λεκτικής εξήγησης, γεγονός που οδηγήσε σε μία ασυνέπεια ανάμεσα σε αυτό που έλεγαν και αυτό που ζωγράφιζαν (βλ. Πίνακας 3). Τέτοιες ασυνέπειες δεν βρέθηκαν στις απαντήσεις των παιδιών της πειραματικής ομάδας που διάβασαν το κείμενο με την αναλογία, τα οποία κατά βάση αντικαθιστούσαν την αρχική τους εξήγηση με μία συνεκτική επιστημονική ή εναλλακτική εξήγηση του φαινομένου.

Πίνακας 3: Παραδείγματα αλλαγών από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο

Στράτος, 3η τάξη, Ομάδα ελέγχου (κείμενο χωρίς αναλογία)	
Προέλεγχος	Μεταέλεγχος
	
«Στην ημέρα είναι φωτεινά και την νύχτα είναι σκοτεινά. Την ημέρα είσαι ξύπνιος και την νύχτα κοιμάσαι.»	«Η Γη γυρνάει γύρω-γύρω και εκεί που είναι μέρα γίνεται νύχτα και εκεί που είναι νύχτα γίνεται μέρα.»
Κωνσταντίνος, 3η τάξης, Πειραματική ομάδα (κείμενο με αναλογία)	
Προέλεγχος	Μεταέλεγχος
«Όταν ο Ήλιος είναι ψηλά στον ουρανό, η Γη γυρίζει. Μετά ο Ήλιος κατεβαίνει και βλέπουμε το Φεγγάρι, και τότε γίνεται νύχτα.»	«Η γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της και όπως γυρίζει ο Ήλιος φωτίζει στο άλλο μέρος, και τότε σε μας γίνεται νύχτα. Ο Ήλιος είναι στο ίδιο μέρος. Δεν κινείται. Και το Φεγγάρι δεν παίζει κανένα ρόλο.»

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας επιβεβαίωσαν τις αρχικές μας υποθέσεις. Τα παιδιά που διάβασαν το κείμενο με την αναλογία μπόρεσαν να ανακαλέσουν μεγαλύτερο αριθμό πληροφοριών σε σύγκριση με τα παιδιά που διάβασαν το κείμενο χωρίς την αναλογία. Επίσης από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι τα παιδιά και από τις δύο πειραματικές συνθήκες παραποίησαν τις πληροφορίες του κειμένου που διάβασαν, αλλά λιγότερες παραποιήσεις νοήματος σημειώθηκαν στην ανάκληση του κειμένου με την αναλογία, κάτι που υποδηλώνει καλύτερη κατανόηση της επιστημονικής εξήγησης στην ομάδα της αναλογίας.

Δύο είναι οι πιθανοί λόγοι για τους οποίους ενδεχομένως οι μαθητές της πειραματικής ομάδας παραποίησαν τις πληροφορίες του κειμένου με την αναλογία. Ο ένας λόγος έχει να κάνει με την αδυναμία της αναλογίας να εξηγήσει το ρόλο του φεγγαριού στην εναλλαγή μέρας/νύχτας. Ο άλλος λόγος έγκειται στο ρόλο της αρχικής προϋπάρχουσας γνώσης, η οποία μπορεί να σταθεί εμπόδιο στην κατανόηση της αναλογίας.

Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας με την αναλογία έδειξαν καλύτερη κατανόηση της επιστημονικής εξήγησης, καθώς οδηγήθηκαν στην αναδόμηση των αρχικών εξηγήσεων τους κατασκευάζοντας μοντέλα πιο κοντά στο επιστημονικό, που χαρακτηρίζονταν από εσωτερική συνέπεια, αφού η αλλαγή εντοπιζόταν όχι μόνο στη γραπτή εξήγηση αλλά και στο σκίτσο. Δεν ήταν ανάλογα τα ευρήματα στην περίπτωση των παιδιών της ομάδας ελέγχου, όπου οι μαθητές δεν αναδιοργάνωσαν τις αρχικές τους εξηγήσεις αλλά προσπάθησαν να ενσωματώσουν την επιστημονική πληροφορία στις ήδη υπάρχουσες γνωστικές δομές ή αλλάξαν μόνο τη λεκτική

τους εξήγηση όχι όμως και το σκίτσο, αναδεικνύοντας έτσι την αδυναμία τους να αναδιοργανώσουν τα αρχικά τους μοντέλα και να κατασκευάσουν ένα νέο συνεπές, συνεκτικό μοντέλο.

Τα ευρήματα επιβεβαιώνουν προηγούμενες έρευνες που υποστηρίζουν ότι η μάθηση μέσα από κείμενα βασίζεται κυρίως σε 'συντηρητικούς' μηχανισμούς οι οποίοι οδηγούν στην πρόσθεση ή την αφαίρεση πληροφοριών από τις υπάρχουσες γνωστικές δομές. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ασυνεπειών στη γνωστική βάση οι οποίες χρειάζονται χρόνο για να διορθωθούν (Vosniadou 2013, Vosniadou & Brewer 1992, 1994). Φαίνεται ότι η χρήση των αναλογιών μπορεί να συμβάλει θετικά σε αυτή τη διαδικασία, υποστηρίζοντας την αρχική υπόθεση ότι οι αναλογίες μπορούν να διευκολύνουν στην κατανόηση των επιστημονικών μη-διαισθητικών πληροφοριών και την αναδιοργάνωση των αρχικών επεξηγηματικών δομών οδηγώντας στη δημιουργία συνεκτικών εξηγήσεων.

Απαραίτητη προϋπόθεση βέβαια σε αυτή τη διαδικασία είναι η κατανόηση της αναλογίας. Η αναλογία πρέπει να είναι απλή και οι σχέσεις μεταξύ των δύο πεδίων που συσχετίζονται πρέπει να δηλώνονται ξεκάθαρα (Clement 2013, Glyn, 1991,. Orgill & Bodner 2004). Ακόμα και υπό αυτές τις συνθήκες βέβαια, ενδεχομένως η αναλογία να μην είναι ιδιαιτέρως αποτελεσματική αν οι μαθητές δεν έχουν την απαραίτητη προϋπάρχουσα γνώση. Τέλος, κρίνεται σημαντικό να λαμβάνεται υπόψιν το είδος της εξήγησης που πρέπει να διδαχθεί στους μαθητές. Αν η πληροφορία είναι μη-διαισθητική και κρίνεται από τους μαθητές σχεδόν απίθανη, τότε ίσως η αναλογία από μόνη της να μην μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση της εξήγησης. Σε τέτοιες περιπτώσεις κρίνεται απαραίτητο να χρησιμοποιούνται αναλογίες σε συνδυασμό με κείμενα τα οποία θέτουν υπό αμφισβήτηση τις υπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και αναδεικνύουν την εγκυρότητα και την εφαρμοσιμότητα της επιστημονικής εξήγησης (βλ. Clement, 2013).

5. Βιβλιογραφία

Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA: MIT Press.

Chiu, M. H. & Lin, J. W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(4), 429-464.

Clement, J. (1993). Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Student's Preconceptions in Physics, *Journal of Research in Science Teaching, 30*(10), 1241-1257.

Clement, J. (2013). Roles for Explanatory Models and Analogies in Conceptual Change. In S. Vosniadou (Ed.) *International Handbook of Research on Conceptual Change (2nd Edition)* (412-446), New York: Routledge.

Dagher, Z. (1994). Does the use of analogies contribute to conceptual change? *Science education, 78*, 601-614.

Dole, J. A. (2000). Readers, texts and conceptual change learning. *Reading and Writing Quarterly, 16*, 99-118.

Duit, R., Roth, W., Komorek, M. & Wilbers, J. (2001). Fostering Conceptual Change by Analogies - Between Scylla and Carybdis. *Learning and Instruction, 11*, 283-303.

Gelman, R. (1991). Epigenetic foundations of knowledge structures: Initial and transcendent constructions. In S. Carey & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition* (293–322). Hillsdale, NJ: Erlbaum.

Gentner, D. & Gentner, D. (1983). Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (99-129). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Gentner, D. & Markman, A. B. (1994). Structural alignment in comparison: No difference without similarity. *Psychological* Science, *5*(3), 152-158.

Gilbert, S. (1989). An evaluation of the use of analogy, simile, and metaphor in science texts. *Journal of Research in Science Teaching, 26*, 315-327.

Glynn, S.M. (1991). Explaining Science Concepts: A Teaching- With-Analogies Model. In S.W. Glynn, R.H. Yeany and B.K. Briton (Eds.). *The Psychology of Learning Science* (219-240). Hilsdalle, New Jersey: Lawrence Erlbaum.

Holyoak, K. J. (1985). The pragmatics of analogical transfer. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation, 19,* (pp. 59-87). New York:

Kendeou. P. & van den Broek, P. (2005). The effects of readers' misconceptions on comprehension of scientific text, *tournai of Educational Psychology, 97,* 235-245.

Orgill, M. & Bodner, G. (2004). What research tells us about using analogies to teach chemistry. *Chemistry Education: Research and Practice, 5*, 15-32.

Vosniadou, S. (1989). Analogical reasoning as a mechanism in knowledge acquisition: A developmental perspective. In S. Vosniadou & A. Ortony (Eds.), *Similarity and analogical reasoning,* (413-437). Port Chester, NY: Cambridge University Press.

Vosniadou, S. (2013). Conceptual Change in Learning and Instruction: The Framework Theory Approach. In S. Vosniadou (Ed.) *International Handbook of Research on Conceptual Change (2nd Edition)* (11-30), New York: Routledge.

Vosniadou, S. & Brewer, W.F. (1992). Mental models of the earth. *Cognitive Psychology, 24,* 535-585

Vosniadou, S. & Brewer, W. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science, 18*, 123-183.

Wiser, M. & Smith, C.L. (2013). Learning and teaching about matter in the middle-school years: How can the atomic-molecular theory be meaningfully introduced? In S. Vosniadou (ed.) *The International Handbook of Conceptual Change (2nd Edition)*. New York: Routledge.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟΥ ΚΑΙ ΔΙΑΛΟΓΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΝΕΥΤΩΝΕΙΑΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ.

Κώστας Ναούμ [1], Βασίλης Κόλλιας [1], Ηλίας Καρασσαβίδης [2]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
[2]ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη
Η εργασία αυτή εστιάζεται στον σχεδιασμό, στην εφαρμογή και στην σύγκριση ενός διαλογικού και ενός επιχειρηματολογικού περιβάλλοντος μάθησης για τη διδασκαλία της Νευτώνειας Μηχανικής σε μαθητές της Β γυμνασίου. Η παρούσα μελέτη εστίασε στις απαντήσεις των μαθητών για το γ' νόμο του Νεύτωνα σε σχετικές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου FCI. Από την αξιολόγηση προκύπτει ότι και τα δύο περιβάλλοντα πετυχαίνουν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα όσον αφορά την κατανόηση των Νευτώνειων εννοιών, με τους μαθητές όμως που μετείχαν στο επιχειρηματολογικό περιβάλλον να πετυχαίνουν σημαντικά καλύτερες επιδόσεις. Διαπιστώνεται επίσης ότι παρά την υποχώρηση της εναλλακτικής κατανόησης της «ενεργότητας» η εναλλακτική κατανόηση της «αρχής της κυριαρχίας εξακολουθεί να συνιστά σημαντική διδακτική πρόκληση.

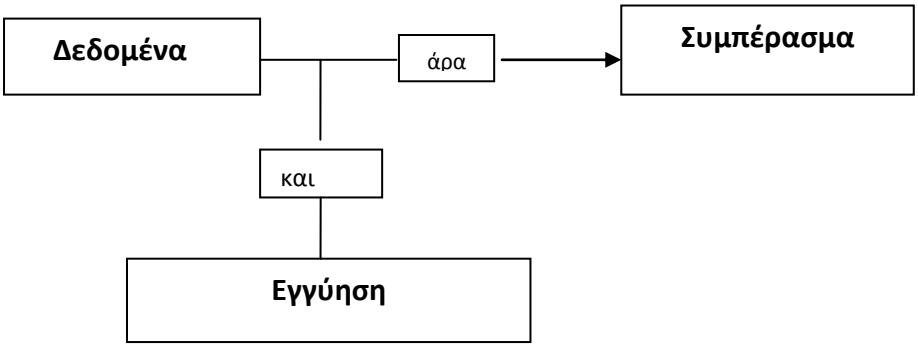
Abstract
This study focuses on the design, implementation and comparative evaluation of two learning environments, a dialogical and an argumentative one for teaching Newtonian concepts to 8th graders. This study is based primarily on students' answers on the third law of Newton in the relevant part of the FCI questionnaire. The results indicated that while both environments achieved significant learning outcomes in teaching Newtonian mechanics, the performance of the students in argumentative condition was significantly higher. It was also found out that although the "active agents" misconception becomes less prominent, the "principle of dominance" one continues to be a didactical challenge

1. Εισαγωγή

Η επιχειρηματολόγηση αποτελεί ένα συστατικό στοιχείο των διερευνητικών περιβαλλόντων μάθησης και είναι μία σύνθετη επιστημονική πρακτική που μπορεί να μεταβάλλει την μαθησιακή εμπειρία των μαθητών από την απομνημόνευση στη κατασκευή της γνώσης (Duschl, et al. 2007; Ford 2008) και να βελτιώσει την εννοιολογική κατανόηση (Veerman 2003; Hatano & Inagaki 1991).Στην παρούσα εργασία διαπραγματευόμαστε την σύγκριση ενός διαλογικού και ενός επιχειρηματολογικού περιβάλλοντος μάθησης στην διδασκαλία των Νευτώνειων εννοιών σε μαθητές της Β γυμνασίου και ειδικότερα στην περίπτωση του γ' νόμου του Νεύτωνα.
Στο διαλογικό περιβάλλον μάθησης αξιοποιείται η συζήτηση για να αναδειχθεί η σκέψη των παιδιών σε ένα πλαίσιο που τους προκαλεί στο να τις επεξεργασθούν, γίνεται χρήση των ιδεών των παιδιών στη διδασκαλία και αξιοποιείται σε μεγάλο βαθμό η ομαδική εργασία, ενώ ο διάλογος γίνεται άλλοτε εντός των ομάδων και άλλοτε στην ολομέλεια (Ruthven et al. 2011). Σο επιχειρηματολογικό περιβάλλον ακολουθείται η ίδια δομή με το διαλογικό, με τη διαφοροποίηση ότι στις εξηγήσεις/δικαιολογήσεις τους, τα παιδιά έχουν υποχρέωση να

ακολουθούν το απλοποιημένο μοντέλο επιχειρηματολόγησης του Toulmin (2003) που παρουσιάζεται στον πίνακα 1 και το οποίο διδάσκεται ρητά. Επιλέχτηκε η διδασκαλία του "απλοποιημένου" μοντέλου εξαιτίας της ηλικίας των μαθητών και των υφιστάμενων χρονικών ορίων για την υλοποίηση των παρεμβάσεων.

Πίνακας 1: Απλοποιημένο μοντέλο Toulmin



Η σύγκριση των δυο περιβαλλόντων έγινε με βάση τις επιλογές των μαθητών απέναντι στις Νευτώνειες έννοιες, αλλά και τις "προτιμήσεις" τους στις βασικές παρανοήσεις"της αρχής της κυριαρχίας" και των "ενεργών δυνάμεων/σωμάτων" (Viennot 1979; Hestenes et al. 1992; Κουμαράς 2015; Ναούμ & Σταυρίδου 2010).
Η παρανόηση με βάση "την αρχή της κυριαρχίας" εμφανίζεται όταν θεωρείται ότι μεγαλύτερη δύναμη ασκεί το σώμα το οποίο "κυριαρχεί" ως προς ένα χαρακτηριστικό (π.χ. μάζα, όγκος). Η παρανόηση με βάση "την αρχή της ενεργότητας" αναφέρεται σε περιπτώσεις όπου το ένα σώμα είναι περισσότερο "ενεργό" από ένα άλλο (π.χ το ένα κινείται και το άλλο είναι ακίνητο, σε ένα αυτοκίνητο λειτουργεί ο κινητήρας), με το ενεργότερο σώμα να ασκεί τη μεγαλύτερη δύναμη.

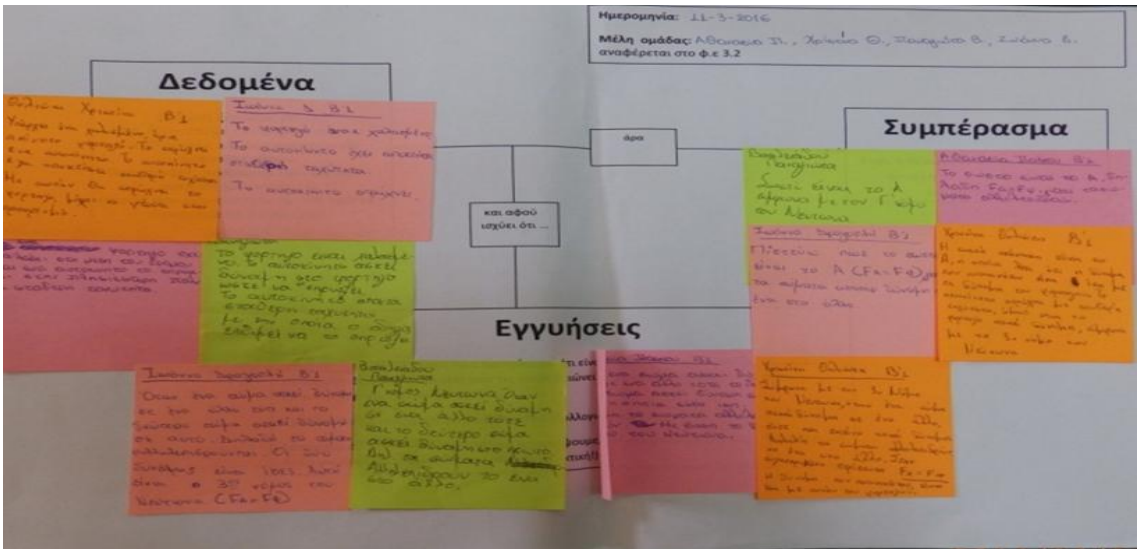
2. Μεθοδολογία

Χρησιμοποιήθηκε ένα ημι-πειραματικό σχέδιο έρευνας που περιλάμβανε προέλεγχο-παρέμβαση-μετέλεχγο και 2 συνθήκες: πειραματική (Π.Ο) και ελέγχου (Ο.Ε). Στη μελέτη συμμετείχαν 31 μαθητές από 2 τμήματα της Β΄ τάξης Γυμνασίου (ΠΟ: 16, ΟΕ: 15).
Η μελέτη έλαβε χώρα κατά το σχολικό έτος 2015-16 σε Γυμνάσιο ημιαστικής περιοχής στην Ελλάδα. Ο ίδιος διδάσκων δίδαξε και στις 2 συνθήκες τη μελέτη κινήσεων και δυνάμεων χρησιμοποιώντας την μέθοδο της διαλογικής διδασκαλίας (Ruthven et al. 2011).
Η πειραματική συνθήκη διαφοροποιούνταν ως προς το ότι οι μαθητές της Π.Ο εξοικειώθηκαν με το μοντέλο επιχειρηματολόγησης του Toulmin (2003) και το χρησιμοποίησαν τόσο σε επίπεδο τάξης όσο και σε επίπεδο ομάδων για να τεκμηριώσουν τις εξηγήσεις που πρότειναν.
Ο σχεδιασμός περιελάμβανε ένα αρχικό στάδιο που βασιζόταν στις προτάσεις των Chi & VanLehn (2012), όπου οι μαθητές: α) παρατηρούν και εντοπίζουν χαρακτηριστικά επιφάνειας (αντικείμενα, οντότητες, έννοιες, πχ τα κινούμενα σώματα, τις μετατοπίσεις και τα χρονικά διαστήματα). β) Μέσα από την εστίαση στις αλληλεπιδράσεις των χαρακτηριστικών επιφάνειας αντλούν στοιχεία πρώτης τάξης (σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των χαρακτηριστικών επιφάνειας πχ την ταχύτητα), ενώ κατόπιν γ) εξοικειώνονται με τον εντοπισμό των στοιχείων δεύτερης τάξης (απλές σχέσεις μεταξύ στοιχείων πρώτης τάξης π.χ οι σχέσεις μεταξύ ταχυτήτων μέσα σε ένα πρόβλημα). Σε αυτό το στάδιο οι μαθητές εξοικειώνονται με τη χρήση συμβόλων και με ένα προεπιχειρηματολογικό μοντέλο

συλλογισμού με βάση τη δομή Δεδομένα, Ζητούμενα, Συλλογισμός, Συμπέρασμα που διδάσκεται και στις δύο ομάδες. Επιπλέον, σε αυτό το στάδιο, πριν την εισαγωγή των επιστημονικών εννοιών οι μαθητές εξήγαγαν μέσα από δραστηριότητες συμπερασματικούς κανόνες μονής κατεύθυνσης που σχετίζονταν με την προς διδασκαλία έννοια Chi & VanLehn (2012). Αυτοί οι συμπερασματικοί κανόνες μπορούν να παίξουν κρίσιμο ρόλο στην κατασκευή επιχειρημάτων κατά Toulmin (2003) ως εγγυήσεις. Παράδειγμα συμπερασματικού κανόνα για την έννοια της ταχύτητας είναι: "Αν ένα σώμα Α διανύει μεγαλύτερη απόσταση από ένα σώμα Β, στον ίδιο χρόνο, τότε το σώμα Α κινείται γρηγορότερα από το σώμα Β".

Στο επόμενο στάδιο οι μαθητές ενεπλάκησαν σε μια σειρά έργων που βασίζονταν σε καθημερινές εμπειρίες, που τους οδήγησαν να δικαιολογούν ή να επιχειρηματολογούν υπερασπίζοντας αντίθετες απόψεις. Σε αυτό το σημείο διδάχτηκε ρητά η απλοποιημένη μορφή της δομής του μοντέλου Toulmin (2003) στην πειραματική ομάδα (1 διδακτική ώρα), ενώ έγιναν και επιπλέον δραστηριότητες κατασκευής και αξιολόγησης επιχειρημάτων στα μαθήματα που ακολούθησαν με βάση το ίδιο μοντέλο. Η διαφοροποίηση μεταξύ των δύο ομάδων στις διαλογικές πρακτικές που αναπτύχθηκαν βασιζόταν στο ότι στην πειραματική ομάδα οι μαθητές έπρεπε να δικαιολογούν κάνοντας χρήση του μοντέλου του Toulmin, αναφέροντας ρητά τα δεδομένα που αξιοποιούν, τις εγγυήσεις που χρησιμοποιούν (φυσικές έννοιες, νόμοι κ.α.) και το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγουν. Οι μαθητές στην ομάδα ελέγχου έπρεπε να δικαιολογούν τις επιλογές τους, κάνοντας όμως χρήση των επιστημονικών γνώσεων από το μάθημα της φυσικής, ακολουθώντας τις αρχές της Διαλογικής διδασκαλίας και εφαρμόζοντας το προεπιχειρηματολογικό μοντέλο. Και στις δύο ομάδες τα παιδιά συμμετείχαν σε συζητήσεις σε περιβάλλον ομάδων καθώς και σε περιβάλλον ολομέλειας. Στις ομαδικές συζητήσεις, οι μαθητές έπρεπε να δουλεύουν πάνω σε μια χειραπτική κατασκευή, όπου συνεργατικά συμπλήρωναν/σημείωναν τις ιδέες και τις απόψεις τους. Στην πειραματική ομάδα, υπήρχε ειδικός χώρος όπου τα παιδιά σημείωναν Δεδομένα, Εγγυήσεις, Συμπέρασμα και διατύπωναν το συνολικό επιχείρημα. Στην ομάδα ελέγχου υπήρχαν τα ίδια έργα, όπου τα παιδιά έπρεπε να σημειώνουν τις δικαιολογήσεις τους για τις επιλογές που έκαναν. Στις δύο ομάδες πραγματοποιήθηκαν ακριβώς οι ίδιες βιωματικές δραστηριότητες και έγινε στον ίδιο βαθμό διδακτική αξιοποίηση των ΤΠΕ (αξιοποίηση διαδραστικού πίνακα, προβολή αυθεντικών καταστάσεων, χρήση προσομοιώσεων, αξιοποίηση του Edmodo).

Εικόνα 1: Παράδειγμα ομαδικού χειραπτικού



Συλλογή δεδομένων.

Οι μαθητές απάντησαν γραπτά ένα ερωτηματολόγιο εννοιολογικής κατανόησης που βασιζόταν σε 12 ερωτήσεις του FCI (Hestenes et al. 1995) με αντικείμενο τις δυνάμεις και ειδικότερα τον α' νόμο, τον γ' νόμο και τα είδη των δυνάμεων. Κάθε σωστή ερώτηση βαθμολογήθηκε με 1, η λάθος απάντηση με 0 και η άριστη επίδοση ήταν το 12. Από τις ερωτήσεις αυτές αφορούσαν τον γ' νόμο του Νεύτωνα οι εξής (ο πρώτος αριθμός αφορά στην ερώτηση στο δικό μας ερωτηματολόγιο και ο αριθμός στην παρένθεση στην αρίθμηση στο FCI): 6 (4), 7(15), 8(16), 9(28). Το ερωτηματολόγιο απαντήθηκε πριν τη διδασκαλία των δυνάμεων (προέλεγχος) και τρεις εβδομάδες μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας για τις δυνάμεις (μετέλεγχος).

Η βαθμολόγηση των ερωτήσεων 6, 8 και 9 που αφορούσαν στον γ' νόμο του Νεύτωνα, σε διαφορετικά πλαίσια εφαρμογής του νόμου, έγινε ως εξής:

Α) Κάθε ερώτηση βαθμολογήθηκε ξεχωριστά όσο αφορά την παρουσία των εξής βαθύτερων κατανοήσεων: ορθή κατανόηση, «κυριαρχία», «ενεργότητα».

Β) Όταν ο μαθητής επέλεγε μια απάντηση συμβατή με την ορθή απάντηση ή με κάποια παρανόηση η συγκεκριμένη απάντηση βαθμολογείτο με 1 ως προς την αντίστοιχη βαθύτερη κατανόηση, ενώ όταν ήταν ασύμβατη βαθμολογείτο με -1.

Γ) Στο τέλος για κάθε βαθύτερη κατανόηση υπολογιζόταν ο μέσος όρος των απαντήσεων των μαθητών στις τρείς ερωτήσεις.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο ελέγχων έγινε με το μη παραμετρικό κριτήριο Kruskal-Wallis Test.
Οι δύο ομάδες συγκρίθηκαν και ως προς την ακαδημαϊκή τους επίδοση, με βάση τον γενικό μέσο όρο των μαθητών στα σχολικά μαθήματα της προηγούμενης χρονιάς. Τέλος χρησιμοποιήσαμε για τις ερμηνείες μας στιχομυθίες από την απομαγνητοφώνηση των συζητήσεων που έγιναν στην τάξη.

3. Αποτελέσματα

Η σύγκριση των δυο ομάδων με βάση την εν γένει ακαδημαϊκή επίδοση δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δυο ομάδες, $t(31)= -1,11$, n.s. Επίσης η διαφορά επίδοσης των δύο ομάδων στον προέλεγχο δεν ήταν σημαντική $t(31)=-1,753$, n.s. τόσο όσο αφορά στη συνολική επίδοση όσο και όσο αφορά στις ερωτήσεις που αφορούν ειδικά στον γ' νόμο του Νεύτωνα.
Όσο αφορά στις επιδόσεις των δύο ομάδων στον μετέλεγχο, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά υπέρ της πειραματικής ομάδας τόσο στη συνολική επίδοση, $t(30)=2,23$, $p<0,05$ όσο και στις ερωτήσεις που αφορούν ειδικά στον γ' νόμο του Νεύτωνα.
Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι στις βαθμολογίες των μαθητών στις δύο ομάδες, όσο αφορά στις τρείς βαθύτερες κατανοήσεις του γ' νόμου, στον προέλεγχο και τον μετέλεγχο.

Πίνακας 2. Μέσοι όροι των επιλογώντων παιδιών στον γ' νόμο κατά τον μετέλεγχο και στατιστική σημαντικότητα των διαφορών. (Κλίμακα: -1 έως +1)

	Νευτώνεια ζννοια πριν	Νευτώνεια ζννοια μετά	Sig.	Κυριαρχία πριν	Κυριαρχία μετά	Sig.	Ενεργ/τα πριν	Ενεργ/τα μετά	Sig.
Π.Ο (Β1)	-0,6471	0,1765	**0,000**	-0,2941	-0,4118	0,422	-0,2549	-0,8431	**0,002**
Ο.Ε (Β2)	-0,4667	-0,2444	0,284	-0,1556	-0,3333	0,456	-0,6000	-0,7333	0,45
Sig.	0,306	0,079		0,492	0,699		**0,09**	0,441	

Από τον πίνακα φαίνεται ότι οι μαθητές της Π.Ο έχουν σημαντικά βελτιωμένη βαθμολογία όσο αφορά στην Νευτώνεια κατανόηση και απέρριψαν σε σημαντικό βαθμό την προαντίληψη της "ενεργότητας" των σωμάτων. Η βελτίωση στην αντιμετώπιση την προαντίληψης της "αρχής της κυριαρχίας" ήταν θετική αλλά όχι σημαντική. Οι διαφορές που παρουσίασε η Ο.Ε ήταν θετικές αλλά όχι στατιστικά σημαντικές.
Εξετάσαμε ξεχωριστά την ερώτηση 7 (ένα αυτοκίνητο σπρώχνει ένα φορτηγό επιταχυνόμενα μέχρι να αποκτήσουν την ίδια σταθερή ταχύτητα ταξιδιού), επειδή ήταν η μοναδική ερώτηση όπου η Π.Ο δεν βελτίωσε την επίδοση της, υστέρησε σε σχέση με την Ο.Ε στον μετέλεγχο, ενώ καμία ομάδα δεν πέτυχε σημαντικά θετικά αποτελέσματα (Πίνακας 3).

Πίνακας 3. Σωστές επιλογές στην ερώτηση 7 (κλίμακα 0-1)

	Π.Ο (Β1)				**Ο. Ε (Β2)**		
	pre	**post**	**sig**		**pre**	**post**	**sig**
Ερώτηση 7	0,0588	0,0588	1		0,0625	0,2667	0,131

Το αποτέλεσμα αυτό δείχνει ότι οι μαθητές πιθανώς, προσπάθησαν να εφαρμόσουν τον τρίτο νόμο μέσα στο πλαίσιο του α΄ νόμου. Το στοιχείο αυτό αναδείχθηκε και από τη μελέτη των ηχογραφημένων συζητήσεων όπου τα παιδιά εξέφρασαν την άποψη ότι εφ' όσον το σώμα κινείται με αυξανόμενη ταχύτητα τότε η μία δύναμη θα πρέπει να είναι μεγαλύτερη, ενώ όταν τα σώματα κινούνται με σταθερή ταχύτητα οι δύο δυνάμεις θα πρέπει να είναι ίσες (με βάση τον α΄νόμο). Στον Πίνακα 4, φαίνεται ένα απόσπασμα από τη συζήτηση των παιδιών σε επίπεδο τάξης, για την περίπτωση που ένα αυτοκίνητο σπρώχνει ένα χαλασμένο φορτηγό με σταθερή ταχύτητα (ερώτηση 6). Στο διάλογο που ακολουθεί φαίνεται καθαρά ότι οι μαθητές εξηγούν την ισότητα των δυνάμεων αλληλεπίδρασης με την εφαρμογή του α' νόμου του Νεύτωνα, εφ' όσον τα οχήματα κινούνται με σταθερή ταχύτητα.

Πίνακας 4 Απόσπασμα από συζήτηση στη τάξη για την ερώτηση 6

Δήμητρα: Εγώ πιστεφωσφμφωνα με τα δεδομζνα που δίνει θ άσκθσθ , δθλαδι ότι το φορτθγό ζχει αποκτισει μια στακερι ταχφτθτα, νομίηω πωσείναι το C, που λζει ότι θ δφναμθ με τθν οποία το αυτοκίνθτο σπρώχνει το φορτθγό προστα μπροστά είναι μεγαλφτερθ από τθ δφναμθ με τθν οποία σπρώχνει το φορτθγό το αυτοκίνθτο προστα πίσω...
Ιωάννα: Διμθτρα.... (σα να διαφωνεί)
Καθ: Ναι...

Δήμητρα: Και αυτό το στθρίηω στο 1ο νόμο του Νεφτωνα, που λζει ότι αν θ Fολ είναι μθδζν τότε το σώμα μπορεί να ζχει στακερι ταχφτθτα ι να είναι ακίνθτο... οπότε Fol φορτθγοφίσο με μθδζν... οπότε... κινείται με στακερι ταχφτθτα..

Γιάννης: Η Διμθτρα μασ είπε ότι το φορτθγό κινείται με στακερι ταχφτθτα και με βάσθ το πρώτο νόμο του Νεφτωνα άρα Fολ είναι μθδζν... όμωσ και το αυτοκίνθτο κινείται με στακερι ταχφτθτα ...άρα...
Ιωάννα: άρα και το αυτοκίνθτο είναι Fol μθδζν...
Γιάννης: άρα και το αυτοκίνθτο είναι μθδζν (παράλλθλα με τθν Ιωάννα), οπότε οι δφο δυνάμεισ που ασκοφνται είναι μθδζν..
Ιωάννα, Αριστέα: ναι
Γιάννης: άρα είναι ίσεσ...
Χριστίνα: ναι
Και άλλοι μαζί: ναι
Ιωάννα : άρα είναι το ... A (και άλλοι μαηή)
Βαγγέλης: το A κφριε....
Ιωάννα: είχαμε πει ότι όταν ζνα σώμα ... βρίσκεται σε ... στακερι ταχφτθτα θ Fολ του είναι μθδζν, οπότε... και το φορτθγό και το αυτοκίνθτο... αφοφ θ Fολ τουσ είναι μθδζν... τότε .. οι δυνάμεισ τουσ είναι ίσεσ....

Τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν τη δυσκολία που παρουσιάζει για τα παιδιά ο γ' νόμος του Νεύτωνα, ενώ εγείρει και ζητήματα διδακτικών επιλογών του Α.Π που αφαιρεί από την διδακτέα ύλη τον β' νόμο που αναφέρεται σε καταστάσεις επιταχυνόμενης κίνησης και θεωρείται προαπαιτούμενο για τη διδασκαλία του γ' νόμου (Κουμαράς 2015).
Το απαιτητικό στοιχείο της διαφοροποίησης του γ' νόμου από τον α' και τον β' νόμο το επισημαίνουν και οι Σπύρτου et al. (2008) με την πρότασή τους για την διδασκαλία των δυναμικών αλληλεπιδράσεων που καταλήγει στην πρόταση της διακριτής εφαρμογής των τριών νόμων του Νεύτωνα σε καταστάσεις συστημάτων σωμάτων.

4. Συμπεράσματα

Οι μαθητές που μετείχαν στο επιχειρηματολογικό περιβάλλον (Π.Ο) είχαν βελτιωμένα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τους μαθητές που μετείχαν στο διαλογικό περιβάλλον (Ο.Ε). Στην περίπτωση του γ' νόμου η βελτίωση παρουσιάστηκε στις περιπτώσεις όπου είχαμε καταστάσεις σταθερής ταχύτητας ή ακινησίας των σωμάτων που αλληλεπιδρούν. Στην περίπτωση όπου τα αλληλεπιδρώντα σώματα κινούνται με επιτάχυνση οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολία και απάντησαν με βάση την αρχή της κυριαρχίας. Από την ανάλυση των διαλόγων προέκυψε ότι στην περίπτωση του γ' νόμου με σταθερή ταχύτητα, κάποιοι μαθητές εφαρμόζουν τον α' νόμο για να εξηγήσουν την ισότητα των δυνάμεων αλληλεπίδρασης.

5. Βιβλιογραφία

Κουμαράς, Π. (2015). Μονοπάτια της σκέψης στον κόσμο της Φυσικής. Gutenberg, Αθήνα.

Ναούμ, Κ., Σταυρίδου, Ε. (2010). Μελέτη της κατανόησης εννοιών της Μηχανικής από μαθητές/ριες Γυμνασίου και Λυκείου με τη συμβολή του F.C.I. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 3(1), 1-16.*

Σπύρτου, Α., Ζουπίδης, Α., Καριώτογλου, Π. (2008). Ένα ερευνητικό πρόγραμμα για τη διδασκαλία των δυναμικών αλληλεπιδράσεων σε υποψήφιους/ες Νηπιαγωγούς: Η διδακτική ακολουθία και ταποτελέσματα εφαρμογής της. Στο: *Χρηστίδου, Β. (επιμ.), Εκπαιδεύοντας τα μικρά παιδιά στις Φυσικές Επιστήμες-Ερευνητικοί προσανατολισμοί και παιδαγωγικές πρακτικές, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη, 221-234*

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. &Shouse, A. E. (Eds.). (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.

Ford, M. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning.*Science Education, 92(3), 404.423.*

Hatano, G. & Inagaki, K. (1991).Sharing cognition through collective comprehension activity.*In L. B. Resnick,J. M. Levine & S. D. Teasley (Eds.), Perspectives on socially shared cognition (pp. 331.348)*. Washington, DC: American Psychological Association.*Education*, *1*(2), 205-221.

Hestenes, D., Wells, M. &Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The physics teacher*, *30*(3), 141-158.

Ruthven, K., Hofmann, R., Howe, C., Luthman, S., Mercer, N. & Taber, K. (2011). The epiSTEMe pedagogical approach: Essentials, rationales and challenges. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, *31*(2), 131À136.

Toulmin, S.E. (1958/2003) The uses of argument. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, *1*(2), 205-221.

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΡΟΛΟΥ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΜΕ ΕΝΝΟΙΕΣ ΚΑΙ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ-ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Άννα Σπύρτου[1], Ελένη Δαγρέ[1], Λεωνίδας Μάνου[1] , Ελένη Κωνσταντινίδου[2]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη
Τα μοντέλα θεωρούνται σημαντικά εργαλεία για την κατανόηση του περιεχομένου της Νανοεπιστήμης–Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ). Στην εργασία αυτή περιγράφουμε μια καινοτομική Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ), η οποία σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε από μια εκπαιδευτικό σε μαθητές Ε' τάξης. Εξετάζουμε τις ιδέες των μαθητών πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ σχετικά με τη φύση και το ρόλο των μοντέλων. Ενθαρρυντικά είναι τα αποτελέσματα στην κατανόηση των μαθητών για την αναπαραστατική φύση των μοντέλων σε φαινόμενα, έννοιες και ιδιότητες της Ν-ΕΤ. Ενώ φαίνεται, ότι οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να αναγνωρίσουν την αξία της πολλαπλότητας των μοντέλων για το ίδιο φαινόμενο. Η ανάλυση των βιντεοσκοπημένων διδασκαλιών, δείχνει ότι η εκπαιδευτικός κατά τη διάρκεια εφαρμογής της ΔΜΑ δεν αφιέρωσε σημαντικό χρόνο σε αυτό το χαρακτηριστικό των μοντέλων.

Abstract
Models are considered important tools for understanding the Nanoscience–Nanotechnology content. In this paper, we describe an innovative Teaching Learning Sequence which was designed and implemented by a teacher to 5th grade students. We seek to study the development of students' ideas concerning the nature and the role of models after the implementation of TLS. The results revealed that students improved their ideas about the nature of models in representing nanoscale phenomena, concepts and properties. However, they found difficulties to recognize the value of multiple models for representing the same phenomenon. After analyzing the videotaped instructions, it is revealed that the teacher did not devote a considerable amount of time for this particular feature of models.

1. Εισαγωγή

Ήδη από την εποχή των αλχημιστών, είχε εκφραστεί ένα όνειρο που έμοιαζε να ανήκει στη σφαίρα του φανταστικού: η δημιουργία ενός μηχανισμού μετουσίωσης των υλικών μέσα από τη ριζική αναδιάταξη των ατόμων στο χώρο (Κίντζιος 2016). Το επόμενο ιστορικό σημείο αυτού του ονείρου καταγράφηκε με τη γνωστή φράση του Richard Feynman το 1959, «Υπάρχει Άφθονος Χώρος στον Πυθμένα». Τη σημερινή εποχή, το όραμα αυτό φαίνεται ότι δεν απέχει από την πραγματικότητα, μιας και η Ν-ΕΤ παρέχει σε επιστήμονες και μηχανικούς τη δυνατότητα της αναδιάταξης των ατόμων στο χώρο ώστε να δημιουργηθούν νέα «εξωτικά» υλικά. Η Ν-ΕΤ έχει πλέον καθιερωθεί μέσω μίας πληθώρας εφαρμογών στην ιατρική, στην άμυνα, στις τηλεπικοινωνίες, στην αεροναυπηγική κ.α. (Jones et al. 2013, Κίντζιος 2016).
Οι νέες εφαρμογές που έχουν προκύψει έχουν προκαλέσει το ενδιαφέρον των ερευνητών της Διδακτικής των ΦΕ ώστε να εισαχθεί σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Feather & Aznar

2011). Παρόλα αυτά, η κατανόηση της νανοκλίμακας, στις μικρές ηλικίες (π.χ. στο Δημοτικό σχολείο), αποτελεί πρόκληση, γιατί είναι μακριά από την αισθητηριακή μας αντίληψη, τα φαινόμενα και οι έννοιες της μοιάζουν αφενός να αντιβαίνουν με τη λογική και αφετέρου δύσκολα οπτικοποιούνται και περιγράφονται (Magana et al. 2012, Sabelli et al. 2005).
Για την αντιμετώπιση αυτής της εκπαιδευτικής πρόκλησης προτείνεται ότι η διδασκαλία για τη φύση και το ρόλο των μοντέλων καθώς και η εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες μοντελοποίησης μπορούν να τους βοηθήσουν να κατανοήσουν το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ (Daly & Bryan 2007, Stevens et al. 2009, Σπύρτου, Πέικος, Μάνου 2016). Ως εκ τούτου, αναδεικνύεται η αναγκαιότητα οι μαθητές να χειρίζονται και να κατασκευάζουν μοντέλα, ώστε να περιγράφουν και να εξηγούν την συμπεριφορά στη νανοκλίμακα. Παρόλα αυτά, έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητές συναντούν δυσκολίες είτε στο να συσχετίσουν τα μοντέλα με αυτό που καλούνται να αναπαραστήσουν, είτε να κατανοήσουν το πώς τα μοντέλα χρησιμοποιούνται ώστε να εξηγήσουν διάφορα φαινόμενα (Zoupidis et al. 2016).
Υπό την παραπάνω οπτική, στην εργασία αυτή, περιγράφουμε αρχικά μια ΔΜΑ, με βασικό χαρακτηριστικό του περιεχομένου, την πλοκή της φύσης και του ρόλου των μοντέλων με έννοιες και φαινόμενα της Ν-ΕΤ.
Στο πλαίσιο πτυχιακής εργασίας επικεντρωθήκαμε στο να μελετήσουμε την εξέλιξη μαθητών Δημοτικού σχολείου σχετικά με τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ. Ειδικότερα, στοχεύσαμε στο να αναδείξουμε το κατά πόσο οι μαθητές, μετά την παρέμβαση, κατανόησαν ότι τα μοντέλα: (i) είναι αναπαραστάσεις αντικειμένων ή φαινομένων και (ii) χρησιμοποιούνται ως εργαλεία μάθησης, κατανόησης, μεταφοράς πληροφοριών (Oh & Oh, 2011). Επιπλέον, μελετήσαμε το εάν οι μαθητές εκτίμησαν την αξία της πολλαπλότητας των μοντέλων, μετά τη ΔΜΑ, δηλαδή το εάν κατανόησαν ότι από διαφορετικά μοντέλα του ίδιου φαινομένου μπορούν να προκύψουν διαφορετικές πληροφορίες. Με βάση τα παραπάνω, τα δύο σχετικά ερευνητικά ερωτήματα είναι:

1. Πώς άλλαξαν οι ιδέες των μαθητών για τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ;
2. Οι μαθητές μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ αναγνωρίζουν την αξία της πολλαπλότητας των μοντέλων;

Παράλληλα, στο πλαίσιο διδακτορικής έρευνας, μελετήσαμε την εφαρμογή της ΔΜΑ από την εκπαιδευτικό, δηλαδή τις πρακτικές που εφάρμοσε για τη διδασκαλία του περιεχομένου της Ν-ΕΤ καθώς και των μοντέλων. Στην εργασία αυτή εστιάζουμε σε επιμέρους όψεις των μοντέλων και της μοντελοποίησης που αναγνωρίστηκαν στις διδασκαλίες της καθώς και στον αντίστοιχο διδακτικό χρόνο που αφιέρωσε για αυτές. Ως εκ τούτου το τρίτο ερευνητικό ερώτημα της εργασίας αυτής είναι:

3. Ποιες όψεις μοντέλων/μοντελοποίησης αναγνωρίστηκαν στις διδασκαλίες της εκπαιδευτικού κατά την εφαρμογή της συγκεκριμένης ΔΜΑ;

Το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, στην εργασία αυτή, αποσκοπούμε να συμβάλλει στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων των δύο πρώτων ερωτημάτων.

2. Μεθοδολογία

Το πλαίσιο της έρευνας: η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ)

Η ΔΜΑ διήρκησε έξι δίωρα μαθήματα. Το δείγμα ήταν 20 μαθητές της Ε' τάξης Δημοτικού Σχολείου της Δυτικής Μακεδονίας. Η εκπαιδευτικός είχε επιμορφωθεί σε Δια Βίου Πρόγραμμα σχετικά με το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ, τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων.

Οι μαθητές της, καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης ήταν χωρισμένοι σε πέντε ομάδες των τεσσάρων. Όλα τα μαθήματα της ΔΜΑ περιελάμβαναν διδασκαλία για τα μοντέλα. Παρακάτω περιγράφεται το περιεχόμενο κάθε διδακτικού δίωρου.

1ο δίωρο-εισαγωγή της έννοιας «μοντέλο». Έγινε με επίδειξη μιας υδρογείου σφαίρας, ενός γεωφυσικού χάρτη και ενός μοντέλου ανθρώπινου αυτιού, ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν τα μοντέλα ως αναπαραστάσεις με σκοπό την περιγραφή και την εξήγηση ενός στόχου (φαινόμενο, αντικείμενο, ιδέα). Ζητήθηκε από τις ομάδες να κατασκευάσουν ένα μοντέλο· κάθε ομάδα κατασκεύασε διαφορετικό μοντέλο ως προς το γνωστικό αντικείμενο π.χ. μοντέλο κλάσματος από τον χώρο των Μαθηματικών, μοντέλο τρούλου από το χώρο της Ιστορίας, κ.λπ.

2ο δίωρο-μοντελοποίηση αντικειμένων του μακρόκοσμου (ο κόσμος που μπορώ να παρατηρήσω με το μάτι). Οι μαθητές συνέλεξαν από διαφορετικούς χώρους του σχολείου τρία αντικείμενα διαφορετικού μεγέθους και τα αναπαρέστησαν σε αφίσα.

3ο δίωρο-μοντελοποίηση αντικειμένων του μικρόκοσμου (ο κόσμος που μπορώ να παρατηρήσω με το οπτικό μικροσκόπιο). Οι μαθητές παρατήρησαν μέσα από οπτικό μικροσκόπιο κύτταρα κρεμμυδιού, στόματα φύλλων, ερυθρά και λευκά αιμοσφαίρια. Κάθε μέλος της ομάδας κατασκεύασε το μοντέλο του αντικειμένου που παρατήρησε ως προς το σχήμα ή τη λειτουργία του και κάθε ομάδα παρουσίασε μια αφίσα με το σύνολο των μοντέλων.

4ο δίωρο-γνωριμία με τον νανόκοσμο (ο κόσμος που μπορώ να «παρατηρήσω» με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο). Οι μαθητές παρακολούθησαν video σχετικό με τους τρεις κόσμους. Δόθηκε έμφαση στον διαχωρισμό των τριών κόσμων με βάση το όργανο παρατήρησής τους. Κάθε ομάδα κατασκεύασε αφίσα μοντελοποιώντας αντικείμενο των τριών κόσμων (π.χ. για τον νανόκοσμο μοντελοποίησαν DNA και ιούς).

5ο δίωρο-εφαρμογές της νανοτεχνολογίας. Αρχικά παρακολούθησαν video στο πώς τα νανόφιλτρα καθαρίζουν το νερό από ιούς και βακτήρια. Στη συνέχεια κάθε ομάδα κατασκεύασε ένα μοντέλο νανόφιλτρου δίνοντας έμφαση στη λειτουργία του και το παρουσίασε στην τάξη.

6ο δίωρο-φαινόμενο υπερυδροφοβικότητας. Οι μαθητές σε πειραματικές δραστηριότητες παρατήρησαν το φαινόμενο της υπερυδροφοβικότητας διαφορετικών υλικών (φαινόμενο του λωτού). Η κάθε ομάδα μοντελοποίησε το φαινόμενο αυτό είτε αναπαριστώντας την επιφάνεια των υπερυδρόφοβων αντικειμένων στον νανόκοσμο είτε τη λειτουργία του φαινομένου (Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Κατασκευή μοντέλου του φαινομένου του λωτού

Διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων: δύο πρώτα ερευνητικά ερωτήματα

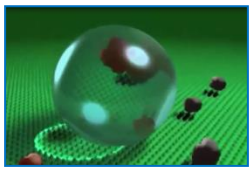
Για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο το οποίο δόθηκε πριν και μετά την παρέμβαση (pre και post). Το pre ερωτηματολόγιο είχε τρεις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου σχετικά με τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων και δόθηκε για συμπλήρωση στους μαθητές μια εβδομάδα πριν από τη διδακτική παρέμβαση (πίνακας 1, Ε1-Ε3). Στο post ερωτηματολόγιο προστέθηκαν δύο ακόμα ερωτήσεις σχετικά με την πολλαπλότητα των μοντέλων και συμπληρώθηκε από τους μαθητές μια εβδομάδα μετά τη διδακτική παρέμβαση (πίνακας 1, Ε4, Ε5).

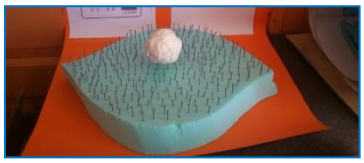
Πίνακας 1: Έργα που χρησιμοποιήθηκαν για τη συλλογή δεδομένων

Ε1. Γράψε μία πρόταση, την πιο αντιπροσωπευτική για σένα, που να περιέχει τη λέξη μοντέλο.
Ε2. Παρακάτω βλέπεις μια κατασκευή που παριστάνει ένα μάτι. Σε τι νομίζεις ότι μας χρησιμεύει αυτή η κατασκευή;
Ε3. Πώς θα ονόμαζες την παραπάνω κατασκευή;
Ε4. Σε τι νομίζεις ότι μας βοηθάει ένα μοντέλο για το φαινόμενο του λωτού;
Ε5. Χρειάζεται να υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα που θα αναπαριστούν το φαινόμενο του λωτού; Αιτιολόγησε την απάντησή σου.

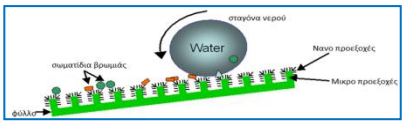
Στις εικόνες 2 και 3 φαίνονται τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν στα έργα 4 και 5, αντίστοιχα.

Εικόνα 2: Μοντέλο του έργου 4





Εικόνα 3: Μοντέλα του έργου 5



Πίνακας 2: Επίπεδα κατανόησης στις ερωτήσεις 1-5

Ερώτηση	Επίπεδο 1	Επίπεδο 0
1η	-Δηλώνεται είτε άμεσα είτε έμμεσα το μοντέλο ως αναπαράσταση ενός στόχου. -Δηλώνεται η χρησιμότητα του μοντέλου ή δίνονται παραδείγματα μοντέλων.	-Το μοντέλο θεωρείται ως αντίγραφο -Συνδέεται με την πραγματικότητα.
2η + 4η	-Το μοντέλο θεωρείται ως εργαλείο μάθησης, κατανόησης, μεταφοράς πληροφοριών.	-Οτιδήποτε διαφορετικό από το Ε1.
3η	-Το όνομα παραπέμπει σε αναπαράσταση.	-Το όνομα παραπέμπει στην πραγματικότητα.
5η	-Τα πολλαπλά μοντέλα παρέχουν διαφορετικές πληροφορίες ή/και χρειάζονται επειδή ο καθένας κατανοεί με διαφορετικό τρόπο τις πληροφορίες.	-Οτιδήποτε διαφορετικό από το Ε1.

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών βασιστήκαμε στα επίπεδα κατανόησης που αναγνωρίστηκαν σε προγενέστερη έρευνα της οποίας το δείγμα ήταν της ίδιας ηλικιακής ομάδας με τη δική μας (Ζουπίδης 2012). Για κάθε ερώτημα, τα επίπεδα κατανόησης είναι δύο (Ε1, Ε0) (πίνακας 2). Στο Ε0 εντάσσονται απαντήσεις που είναι κενές, ασαφείς, είναι ταυτολογίες ή δηλώνουν άγνοια.

Διαδικασία συλλογής και ανάλυσης δεδομένων: τρίτο ερευνητικό ερώτημα

Όλες οι διδασκαλίες βιντεοσκοπήθηκαν και στη συνέχεια αναλύθηκαν σε δύο κατευθύνσεις. Συγκεκριμένα έγινε καταγραφή των επεισοδίων με στόχο να αναλυθούν οι δραστηριότητες που αφορούσαν το περιεχόμενο: (i) της Ν-ΕΤ ($1^η$ κατεύθυνση) και (ii) των μοντέλων ($2^η$ κατεύθυνση).
Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της δεύτερης κατεύθυνσης. Ο πίνακας 3 αποτέλεσε το εργαλείο ανάλυσης, που σχεδιάστηκε για τον σκοπό αυτό. Σε κάθε μάθημα συγκεντρώνονται για κάθε επεισόδιο: (i) ο τίτλος και η διάρκειά του, (ii) ο προφορικός λόγος της εκπαιδευτικού (τεκμήρια, διάρκεια, ρητή αναφορά (Ρ) ή άρρητη αναφορά (Α) στη φύση των μοντέλων και (iii) το εκπαιδευτικό υλικό. Τον πίνακα 3 συμπλήρωσαν ανεξάρτητα δύο ερευνητές, οι οποίοι, στη συνέχεια συναντήθηκαν ώστε να συζητήσουν και να συμφωνήσουν στα ευρήματά τους ($1^ο$ στάδιο). Στη συνέχεια, όλοι οι τέσσερις ερευνητές συζήτησαν τα αποτελέσματα της ανάλυσης του $1^{ου}$ σταδίου μέχρι να επέλθει 100% συμφωνία.
Στον πίνακα 3, παρουσιάζεται ένα παράδειγμα, π.χ. στο πρώτο μάθημα, φαίνεται μία φράση με την οποία τεκμηριώνεται η ρητή αναφορά (Ρ) της εκπαιδευτικού για το τι είναι μοντέλο κατά τη διάρκεια του επεισοδίου «Εισαγωγή στη φύση των μοντέλων».

Πίνακας 3: Ένα μέρος του εργαλείου ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των βιντεοσκοπημένων διδασκαλιών

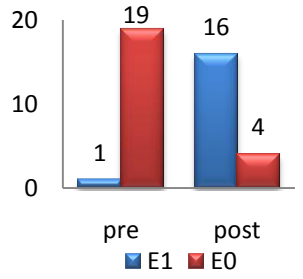
Διδακτικός Χρόνος για τα μοντέλα						
Μάθημα	Επεισόδιο		Προφορικός λόγος			Εκπαιδευ-τικό Υλικό
	Τίτλος	Διάρκεια	Τεκμήριο	Διάρκεια	Ρ/Α	
$1^ο$	Εισαγωγή στη φύση των μοντέλων	4,53 min	*Είναι η αναπαρά-σταση, η αναπαράστα-ση είναι ένα μοντέλο*	10 sec	Ρ	Μοντέλο αυτιού

3. Αποτελέσματα

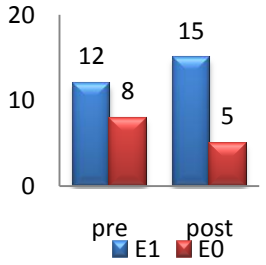
Στα παρακάτω γραφήματα φαίνονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών ανά ερώτηση. Στην πρώτη ερώτηση παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των μαθητών αρχικά έδωσε απαντήσεις του επιπέδου 0, π.χ. «Τα μοντέλα είναι πλούσια και ευτυχισμένα». Η αλλαγή του επιπέδου των απαντήσεων στη μετά μέτρηση είναι σημαντική, δηλαδή οι περισσότεροι μαθητές δήλωσαν είτε άμεσα είτε έμμεσα το μοντέλο ως αναπαράσταση ενός στόχου, όπως «Μοντέλο είναι μια κατασκευή που αναπαριστά ένα αντικείμενο».
Στη δεύτερη ερώτηση στο αρχικό ερωτηματολόγια 12 μαθητές θεώρησαν ότι το μοντέλο είναι εργαλείο μάθησης, κατανόησης και μεταφοράς πληροφοριών ενώ οι υπόλοιποι έδιναν

διαφορετικές απαντήσεις, όπως «Εγώ αυτή την κατασκευή θα τη χρησιμοποιούσα σαν στολίδι για το σπίτι μου». Στο τελικό ερωτηματολόγιο, οι μαθητές στο επίπεδο 1 αυξάνονται κατά τρεις, δίνοντας απαντήσεις όπως «Νομίζω ότι μας χρησιμεύει στο να βλέπουμε το μάτι μας εσωτερικά και εξωτερικά σε κάθε λεπτομέρεια».

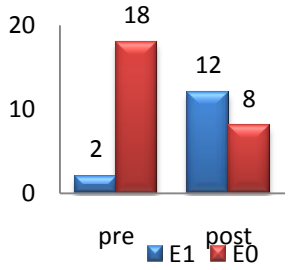
Γράφημα 1: Απαντήσεις στην Ερώτηση 1



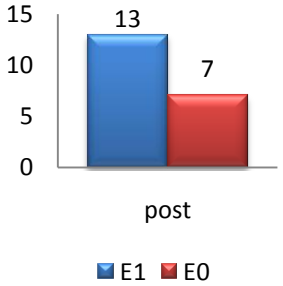
Γράφημα 2: Απαντήσεις στην Ερώτηση 2



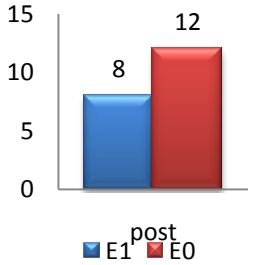
Γράφημα 3: Απαντήσεις στην Ερώτηση 3



Γράφημα 4: Απαντήσεις στην Ερώτηση 4



Γράφημα 5: Απαντήσεις στην Ερώτηση 5



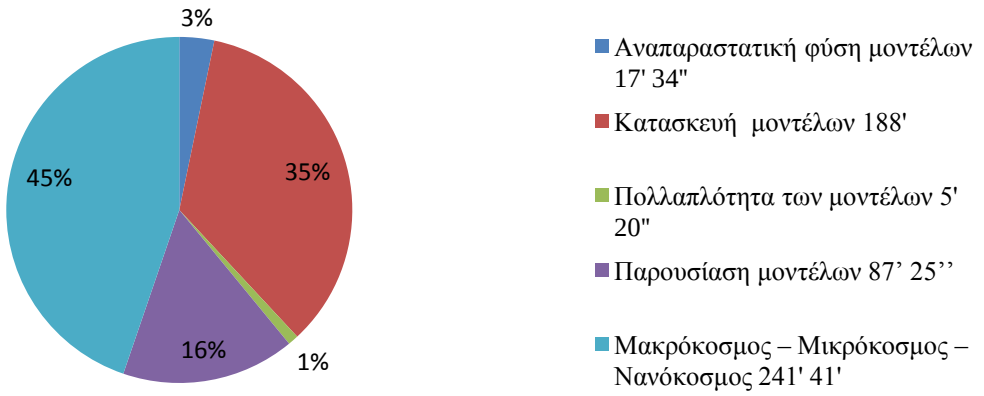
Στην τρίτη ερώτηση έχουμε μεγάλη βελτίωση στις απαντήσεις των μαθητών αφού αρχικά οι περισσότεροι έγραψαν ονόματα/φράσεις του επιπέδου 0, π.χ. «Κύκλωπας: Το μάτι του μικρόκοσμου». Η μετά μέτρηση δείχνει ότι πάνω από τους μισούς εκφράστηκαν στο επίπεδο 1, π.χ. «Θα την ονόμαζα ένα μοντέλο ενός ματιού».

Στην τέταρτη ερώτηση, τα αποτελέσματα είναι θετικά αφού φαίνεται ότι 13 μαθητές αναγνώρισαν το μοντέλο ως εργαλείο μάθησης, κατανόησης και μεταφοράς πληροφοριών με απαντήσεις, όπως «Για να δούμε ότι το νερό όταν πέφτει μαζεύει τους ιούς και τα μικρόβια. Και επίσης ότι κάποιες φορές οι σταγόνες είναι στρογγυλές και μερικές όχι». Παράδειγμα απάντησης για το επίπεδο 0, είναι «Μας βοηθάει να καθαρίζει βρωμιές».

Στην πέμπτη ερώτηση, τα αποτελέσματα θεωρούμε ότι δεν είναι ενθαρρυντικά γιατί οι περισσότεροι μαθητές έδωσαν απαντήσεις στις οποίες φαίνεται να μην αναγνωρίζουν την αξία της πολλαπλότητας των μοντέλων, π.χ. «Δεν χρειάζεται να υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα γιατί μπορεί και στο ένα να τα δούμε όλα». Παραθέτουμε παράδειγμα απάντησης από τους υπόλοιπους οχτώ, οι οποίοι φαίνεται ότι κατανόησαν ότι τα πολλαπλά μοντέλα παρέχουν διαφορετικές πληροφορίες ή/και χρειάζονται επειδή ο καθένας κατανοεί με διαφορετικό τρόπο τις πληροφορίες δίνοντας απαντήσεις. Για παράδειγμα, «Ναι, γιατί μπορεί το δεύτερο μοντέλο να έχει περισσότερες πληροφορίες από το πρώτο».

Όσον αφορά την τρίτη ερευνητική ερώτηση, από την ανάλυση των αποτελεσμάτων για όλη τη διάρκεια των έξι δίωρων της ΔΜΑ (540mins), αναδείχτηκαν οι παρακάτω θεματικές περιοχές: α) αναπαραστατική φύση των μοντέλων β) πολλαπλότητα των μοντέλων γ) κατασκευή μοντέλων δ) παρουσίαση μοντέλων ε) μακρόκοσμος–μικρόκοσμος–νανόκοσμος (περιεχόμενο Ν-ΕΤ). Στο γράφημα 6, παρουσιάζουμε τον διδακτικό χρόνο που αφιέρωσε η εκπαιδευτικός σε κάθε θεματική περιοχή. Παρατηρούμε ότι τέσσερις θεματικές περιοχές αφορούν όψεις του περιεχομένου μοντέλα/μοντελοποίηση και μία το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ. Από τη μια φαίνεται, ότι ο διδακτικός χρόνος που αφιέρωσε η εκπαιδευτικός για τη διδασκαλία των μοντέλων/μοντελοποίηση είναι περίπου το 55%. Από την άλλη ο χρόνος αυτός είναι πολύ περιορισμένος για την πολλαπλότητα των μοντέλων σε αντίθεση με τον αντίστοιχο για την κατασκευή και την αναπαραστατική φύση των μοντέλων.

Γράφημα 6: Διδακτικός χρόνος ανά θεματική περιοχή



4. Συμπεράσματα

Θεωρούμε ότι συγκεκριμένη ΔΜΑ έχει καινοτομικά χαρακτηριστικά, καθώς εμπλέκεται το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ με το περιεχόμενο των μοντέλων.
Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μαθητές βελτίωσαν τις ιδέες τους για τη φύση και το ρόλο των μοντέλων, ενώ λιγότερο ενθαρρυντικά ήταν τα αποτελέσματα για την πολλαπλότητα των μοντέλων.
Η ανάλυση των βιντεοσκοπημένων διδασκαλιών παρέχει μια πρώτη ερμηνεία για αυτή τη διαφορά. Φαίνεται ότι, η εκπαιδευτικός δεν συζήτησε το ίδιο αναλυτικά με τους μαθητές της, τη χρησιμότητα της ύπαρξης πολλαπλών μοντέλων για το ίδιο φαινόμενο/αντικείμενο.
Μια συστηματική και εις βάθος μελέτη σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών και εκπαιδευτικών οι οποίοι εφαρμόζουν ανάλογες ΔΜΑ (συνδυασμός περιεχομένου Ν-ΕΤ και μοντέλων/μοντελοποίησης) μπορεί να συμβάλλει αφενός στην ανάδειξη θεμάτων που αφορούν την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σχετικά με τη διδακτική αξία των μοντέλων στην εκμάθηση περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών. Αφετέρου μπορεί να αναδείξει τη στενή σχέση που έχει η εκμάθηση δηλωτικής γνώσης (έννοιες, φαινόμενα της Ν-ΕΤ) με την εκμάθηση επιστημολογικής γνώσης (μοντέλα) (Zoupidis et al. 2016).

5. Βιβλιογραφία

Κίντζιος, Σ. (2016) *Νανοβιοτεχνολογία & Βιοαισθητήρες*. Εκδόσεις: ΕΜΒΡΥΟ. Αιγάλεω Αθήνα

Ζουπίδης, Α. (2012). Διδασκαλία και μάθηση με τη χρήση μοντέλων Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας: Εφαρμογή στα φαινόμενα της πλεύσης και της βύθισης. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας.

Σπύρτου, Α., Πέικος, Γ. & Μάνου, Λ. (2016). Ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων για την κατανόηση του μεγέθους στην κλίμακα του νάνο από μαθητές Δημοτικού Σχολείου. Στο Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπουρδή (Επμ.). Πρακτικά του 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;» (σσ. 169-205). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Daly, S. & Bryan, L. A. (2010). Model use choices of secondary teachers in nanoscale science and engineering education. Journal of Nano Education, 2, 76-90.

Feather, J., L. & Aznar, M., F. (2011). Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.

Jones, G., Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education, 35*(9), 1490-1512.

Magana, A., Brophy, S., Bryan, L. (2012) An Integrated Knowledge Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition (FS2C). International Journal of Science Education, 34 (14), 2181-2203.

Oh, P. S. & Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. International Journal of Science Education, 33 (8), 1109-1130.

Sabelli, N., Schank, P., Rosenquist, A., Stanford, T., Cormia, R. & Hurst, K. (2005). Report of the workshop science and technology education at the nanoscale. SRI International. Retrieved August 8, 2013, from nanosense.org/documents/reports/NanoWorkshopReportDraft.pdf

Stevens, S., Sutherland, L. & Krajcik, J. (2009). The « big ideas » of nanoscale science and engineering. Arlington, VA: National Science Teacher Association press.

Zoupidis, A., Pnevmatikos, D., Spyrtou, A., Kariotoglou, P. (2016). The impact of procedural and epistemological knowledge on conceptual understanding: the case of density and floating–sinking phenomena. *Instructional Science, 44(4)*, 315-334.

ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ «ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ» ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ ΣΤΑ ΣΧΟΛΕΙΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΕΥΚΑΙΡΙΑΣ

Σπύρος Κόλλας, Κρυσταλλία Χαλκιά

ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας (ΣΔΕ) είναι σχολεία εκπαίδευσης ενηλίκων όπου το Αναλυτικό Πρόγραμμα (Α.Π.) του κάθε αντικειμένου αναπτύσσεται, σε τοπικό επίπεδο, από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς με σκοπό τον εγγραμματισμό των εκπαιδευομένων. Η παρούσα έρευνα εστιάζει στον επιστημονικό γραμματισμό και παρουσιάζει τα αποτελέσματα ενός επιμορφωτικού σεμιναρίου για τους εκπαιδευτικούς των ΣΔΕ. Σκοπός ήταν η αλλαγή των πρακτικών που διέπουν την επιλογή και ανάπτυξη ενοτήτων για το Α.Π. του επιστημονικού γραμματισμού από τους εκπαιδευτικούς: από ενότητες που επικεντρώνονται στη διδασκαλία του επιστημονικού περιεχομένου προς διαθεματικές ενότητες «καθημερινής επιστήμης» που είναι σχετικές με την ζωή των ενηλίκων εκπαιδευομένων.

Abstract

Second Chance Schools (SCSs) were established in Greece in an effort to provide literacy skills to adults excluded from mainstream society and facilitate their reintegration into it. Science teachers working in SCSs face the challenge of developing scientific literacy-oriented curricula by themselves. This study presents the methodology and results of a constructivist teacher-training workshop aimed at changing SCSs' science teachers' approach to curriculum design, from theory-laden curricula to interdisciplinary curricula that focus on real-context, science-related situations related to students' lives. The results show that most SCSs' science teachers were able to make the intended critical shift.

1. Εισαγωγή

Τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας (ΣΔΕ) είναι καινοτόμα σχολεία εκπαίδευσης ενηλίκων. Απευθύνονται σε πολίτες που δεν έχουν ολοκληρώσει την εννιάχρονη υποχρεωτική εκπαίδευση και οι οποίοι δεν κατέχουν τις απαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες προκειμένου να αντεπεξέλθουν στις τρέχουσες κοινωνικοοικονομικές συνθήκες. Οι εκπαιδευόμενοι των ΣΔΕ προέρχονται, συνήθως, από ευαίσθητες κοινωνικές ομάδες (μετανάστες, Μουσουλμάνοι, φυλακισμένοι, άνεργοι κ.ά.) και είναι άτομα που συχνά βιώνουν την κοινωνική και εργασιακή περιθωριοποίηση (ΙΔΕΚΕ 2003). Με δεδομένα τα χαρακτηριστικά αυτά των εκπαιδευομένων, το πρόγραμμα σπουδών των σχολείων αυτών επικεντρώθηκε στον εγγραμματισμό τους. Επιπλέον, αποφασίστηκε ότι στα ΣΔΕ δεν θα πρέπει να υπάρχει ένα ενιαίο αναλυτικό πρόγραμμα (Α.Π.) για κάθε γνωστικό αντικείμενο -Γραμματισμό-, αλλά ότι αυτό θα πρέπει να αναπτύσσεται τοπικά, ανά σχολική μονάδα, από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό της κάθε ειδικότητας, προκειμένου να προσαρμόζεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, στην κουλτούρα, στις ανάγκες και στα ενδιαφέροντα της εκάστοτε πληθυσμιακής ομάδας εκπαιδευομένων (ΙΔΕΚΕ 2003).

Οι αποφάσεις αυτές που σχετίζονται με τη λειτουργία των ΣΔΕ είναι σύμφωνες με τις τάσεις της διεθνούς βιβλιογραφίας για την εκπαίδευση κοινωνικά ευαίσθητων πληθυσμιακών ομάδων ενηλίκων. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Layton et al. 1986, Roth & Lee 2004), τα Α.Π. που αποσκοπούν στον επιστημονικό γραμματισμό ενηλίκων δεν πρέπει να εστιάζουν στη διδασκαλία του περιεχομένου της επιστήμης αλλά στη λειτουργική χρήση του. Πρέπει, δηλαδή, να επικεντρώνονται σε ζητήματα καθημερινά που αφορούν στην κοινωνική, προσωπική ή εργασιακή ζωή των εκπαιδευομένων. Στις περιπτώσεις αυτές η επιστημονική γνώση ενσωματώνεται σε πραγματικές καταστάσεις – προβλήματα και αντιμετωπίζεται ως μία δομή η όποια συνυπάρχει μαζί με διάφορες άλλες δομές γνώσης και από τις οποίες, μάλιστα, δεν είναι δυνατό να διαχωριστεί (Roth & Lee 2007). Υπό αυτό το πρίσμα, είναι σημαντικό το μαθησιακό περιβάλλον που σχεδιάζει ένας εκπαιδευτικός για ένα ζήτημα να λαμβάνει αφορμές από καταστάσεις ρεαλιστικές και οικείες στον εκπαιδευόμενο, και να αντιμετωπίζεται διαθεματικά, προβάλλοντας τις κοινωνικές, πολιτισμικές, ιδεολογικές και ηθικές διαστάσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας (Levinson 2006, Ratlcliffe 2009).
Ερευνητικά δεδομένα, ωστόσο, φανερώνουν ότι οι εκπαιδευτικοί των ΣΔΕ, επηρεαζόμενοι από το εκπαιδευτικό πλαίσιο της τυπικής εκπαίδευσης, εστιάζουν κυρίαρχα σε μια θετικιστική, παραδοσιακή και θεωρητική διδασκαλία των εννοιών, νόμων, μεθόδων της επιστήμης (π.χ. διδασκαλία της Μηχανικής ή της δομής του ατόμου), που αγνοεί τις σχέσεις της επιστήμης με τα ενδιαφέροντα, τα βιώματα, τα προβλήματα και τις κοινωνικές ανάγκες των εκπαιδευομένων (Κόλλας & Χαλκιά 2014).

2. Μεθοδολογία/ Ερευνητικά ερωτήματα

Στην παρούσα εργασία το ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε ήταν: *«Κατά πόσον μπορούν οι εκπαιδευτικοί των ΣΔΕ, μετά από ένα σεμινάριο επιμόρφωσης, να σχεδιάσουν θεματικές ενότητες που να παίρνουν αφορμές από καταστάσεις/προβλήματα σχετικά με την ζωή των εκπαιδευόμενων και οι οποίες να έχουν διαθεματικό χαρακτήρα»*.
Για το σκοπό αυτό, οι εκπαιδευτικοί παρακολούθησαν ένα σεμινάριο εποικοδομητικού τύπου, που αποσκοπούσε στην εννοιολογική αλλαγή (στην αλλαγή των αντιλήψεων και των πρακτικών τους). Δηλαδή, στόχευε στη συνειδητοποίηση ότι το περιεχόμενο του Α.Π. που οι ίδιοι επιλέγουν δεν είναι συμβατό με τα χαρακτηριστικά και τις ανάγκες των εκπαιδευομένων τους, (π.χ. η διδασκαλία της δομής του ατόμου δεν αφορά άμεσα τις ανάγκες ενός αγρότη ή ενός φυλακισμένου) (Hewson et al. 1999, Pintó 2005, Stolk et al. 2011, Κόλλας & Χαλκιά 2014). Επιπλέον, αποσκοπούσε στην παρουσίαση μίας εκπαιδευτικής πρότασης, μιας ακολουθίας, για τον σχεδιασμό θεματικών ενοτήτων «καθημερνής επιστήμης» και στην άσκηση των εκπαιδευτικών σε αυτήν. Στο πλαίσιο αυτής της ακολουθίας, η επιστημονική γνώση εντάσσεται εντός αυθεντικών καθημερινών ζητημάτων και προβλημάτων που σχετίζονται με την ζωή των εκπαιδευομένων, ενώ παράλληλα, με αφορμή τα ζητήματα αυτά, προβάλλονται οι σχέσεις της επιστήμης και της τεχνολογίας με την κοινωνία, αλλά και με άλλα πεδία γνώσης (π.χ. λογοτεχνία). Στο τέλος του σεμιναρίου, οι εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να σχεδιάσουν θεματικές ενότητες, ακολουθώντας την προτεινόμενη ακολουθία (αναλυτικά, η μέθοδος και το περιεχόμενο της διαδικασίας επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών έχει περιγραφεί σε προηγούμενη εισήγησή μας, Κόλλας & Χαλκιά 2014).
Το σεμινάριο επιμόρφωσης υλοποιήθηκε στους χώρους του ΠΤΔΕ του ΕΚΠΑ, ήταν διήμερο και συμμετείχαν σε αυτό επτά εκπαιδευτικοί των ΣΔΕ. Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στο σεμινάριο ήταν διαφόρων ειδικοτήτων (3 Φυσικοί, 3 Γεωλόγοι και 1 Βιολόγος), είχαν διαφορετικό επίπεδο διδακτικής εμπειρίας (4 έμπειροι και 3 άπειροι) και εργάζονταν σε ΣΔΕ με διαφορετικά κοινωνικοπολιτισμικά χαρακτηριστικά εκπαιδευομένων (ΣΔΕ στην Αθήνα, σε αγροτικές και ακριτικές περιοχές, σε νησί και σε φυλακές).

Οι εκπαιδευτικοί πριν το σεμινάριο κλήθηκαν να μας αποστείλουν τους σκοπούς του Α.Π. που αναπτύσσουν, τις θεματικές ενότητες που επιλέγουν, τους στόχους που θέτουν σε κάθε θεματική και μια περιγραφή του περιεχομένου τους. Οι θεματικές αυτές, καθώς και εκείνες που αναπτύχθηκαν από τους εκπαιδευτικούς εντός του επιμορφωτικού σεμιναρίου, αξιολογήθηκαν από δύο κριτές, ειδικούς στη διδακτική των φυσικών επιστημών, ως προς: α) τον βαθμό συσχέτισης των μαθησιακών περιβαλλόντων που επέλεξαν και ανέπτυξαν οι εκπαιδευτικοί με τα χαρακτηριστικά (ενδιαφέροντα, ανάγκες, επαγγελματική ζωή, κ.λπ.) των εκπαιδευομένων και β) τον βαθμό διασύνδεσης της επιστημονικής γνώσης με την κοινωνία και με άλλα γνωστικά πεδία (διαθεματικότητα).
Επιπλέον, το σεμινάριο βιντεοσκοπήθηκε και το περιεχόμενό του αναλύθηκε ποιοτικά, προκειμένου να καταγραφούν οι δυσκολίες των εκπαιδευτικών κατά την παρέμβαση και τα στοιχεία εκείνα της επιμορφωτικής διαδικασίας που βοήθησαν στην μετεξέλιξη των πρακτικών τους.

3. Αποτελέσματα

Πριν την παρέμβαση
Πριν το σεμινάριο, οι 5 από τους 7 εκπαιδευτικούς έθεταν σκοπούς και ανέπτυσσαν θεματικές ενότητες που σχετίζονται με τη διδασκαλία του περιεχομένου της επιστήμης (π.χ. δομή της ύλης). Οι άλλοι δύο εκπαιδευτικοί έθεταν σκοπούς και ανέπτυσσαν θεματικές ενότητες που σχετίζονται με την κατάκτηση γνώσεων χρήσιμων για την καθημερινή ζωή (π.χ. «Αναπαραγωγή και έμβρυο»). Η αντιμετώπιση, ωστόσο, των ζητημάτων που προέβαλλαν οι δύο αυτοί εκπαιδευτικοί δεν είχε διεπιστημονικό και διαθεματικό χαρακτήρα και ούτε συσχέτιζε την επιστήμη με την κοινωνία και τις ανάγκες των εκπαιδευομένων.

Κατά την παρέμβαση
Η κυρίαρχη δυσκολία των εκπαιδευτικών κατά την παρέμβαση ήταν να κατανοήσουν ότι η επιστημονική γνώση στο πλαίσιο της ζωής των εκπαιδευομένων δεν έχει μια αυταξία (π.χ. η διδασκαλία των νόμων του Νεύτωνα), αλλά νοηματοδοτείται μέσα από καταστάσεις που σχετίζονται με τις ανάγκες και την καθημερινότητά τους (π.χ. ζητήματα σχετικά με το ανθρώπινο σώμα και την υγεία). Προκειμένου να υπερβούν οι εκπαιδευτικοί την δυσκολία τους αυτή, επιχειρήσαμε να τους βοηθήσουμε να εστιάσουν στα περιβάλλοντα (εργασιακά, προσωπικά ή κοινωνικά) στα οποία δρουν οι εκπαιδευόμενοι στην καθημερινότητά τους. Οι εκπαιδευτικοί φάνηκε ότι ήταν ικανοί να τα περιγράψουν, να αντιληφθούν πως η παραδοσιακή προσέγγιση της διδασκαλίας των επιστημών δεν απαντά στις ανάγκες των εκπαιδευομένων των ΣΔΕ και πως τελικά χρειάζεται να προσαρμόσουν τις δικές τους πρακτικές αναφορικά με το σχεδιασμό των Α.Π. στα χαρακτηριστικά της ζωής των πληθυσμών στους οποίους αναφέρονται (γνωστική σύγκρουση και αναδόμηση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών). Η απελευθέρωση των εκπαιδευτικών, μέσω της παρέμβασης, από το επιστημονικό περιεχόμενο, τους έδωσε τη δυνατότητα να ενεργοποιήσουν κατά το σχεδιασμό των ενοτήτων που παρήγαγαν γνώσεις και πτυχές της ευρύτερης κουλτούρας τους, στοιχεία που έως τότε βρίσκονταν σε λανθάνουσα κατάσταση, δηλαδή δεν αξιοποιούνταν στο πλαίσιο των Α.Π. τους.

Μετά την παρέμβαση
Σύμφωνα με τους κριτές, οι εκπαιδευτικοί μπόρεσαν να κάνουν την κρίσιμη μετάβαση από πρακτικές σχεδιασμού που εστιάζουν στη διδασκαλία του επιστημονικού περιεχομένου προς θεματικές καθημερινής επιστήμης, σχετικές με τη ζωή των εκπαιδευομένων («Κρασί-αλκοόλ», «Φαρμακευτικά φυτά», «Ρατσισμός και θεωρία της εξέλιξης», «Σεξουαλικώς μεταδιδόμενα νοσήματα», κ.ά.). Σε προηγούμενη εισήγησή μας, παρουσιάσαμε και

σχολιάσαμε τις θεματικές ενότητες που αναφέρονταν σε κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα (Κόλλας & Χαλκιά 2017). Στην παρούσα εργασία θα εστιάσουμε στη διασύνδεση της επιστημονικής γνώσης με άλλα πεδία γνώσης. Σε όλες τις θεματικές οι εκπαιδευτικοί μπόρεσαν, σε μεγάλο βαθμό, να επιτύχουν αυτή τη διασύνδεση. Ακολουθούν δύο χαρακτηριστικά παραδείγματα διαθεματικών ενοτήτων «καθημερινής επιστήμης» που σχεδιάσαν εκπαιδευτικοί μετά την παρέμβαση:

- Κρασί – Αλκοόλ (για ΣΔΕ αγροτικής περιοχής). Η θεματική αυτή επικεντρώνεται στην εργασιακή ζωή των εκπαιδευομένων. Ο τόπος αναφοράς φημίζεται για παραγωγή αμπελουργικών προϊόντων. Πιο συγκεκριμένα, αποσκοπεί στην εξοικείωση των εκπαιδευομένων με γνώσεις και τεχνικές αναφορικά με την καλλιέργεια αμπέλου, την επεξεργασία και πώληση των σταφυλιών, την παραγωγή κρασιού και άλλων αλκοολούχων ποτών. Επιπλέον, επιχειρεί τη γνωριμία των εκπαιδευομένων με άλλες εφαρμογές του αλκοόλ στη χημική, φαρμακευτική και καλλυντική βιομηχανία. Τέλος, η ενότητα επιδιώκει να αναδείξει την πληθώρα των κοινωνικών περιστάσεων, των παραδόσεων και των μύθων του τόπου που σχετίζονται με την κατανάλωση του οίνου και να επισημάνει τις αρνητικές πτυχές της υπερβολικής κατανάλωσης του αλκοόλ. Οι πτυχές αυτές συνδέονται με πληθώρα παθολογικών καταστάσεων, σωματικής, ψυχολογικής και κοινωνικής φύσεως, που θέτουν τη ζωή του καταναλωτή αλλά και των ανθρώπων που τον περιβάλλουν σε κίνδυνο.
  Η ανάλυση περιεχομένου της συγκεκριμένης θεματικής ενότητας έδειξε ότι: α) Σχετικά με τη διαθεματικότητα, επιτυγχάνει τη διασύνδεση της επιστήμης με τη λαϊκή παράδοση (μύθοι, τραγούδια), την ιατρική και την τέχνη (ζωγραφική, κινηματογράφος κ.ά.). Επιπλέον, διασυνδέονται μέσα από την ενότητα διαφορετικά επιστημονικά πεδία (διεπιστημονικότητα). Πιο συγκεκριμένα, μέσω της αμπελουργίας έγιναν αναφορές στη μετεωρολογία (πώς το κλίμα ενός τόπου ευνοεί την καλλιέργεια της αμπέλου), στη Γεωλογία (ποιότητα του εδάφους), αλλά και τη Χημεία (λιπάσματα). Τέλος, η ενότητα θέτει στο τραπέζι του διαλόγου κοινωνικά ζητήματα (εθισμός στο αλκοόλ, οδήγηση και κατανάλωση αλκοόλ, υπεύθυνη παραγωγή - επιπτώσεις της νοθείας των ποτών). β) Σχετικά με τη διασύνδεση της ενότητας με τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων, η ενότητα δίνει έμφαση στην αγροτική τους ζωή. Αναλυτικότερα, οι εκπαιδευόμενοι επισκέπτονται αμπελώνες, οινοποιεία, μουσεία οίνου, αποστακτήρια, ενημερώνονται από ειδικούς και εκτελούν πειράματα σχετικά με την κλασματική απόσταξη στο Χημείο του σχολείου (Clevenger). Ακόμη, προκειμένου να επιτευχθούν οι κοινωνικοί στόχοι που τίθενται (υπεύθυνη κατανάλωση αλκοόλ) οι εκπαιδευόμενοι ενημερώνονται από γιατρούς, ψυχολόγους και κλιμάκια της τροχαίας, ενώ στο τέλος εμπλέκονται σε συζήτηση αντιπαράθεσης (debate) σχετικά με τις θετικές και αρνητικές επιδράσεις του αλκοόλ στη ζωή των πολιτών.
- Αρωματικά και Φαρμακευτικά Φυτά (για ΣΔΕ αγροτικής περιοχής). Η θεματική αυτή αφορμάται από την μακρά παράδοση που υπάρχει στην περιοχή για την καλλιέργεια, αλλά και για την χρήση των φυτών αυτών (από τον Ιπποκράτη έως τους σύγχρονους βικογιατρούς). Όμως, συχνά, στα αρωματικά φυτά αποδίδονται «θαυματουργές» ιδιότητες. Έτσι, η επιστημονική γνώση που θα κατακτηθεί σχετικά με το ζήτημα αυτό μέσα από την ενότητα επιδιώκεται να χρησιμοποιηθεί ως εφόδιο, αφενός για την προστασία των εκπαιδευομένων από διάφορους ψευδοεπιστήμονες και αφετέρου για την ενίσχυση της δυνατότητάς τους να ασχοληθούν επαγγελματικά με το χώρο των αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών.
  Η ανάλυση περιεχομένου της συγκεκριμένης θεματικής ενότητας έδειξε ότι: α) Σχετικά με τη διαθεματικότητα, επιτυγχάνει τη διασύνδεση της επιστήμης με τη λαϊκή παράδοση (μύθοι, τραγούδια), τη μαγειρική, τη διατροφή, την ιατρική, τον

κινηματογράφο, την λογοτεχνία και, φυσικά, την αγροτική ζωή. β) Σχετικά με τη διασύνδεση της ενότητας με τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων, η ενότητα δίνει έμφαση στις ανάγκες και την επαγγελματική «ταυτότητα» των εκπαιδευομένων, καλώντας ειδικούς (γεωπόνους) να αναλάβουν το ρόλο ενημέρωσης τους (παρέχουν συμβουλές για την καλλιέργεια αρωματικών και φαρμακευτικών φυτών). Τέλος, σύμφωνα με τον εκπαιδευτικό σχεδιασμό της θεματικής ενότητας, οι ίδιοι οι εκπαιδευόμενοι εμπλέκονται στην καλλιέργεια των φυτών και στην παραγωγή κηραλοιφών, ελαίων και σπιτικών καλλυντικών.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν πως είναι δυνατή η μετεξέλιξη των πρακτικών των εκπαιδευτικών, όταν αυτοί ενταχθούν σε μια κατάλληλα σχεδιασμένη επιμορφωτική διαδικασία. Οι εκπαιδευτικοί, εντός του σεμιναρίου, επέλεξαν θεματικές ενότητες που στην πλειοψηφία τους απαντούσαν στις ανάγκες –προσωπικές, εργασιακές ή κοινωνικές– των εκπαιδευομένων και μπόρεσαν να διαμορφώσουν περιβάλλοντα μάθησης διαθεματικά και διεπιστημονικά. Η νέα αυτή οπτική σχεδιασμού ενός Α.Π. είναι πολύ σημαντική προκειμένου να μπορούν οι εκπαιδευτικοί αφενός να προσαρμόζουν το περιεχόμενο των ενοτήτων τους στα δεδομένα της πραγματικότητας του εκάστοτε πληθυσμού αναφοράς (συνθήκες ζωής και προβλήματα που βιώνουν), αφετέρου προκειμένου να προβάλλουν την «πραγματική» εικόνα της επιστήμης που δεν είναι αποκομμένη από το κοινωνικό της πλαίσιο. Κατ' αυτό τον τρόπο παρέχεται στους εκπαιδευόμενους ένα περιβάλλον που τους αφορά, νοηματοδοτεί την επιστημονική γνώση και τους δίδει εφόδια για τη μετέπειτα ζωή τους, διευκολύνοντας την κοινωνική και επαγγελματική τους επανένταξη.

5. Βιβλιογραφία

Ινστιτούτο Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων (2003). Προδιαγραφές Σπουδών για τα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας. Έκδοση του Ινστιτούτου Διαρκούς Εκπαίδευσης Ενηλίκων, Αθήνα.

Κόλλας Σπ, Χαλκιά Κρ., (2017: υπό δημοσίευση). Η ενσωμάτωση των κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων στα Α.Π. για τον επιστημονικό γραμματισμό στα Σχολεία Δεύτερης Ευκαιρίας. Πρακτικά 9ου συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Κόλλας Σπ, Χαλκιά Κρ., (2014). Ο σχεδιασμός ενός σεμιναρίου επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών των Σχολείων Δεύτερης Ευκαιρίας με σκοπό την επιλογή και την ανάπτυξη ενοτήτων για τον επιστημονικό γραμματισμό. Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιστορίας, Φιλοσοφίας και Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, σελ. 250-256.

Hewson, P.W., Tabachnick, B. R., Zeichner, K. M., Blomker, K. B., Meyer, H., Lembeger, J., Marion, R., Park, H. & Toolin, R. (1999). Educating prospective teachers of biology: Introduction and research methods. *Science Education, 83 (3)*, 247 – 273.

Layton, D., Davey, A. & Jenkins, E. (1986). Science for specific social purposes (SSSP): Perspectives on adult scientific literacy. *Studies in Science Education, 13*, 27-52.

Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education*, 28 (10), 1201–1224.

Pintó, R. (2005). Introducing curriculum innovations in science: Identifying teachers' transformations and the design of related teacher education. *Science Education, 89 (1)*, 1–12.

Ratcliffe, M. (2009). The place of socio-scientific issues in citizenship education. In: Ross A (ed), *Human Rights and Citizenship Education, 12-16*. London: CiCe.

Roth, W-M. & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science Education, 88,* 263-291.

Roth, W-M. & Lee, Y-J. (2007). Vygotsky's neglected legacy: Cultural-historical activity theory. *Review of Educational Research, 77 (2),* 186-232.

Stolk, M. J., De Jong, O. & Bulte, A. (2011). Exploring a framework for professional development in curriculum innovation: Empowering teachers for designing context-based chemistry education. *Research in Science Education, 41,* 369-388.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ: Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ Η ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΙΚΗΣ ΡΟΥΜΠΡΙΚΑΣ

Άγγελος Σοφιανίδης,Μαρία Καλλέρη

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τον σχεδιασμό ενός συστήματος αξιολόγησης εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) βασισμένο στην Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ), την πιλοτική εφαρμογή εργαλείων του και τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής. Το σύστημα αυτό αξιοποιεί τις αντιλήψεις των μαθητών καθώς και παρατηρήσεις της διδασκαλίας στην τάξη με τη χρήση ρουμπρίκας. Ο σχεδιασμός της ρουμπρίκας βασίστηκε στις όψεις της ΠΓΠ οι οποίες αποτέλεσαν τα κριτήρια αξιολόγησης. Η πιλοτική εφαρμογή καταδεικνύει ότι η ρουμπρίκα έχει μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας και μπορεί να οδηγήσει σε αντικειμενικά αποτελέσματα. Μερικά ευρήματα σχετικά με όψεις της διδασκαλίας των εκπαιδευτικών παρουσιάζονται επίσης στην εργασία.

Abstract

The present work describes the design of an evaluation system for secondary science teachers based on PCK and presents the findings of its pilot study. The evaluation system uses both students' perceptions and classroom observations carried out with the use of a rubric. For the design of the rubric aspects of PCK were used as the evaluation criteria. The pilot study showed high reliability of the designed rubric and objectivity of the results. Some findings regarding aspects of the teachers' instructional activities are also presented.

1. Εισαγωγή

Στην διεθνή βιβλιογραφία, πολλές έρευνες στοχεύουν στην ανάπτυξη μεθόδων και συστημάτων αξιολόγησης εκπαιδευτικών ΦΕ στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Όμως, ένας μικρός αριθμός τέτοιων μελετών ή συστημάτων αξιολόγησης βασίζεται στην ΠΓΠ για να δομήσει τα κριτήρια αξιολόγησης παρότι εντάσσουν μεγάλο μέρος των όψεων της στα κριτήρια αξιολόγησης τους. Ελάχιστες από αυτές τις μελέτες και τα συστήματα αξιολόγησης έχουν δημιουργήσει εργαλεία για να συστηματικοποιήσουν την αξιοποίηση των αντιλήψεων των μαθητών για την ΠΓΠ των εκπαιδευτικών τους (Jang 2010, Tuan et al. 2000) ενώ οι περισσότερες έρευνες (Park & Oliver 2008) και τα περισσότερα συστήματα αξιολόγησης (Isoré 2009, Shakman 2012) συλλέγουν δεδομένα για την αξιολόγηση των εκπαιδευτικών από παρατήρηση της διδασκαλίας.

Η παρατήρηση της διδασκαλίας ως πηγή δεδομένων για την αξιολόγηση των εκπαιδευτικών (performance-based assessment) είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδος καθώς χρησιμοποιείται στα περισσότερα συστήματα αξιολόγησης (Isoré 2009, Santiago 2009). Η παρατήρηση της διδασκαλίας μπορεί να προσφέρει σημαντικά στοιχεία για την ποιότητα της διδασκαλίας με βασική προϋπόθεση την αντικειμενική καταγραφή και την παροχή συγκρίσιμων μεταξύ τους στοιχείων από τάξη σε τάξη (Little et al. 2009). Για να επιτευχθούν τα τελευταία, η συλλογή

δεδομένων γίνεται με την χρήση περιγραφικής αξιολογικής κατάταξης (ρουμπρίκας). Η ρουμπρίκα ορίζει ένα σαφή πλαίσιο και λεξιλόγιο μεταξύ των αξιολογητών και προσδιορίζει την κατάταξη της δράσης ή της στάσης του εκπαιδευτικού μέσα στην τάξη (Danielson & McGreal 2000, McGreal 1983, Milanowski et al. 2007).

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μια εκτεταμένης δουλειάς που στόχο έχει την δημιουργία ενός συστήματος αξιολόγησης διδασκόντων ΦΕ στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση συνθέτοντας την αξιοποίηση της έννοιας της ΠΓΠ ως βάση για την δόμηση κριτηρίων αξιολόγησης, την συστηματική χρήση ως δεδομένων των αντιλήψεων των μαθητών και τη συλλογή δεδομένων από παρατήρηση της διδασκαλίας.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα βασικά στοιχεία του πλαισίου του συστήματος αξιολόγησης, τα κριτήρια, ο σχεδιασμός και η πιλοτική εφαρμογή της ρουμπρίκας και τα αποτελέσματα της. Η μέθοδος και το εργαλείο αξιολόγησης των αντιλήψεων των μαθητών για την ΠΓΠ των διδασκόντων τους έχει παρουσιασθεί σε προηγούμενη εργασία των Sofianidis & Kallery (2016).

2. Μεθοδολογία

Πλαίσιο και Κριτήρια αξιολόγησης

Πίνακας 1: Το πλαίσιο αξιολόγησης και ο τρόπος που αναλύεται με βάση τα συστατικά της ΠΓΠ και τις όψεις τους

Πλαίσιο Αξιολόγησης	
Κατηγορίες της ΠΓΠ	**Όψεις των κατηγοριών**
Γνώση του Αντικειμένου (ΓτΑ)	• Γνώση του θέματος που διδάσκει • Σύνδεση με την καθημερινή ζωή και την κοινωνία
Διδακτικές Αναπαραστάσεις και Στρατηγικές Διδασκαλίας (ΔΑΣ)	• Χρήση ποικιλίας διδακτικών αναπαραστάσεων (αναλογίες, μεταφορές, παραδείγματα, καθημερινά αντικείμενα κλπ) • Χρήση ποικιλίας στρατηγικών διδασκαλίας (συμπεριλαμβανομένων των πειραμάτων, των ΤΠΕ, των συζητήσεων)
Διδακτικοί Αντικειμενικοί Σκοποί και Πλαίσιο (ΔΑΣΠ)	• Γνώση και επιτυχή διαχείρηση των διδακτικών αντικειμενικών σκοπών και στόχων • Γνώση του πλαισίου διδασκαλίας (συμπεριλαμβανομένης της διαχείρησης τάξης και του διαδραστικού μαθήματος)
Αντίληψη της Γνωστικής Κατάστασης του Μαθητή (ΑΓΚ)	• Ικανότητα να αντιλαμβάνεται τον βαθμό κατανόησης ενός θέματος από τον μαθητή πριν, κατά την διάρκεια και μετά το τέλος του μαθήματος (αποτελεσματική χρήση των μεθόδων αξιολόγησης και γνώση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών)

Η δημιουργία κριτηρίων αξιολόγησης βασίστηκε στη ΠΓΠ η οποία θεωρείται ότι περιλαμβάνει τέσσερις κατηγορίες (Sofianidis & Kallery 2016): τη Γνώση του Αντικειμένου (ΓτΑ), τις Διδακτικές Αναπαραστάσεις και Στρατηγικές Διδασκαλίας (ΔΑΣ), τους Διδακτικούς Αντικειμενικούς Σκοπούς και το Πλαίσιο (ΔΑΣΠ) και την Αντίληψη της Γνωστικής Κατάστασης του μαθητή (ΑΓΚ). Κάθε κατηγορία αναλύεται σε επιμέρους όψεις όπως αυτές περιγράφονται στον πίνακα 1.

Η κατηγοριοποίηση αυτή προτάθηκε αρχικά από τους (Jang, et al, 2009) και θεωρείται ότι αφ' ενός εξυπηρετεί την περιγραφή της ΠΓΠ των διδασκόντων ΦΕ με στόχο την εξαγωγή κριτηρίων αξιολόγησης και αφ' εταίρου περιγράφει την έννοια της ΠΓΠ

συμπεριλαμβάνοντας όψεις που έχουν ενταχθεί από προγενέστερους ερευνητές (Magnusson et al, 1999).
Με βάση την παραπάνω περιγραφή, δημιουργήθηκαν 21 κριτήρια αξιολόγησης (Πίνακας 2) τα οποία εντάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες που ταυτίζονται με τις όψεις της ΠΓΠ που αναφέρονται παραπάνω.

Πίνακας 2: Τα κριτήρια αξιολόγησης και η κατηγοριοποίηση τους

Γνώση του Αντικειμένου	**Διδακτικοί Αντικειμενικοί Σκοποί και Πλαίσιο**
Επικοινωνία και γλώσσα Σύνδεση με τη καθημερινή ζωή και την κοινωνία	Διδακτικοί Αντικειμενικοί Σκοποί & Διδακτικοί Στόχοι Συμμετοχή των μαθητών Διαχείριση της τάξης & Θετικό κλίμα Αμοιβαίος Σεβασμός Γνώση των αναγκών των μαθητών και προσαρμογή του μαθήματος
Διδακτικές Αναπαραστάσεις και Στρατηγικές Διδασκαλίας	
Στρατηγικές διδασκαλίας και ενδιαφέρον του μαθητή Επιλογή στρατηγικών διδασκαλίας Επιλογή διδακτικών αναπαραστάσεων Διδακτικές στρατηγικές κατάλληλες για το περιεχόμενο Καταλληλόλητα Διδακτικών Αναπαραστάσεων Επίπεδο διερεύνησης θεμάτων από τους μαθητές Επιστημονικές δεξιότητες που χρησιμοποιήθηκαν Εννοιολογική κατάταξη των ερωτήσεων Συμμετοχή στις ερωτήσεις και στην συζήτηση	**Αντίληψη της γνωστικής κατάστασης των μαθητών** Διερεύνηση εναλλακτικών αντιλήψεων Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης των Ε/Α των μαθητών Γνώση των δυσκολιών των μαθητών Αξιολόγηση κατά τη διάρκεια του μαθήματος Χρήση διαμορφωτικής και ελεγκτικής αξιολόγησης (προσαρμογή στην διαφορετικότητα των μαθητών)

Σχεδιασμός, περιγραφή και τρόπος χρήσης της Αξιολογητικής Ρουμπρίκας και του Εργαλείου Βαθμολόγησης

Για την παρατήρηση της διδασκαλίας σχεδιάστηκε ένα εργαλείο παρατήρησης και μια ρουμπρίκα αξιολόγησης. Η ρουμπρίκα σχεδιάστηκε σύμφωνα με την διεθνή μεθοδολογία έτσι ώστε να περιγράφει στάσεις και μεθόδους του εκπαιδευτικού για κάθε μια από τις κατηγορίες και τα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης. Σε κάθε κριτήριο προτείνονται πέντε περιγραφές οι οποίες αντιστοιχούν σε βαθμολογίες από το 1-5 (Εικόνα 1).
Για την παρατήρηση κάθε διδασκαλίας ο αξιολογητής διαθέτει ένα Εργαλείο Παρατήρησης της διδασκαλίας (Εικόνα 2). Η τελική διαμόρφωση τόσο της ρουμπρίκας όσο και του

εργαλείου παρατήρησης έγινε κατόπιν συνεργασίας με Σύμβουλο ΦΕ και πιστοποιημένο αξιολογητή.

Εικόνα 1: Παράδειγμα της ρουμπρίκα από την κατηγορία της Αντίληψης της Γνωστικής Κατάστασης σχετικά με την διερεύνηση εναλλακτικών αντιλήψεων

	5	4	3	2	1
Διερεύνηση εναλλακτικών αντιλήψεων **Αποτέλεσμα:**	Ο διδάσκων πάντα διατύπωνε στοχευμένες ερωτήσεις πριν τη διδασκαλία ενός θέματος για τη διερεύνηση των Ε/Α των μαθητών.	Ο διδάσκων συχνά διατύπωνε στοχευμένες ερωτήσεις πριν τη διδασκαλία ενός θέματος για τη διερεύνηση των Ε/Α των μαθητών.	Ο διδάσκων διατύπωνε ερωτήσεις πριν τη διδασκαλία ενός θέματος για τη διερεύνηση των Ε/Α των μαθητών.	Ο διδάσκων διατύπωνε ερωτήσεις πριν τη διδασκαλία ενός θέματος αλλά είναι αμφίβολο αν αυτό γινόταν για τη διερεύνηση των Ε/Α των μαθητών.	Ο διδάσκων δεν διατύπωνε ερωτήσεις πριν τη διδασκαλία ενός θέματος ή οι ερωτήσεις που διατύπωνε δεν ενείχαν καμιά ένδειξη ότι σχετίζονταν με διερεύνηση των Ε/Α των μαθητών.

Ο παρατηρητής-αξιολογητής κατά τη διάρκεια της παρατήρησης συμπληρώνει στο Εργαλείο Παρατήρησης τα στοιχεία που απαιτούνται και κρατά σημειώσεις όπου χρειάζεται στον κενό χώρο σημειώσεων που υπάρχει. Το εργαλείο παρατήρησης είναι δομημένο για να συμπληρώνεται σε κάθε διδασκαλία. Το εργαλείο παρατήρησης της διδασκαλίας βοηθάει τον αξιολογητή να κωδικοποιήσει παρατηρήσεις και στοιχεία που θα του χρειαστούν κατά την συμπλήρωση της ρουμπρίκας. Η μεθοδολογία βασίζεται σε παρατήρηση δύο διδακτικών ωρών. Μετά το πέρας των παρατηρήσεων της διδασκαλίας ο αξιολογητής, με την βοήθεια των εργαλείων που έχει συμπληρώσει κατά την παρατήρηση της διδασκαλίας, συμπληρώνει τη ρουμπρίκα αντιστοιχώντας τις στάσεις, ενέργειες και μεθόδους του εκπαιδευτικού στις περιγραφές που δίνονται για κάθε κριτήριο αξιολόγησης.

Εικόνα 2: Τμήμα του εργαλείου παρατήρησης της διδασκαλίας (ΑΓΚ, διερεύνηση αντιλήψεων)

Αντίληψη της Γνωστικής Κατάστασης των μαθητών

Διερεύνηση Αντιλήψεων

Ο διδασκων διατύπωνε ερωτήσεις για την ανάδειξη εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών.

☐ Πάντα ☐ Συχνά ☐ Μερικές Φορές

☐ Ερωτήσεις για τις απόψεις των μαθητών, αμφίβολο, αν γινόταν για λόγους διερεύνησης των αντιλήψεων τους. ☐ Καμιά ένδειξη ότι πραγματοποιήθηκε διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών

Πιλοτική Εφαρμογή και στόχος της έρευνας

Η πιλοτική εφαρμογή είχε σαν στόχο τον έλεγχο της αξιοπιστίας των εργαλείων και της αντικειμενικότητας των αποτελεσμάτων βασισμένων στις περιγραφές. Κατά την πιλοτική εφαρμογή, δύο παρατηρητές (ένας Σύμβουλος Φυσικών Επιστημών και ένας από τους ερευνητές) πραγματοποίησαν ταυτόχρονες παρατηρήσεις δύο διδακτικών ωρών για κάθε ένα από τους 6 διδάσκοντες που συμμετείχαν (4 Φυσικούς και 2 Χημικούς) και συμπλήρωσαν ανεξάρτητα τη ζητούμενη βαθμολογία στις ρουμπρίκες για κάθε διδάσκοντα. Τα αποτελέσματα στη συνέχεια αναλύθηκαν στατιστικά με το πρόγραμμα SPSS για την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων με την χρήση του παράγοντα συσχετισμού Spearman rho, και την εξαγωγή συναφών αποτελεσμάτων για τους εκπαιδευτικούς.

3. Αποτελέσματα

Από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων υπολογίστηκε ο συντελεστής συσχέτισης Spearman rho ξεχωριστά για κάθε μία από τις 6 μελέτες περίπτωσης. Ο συντελεστής συσχέτισης Spearman rho βρέθηκε να κυμαίνεται από 0.704 έως 0.894.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα συσχέτισης των δεδομένων με τον παράγοντα συσχέτισης

Παρατήρηση 1	Correlation Coefficient	**0.863**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	21
Παρατήρηση 2	Correlation Coefficient	**0.88**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	21
Παρατήρηση 3	Correlation Coefficient	**0.88**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	21
Παρατήρηση 4	Correlation Coefficient	**0.833**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	21
Παρατήρηση 5	Correlation Coefficient	**0.704**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	21
Παρατήρηση 6	Correlation Coefficient	**0.894**
	Sig. (2-tailed)	.000
	N	21

Η πιθανότητα να προέκυψε αυτή η συσχέτιση κατά τύχη είναι μικρότερη από 0.0001 ($p<0.0001$).
Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3, υπάρχει μια στατιστικά σημαντική θετική συσχέτιση μεταξύ των βαθμολογιών των δύο αξιολογητών-παρατηρητών ($\rho_1=0.863$, $\rho_2=0.88$, $\rho_3=0.88$, $\rho_4=0.833$, $\rho_5=704$, $\rho_2=894$, DF=19, $p<0.0001$).

4. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης φαίνεται ότι οι δύο παρατηρητές αντιλήφθηκαν τις στάσεις και δράσεις των εκπαιδευτικών και τις αντιστοίχησαν στην κλίμακα της ρουμπρίκας με παρόμοιο τρόπο.
Αυτό οδηγεί στο συμπέρασμα ότι οι περιγραφές μπορούν να οδηγήσουν στην αντικειμενική καταγραφή και βαθμολόγηση των ενεργειών των εκπαιδευτικών στην κλίμακα της ρουμπρίκας. Το συμπέρασμα αυτό αποτελεί προϋπόθεση για την χρήση τόσο του εργαλείου παρατήρησης της διδασκαλίας όσο και της αξιολογητικής ρουμπρίκας.

Συναφή αποτελέσματα

Από την πιλοτική εφαρμογή της ρουμπρίκας μπορούν να εξαχθούν κάποια συναφή αποτελέσματα τα οποία φυσικά διέπονται από αυστηρούς περιορισμούς καθώς αφορούν αποκλειστικά το δείγμα και δεν μπορούν να οδηγήσουν κανενός είδους γενίκευση.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ρουμπρίκας, οι εκπαιδευτικοί στο σύνολο τους φαίνεται να χρησιμοποιούν με αρτιότητα τον λόγο τους και να συνδέουν το αντικείμενο που διδάσκουν με την καθημερινή ζωή. Ακόμα, διαχειρίζονται καλά το πλαίσιο διδασκαλίας και τους διδακτικούς σκοπούς του μαθήματος.
Στον αντίποδα, φαίνεται να παρουσιάζουν αδυναμίες τόσο στην ορθή χρήση και ποικιλία των διδακτικών αναπαραστάσεων όσο και στην επιλογή στρατηγικών διδασκαλίας. Ιδιαίτερη αδυναμία εμφανίζουν στην αντίληψη, διαχείριση και παρακολούθηση της γνωστικής κατάστασης των μαθητών. Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών σπάνια διερευνώνται ή λαμβάνονται υπόψιν από τους εκπαιδευτικούς. Τέλος, οι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν ιδιαίτερη αδυναμία στην χρήση διαμορφωτικής αξιολόγησης και προσαρμογής του μαθήματος αλλά και στην τελική αξιολόγηση των μαθητών.

Περαιτέρω έρευνα

Στην επόμενη φάση της έρευνας, το σύστημα θα εφαρμοσθεί πλήρως, με συλλογή δεδομένων και από τις δύο πηγές (αντιλήψεις μαθητών και παρατηρήσεις από διδασκαλίες), σε σχολεία δήμου της κεντρικής βορείου Ελλάδας με στόχο την εξαγωγή τόσο ατομικής όσο και συνολικής αξιολόγησης αλλά και την εξαγωγή συμπερασμάτων ανά ειδικότητα και ανά βαθμίδα (Γυμνάσιο-Λύκειο). Τέλος, θα δημιουργηθεί έντυπο οδηγιών για την χρήση του συστήματος αξιολόγησης και εργαλεία (υπολογιστικό φύλλο) για την πιο εύκολη διεκπεραίωση της στατιστικής ανάλυσης. Οι οδηγίες και τα εργαλεία θα έχουν ως στόχο να οδηγήσουν στην πιο εύκολη χρήση του συστήματος από άλλους αξιολογητές (συμβούλους, ΠΕΚ, οργανισμούς) στο μέλλον.

5. Βιβλιογραφία

Danielson, C. & McGreal, T. L. (2000). *Teacher evaluation to enhance professional practice*. Association for Supervision & Curriculum Development.

Isoré, M. (2009). Teacher Evaluation : Current Practices in OECD Countries and a Literature Review, (23), 1–49. https://doi.org/10.1787/223283631428

Jang, S.-J. (2010). Assessing college students' perceptions of a case teacher's pedagogical content knowledge using a newly developed instrument. *Higher Education*, *61*(6), 663–678. https://doi.org/10.1007/s10734-010-9355-1

Jang, S.-J., Guan, S.-Y. & Hsieh, H.-F. (2009). Developing an instrument for assessing college students' perceptions of teachers' pedagogical content knowledge. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *1*(1), 596–606. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.107

Little, O., Goe, L. & Bell, C. (2009). *A practical guide to evaluating teacher effectiveness. Washington, DC: National Comprehensive Center for Teacher Quality*. Retrieved from https://www.wested.org/wp-content/uploads/teacher-effectiveness-guide.pdf

Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature , Sources , and Development of Pedagogical Content Knowledge for Science Teaching. *Examining Pedagogical Content Knowledge: The Construct and Its Implications for Science Education*, 95–132. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4

McGreal, T. L. (1983). *Successful teacher evaluation*. Association for Supervision and Curriculum Development.

Milanowski, A. T., Prince, C. D. & Koppich, J. (2007). *Observations of Teachers ' Classroom Performance Guide to Implementation : Resources for Applied Practice Observations of Teachers '*

Classroom Performance. Retrieved from https://www.wested.org/wp-content/uploads/classroom-practice.pdf

Park, S. & Oliver, J. S. (2008). Revisiting the Conceptualisation of Pedagogical Content Knowledge (PCK): PCK as a Conceptual Tool to Understand Teachers as Professionals. *Research in Science Education*, *38*(3), 261–284. https://doi.org/10.1007/s11165-007-9049-6

Santiago, P. (2009). Teacher Evaluation A Conceptual Framework and examples of Country Practices. *OECD Review*. Retrieved from http://www.oecd.org/edu/school/44568106.pdf

Shakman, K., Riordan, J., Sanchez, M. T., Cook, K. D., Fournier, R. & Brett, J. (2012). An examination of performance- based teacher evaluation systems in five states. Issues & Answers, 129, 39. Retrieved from http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED529800.pdf

Sofianidis, A. & Kallery, M. (2016), Assessing students' perception of their science teachers pedagogical content knowledge. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Eds.), Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 14 (co-ed. Amanda Berry & Digna Couso), (pp. 2314-2319). Helsinki, Finland: University of Helsinki

Tuan, H., Chang, H. & Wang, K. (2000). The development of an instrument for assessing students' perceptions of teachers' knowledge. *International Journal of Science Education*, *22*(4), 385–398. Retrieved from http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/095006900289804

ΜΠΟΡΕΙ ΤΕΛΙΚΑ ΝΑ ΑΠΟΤΥΠΩΘΕΙ ΚΑΙ ΝΑ ΑΝΑΠΤΥΧΘΕΙ Η ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ;

Βασίλης Γρηγορίου

ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Το θέμα της αποτύπωσης και της ανάπτυξης της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ) απασχολεί την εκπαιδευτική κοινότητα από τη γέννηση της έννοιας. Στο διάστημα που μεσολάβησε οι προτάσεις ήταν φτωχές, καθώς βασίζονταν κυρίως σε τεχνικές και εργαλεία που χρησιμοποιούνται εν γένη σε ποιοτικές έρευνες, όπως η παρατήρηση και οι εις βάθος συνεντεύξεις. Τα ερωτηματολόγια πολλαπλών επιλογών δεν είχαν τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα ενώ τα μόνα εργαλεία που ξεχώρισαν ήταν τα CoRes και PaP-eRs. Στην παρούσα έρευνα παρουσιάζονται και συγκρίνονται εργαλεία όπως τα προαναφερθέντα, παράλληλα με την προετοιμασία και τη διεξαγωγή διδασκαλιών, τις ομαδικές συζητήσεις και την παρακολούθηση βιντεοσκοπημένων διδασκαλιών, που όλα μαζί συνδυάστηκαν σε ένα επιμορφωτικό σεμινάριο για μελλοντικούς εκπαιδευτικούς Φ.Ε.

Abstract

The issue of capturing and developing Pedagogical Content Knowledge (PCK) concerns the educational community since the birth of the notion. During that period, the proposals that were made, were quite poor, and mainly were based on techniques and tools that have been used in general in qualitative studies, such as observation and in depth interviews. The multiple-choice questionnaires have not had the desired effect and the only tools that stood out were CoRes and PaP-eRs. In this study are presented and compared tools such as the above, along with preparation and performing teaching, group discussion and watching recorded teachings, all of which combined in a training seminar for prospective science teachers.

1. Εισαγωγή

Το υψηλό επίπεδο πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει την έννοια της ΠΓΠ επηρεάζει άμεσα τους τρόπους και τα εργαλεία με τα οποία μπορεί να αποτυπωθεί. Συγκεντρωτικά, οι Baxter & Lederman (1999, p. 158) θεωρούν ότι οι ερευνητές της ΠΓΠ θα πρέπει να βρουν τα μέσα για να απαντήσουν σε τρία ερωτήματα: τι ξέρει ο εκπαιδευτικός, πώς δρα ο εκπαιδευτικός και ποιες είναι οι αιτίες για αυτή του τη δράση.

Όμως η ΠΓΠ είναι εν μέρει "προσωπική" κατασκευή. Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορούμε να βασιστούμε για τη μελέτη της αποκλειστικά σε παρατηρήσεις διδασκαλιών, καθώς θα μπορούμε να δούμε ένα μόνο μέρος της γνώσης του εκπαιδευτικού, αυτό δηλαδή που ο ίδιος αποφάσισε να χρησιμοποιήσει τη συγκεκριμένη στιγμή. Δεν θα μπορούμε να δούμε το υπόλοιπο κομμάτι που αποφάσισε ο ίδιος να μην χρησιμοποιήσει. Επίσης, η ΠΓΠ έχει μύχια φύση, γεγονός που κατά την Kagan (1990) μπορεί να σημαίνει ότι οι εκπαιδευτικοί δεν

διαθέτουν συχνά τη γλώσσα για να εκφράσουν τις ιδέες τους ή μπορεί να μην θέλουν να εκφράσουν συγκεκριμένες πεποιθήσεις τους.
Κάπου εδώ εγείρεται και το θέμα της οικολογικής εγκυρότητας, δηλαδή της τεκμηρίωσης που θα πρέπει να παρέχουν οι ερευνητές, ότι η μεθοδολογία που ακολούθησαν, για να την μελετήσουν, σχετίζεται με την πραγματικότητα της τάξης (Kagan 1990). Η οικολογική εγκυρότητα αντανακλά την ανησυχία, για το αν τα ευρήματα μιας έρευνας έχουν μόνο θεωρητική σημασία ή μπορούν να προωθήσουν επιλογές που βοηθούν ουσιαστικά τη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία (Χαϊτίδου & Σπύρτου 2013).
Είναι επομένως ανοιχτό το πεδίο της μελέτης της συνεισφοράς των διαφορετικών εργαλείων στην αποτύπωση και την ανάπτυξη πτυχών της ΠΓΠ εκπαιδευτικών. Η συγκεκριμένη εργασία εστιάζει ακριβώς σε αυτό το σημείο, στη χρήση δηλαδή πολλαπλών εργαλείων μέσα στα πλαίσια ενός επιμορφωτικού σεμιναρίου, προκειμένου να αποτυπωθούν αλλά και να αναπτυχθούν πτυχές της ΠΓΠ μελλοντικών εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών, με εξέχοντα όμως ρόλο τη δράση των εκπαιδευτικών μέσα στην τάξη, χώρος στον οποίο τελικά εφαρμόζεται ο οποιοσδήποτε μετασχηματισμός των γνώσεών τους. Ανάμεσα στα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνονται τα CoRes και PaP-eRs (Loughran et al. 2006), συνδυαζόμενα με αντίστοιχα που σχετίζονται άμεσα με βιωματικές εμπειρίες από συνθήκες τάξης, όπως είναι η προετοιμασία και η διενέργεια διδασκαλιών, αλλά και η παρακολούθηση βιντεοσκοπημένων διδασκαλιών με αναδυόμενα σχόλια.

2. Μεθοδολογία

Ερευνητική υπόθεση-Ερευνητικά ερωτήματα

Η υπόθεση της εργασίας είναι ότι μία πολυμεθοδική προσέγγιση αποτύπωσης της ΠΓΠ που περιλαμβάνει και αυθεντικές καταστάσεις από την πραγματικότητα της τάξης, μπορεί να αποτελεί ένα παράθυρο θέασης αλλά και διεύρυνσης της ΠΓΠ των εκπαιδευτικών. Το κύριο ερευνητικό ερώτημα είναι το εξής:
«Πώς τα συγκεκριμένα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν βοήθησαν τους (συγκεκριμένους) μελλοντικούς εκπαιδευτικούς Φ.Ε. να ασχοληθούν με την ΠΓΠ τους και (πιθανά) να την αναπτύξουν;»
Για να απαντηθεί το κύριο ερευνητικό ερώτημα, έπρεπε να διερευνηθούν δύο πτυχές. Η πρώτη αφορούσε το εάν μετά την εισαγωγή τους στην έννοια της ΠΓΠ είχαν μεγαλύτερη ευχέρεια να αναγνωρίσουν αυτή την εξειδικευμένη μορφή γνώσης καθώς και να την λεξικοποιήσουν με ένα σαφή τρόπο. Για το σκοπό αυτό προέκυψε ένα συμπληρωματικό ερώτημα:
α. είναι τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία αποτελεσματικά στην προσπάθεια των (συγκεκριμένων) μελλοντικών εκπαιδευτικών Φ.Ε. να αναγνωρίσουν, να σκιαγραφήσουν και να αναπτύξουν την ΠΓΠ τους;
Η δεύτερη πτυχή αφορούσε στην ανάγκη να παρατηρηθεί πώς οι συμμετέχοντες αποτιμούν την αξία των χρησιμοποιούμενων εργαλείων (για παράδειγμα πώς είδαν τα εργαλεία αναφορικά με την επαγγελματική τους δράση όπως και εάν είναι χρήσιμα για την εκπαιδευτική κοινότητα). Σε αυτή την περίπτωση διατυπώνεται το εξής ερευνητικό ερώτημα:
β. πώς αποτιμούν οι (συμμετέχοντες) μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Φ.Ε. την καταλληλότητα και χρησιμότητα των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της ΠΓΠ τους και τη βελτίωση της επαγγελματικής τους γνώσης και δράσης;
Δίπλα στο τελευταίο ερώτημα μπορεί να τοποθετηθούν διευκρινιστικά δύο ακόμα, προκειμένου να διερευνηθούν αντίστοιχα τα εξής στοιχεία: α) το κατά πόσο γίνεται φανερή ή όχι η συμπληρωματική δράση των εργαλείων, β) κατά πόσο η επαφή με αυθεντικές

καταστάσεις τάξης επιδρά στο ενδιαφέρον για την ενασχόληση και την υιοθέτηση της ΠΓΠ. Γι΄αυτό τον λόγο παραθέτουμε και τα τελευταία συμπληρωματικά ερευνητικά ερωτήματα:
γ. πώς αποτιμούν οι (συμμετέχοντες) μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Φ.Ε. τη συμπληρωματική δράση των εργαλείων της συγκεκριμένης επιμορφωτικής διαδικασίας;
δ. η αναφορά και η λειτουργία σε πραγματικές συνθήκες τάξης κάνει ελκυστικότερη την ΠΓΠ στους (συγκεκριμένους) μελλοντικούς εκπαιδευτικούς;

Μεθοδολογία της έρευνας

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε ως μεθολογία η εθνογραφία, παρακλάδι των ποιοτικών μεθοδολογιών, με την ευρύτητα που χρησιμοποιείται ο όρος στο πεδίο της εκπαιδευτικής έρευνας. Όπως περιγράφεται από τους Wiersma και Jurs: «είναι η διαδικασία για την παροχή ολιστικών και επιστημονικών περιγραφών εκπαιδευτικών συστημάτων, διαδικασιών και φαινομένων μέσα στο πλαίσιό τους» (Wiersma & Jurs 2008). Η συγκεκριμένη μεθοδολογία χρησιμοποιείται ευρύτατα στην εκπαιδευτική έρευνα, καθιστώντας εφικτή τη θέαση της πραγματικότητας με έναν ολιστικό τρόπο. Βοηθά να μειωθεί η πιθανότητα μιας αυτοσκοπικής ερμηνείας πολύπλοκων μεμονωμένων φαινομένων, τα δεδομένα μπορούν να συλλεγούν με έναν ευέλικτο τρόπο όπου ενθαρρύνεται η ατομική έκφραση και τέλος, τα όποια ευρήματα προκύπτουν μπορούν να επιτρέψουν μία εμπειρικά θεμελιωμένη θεωρία (grounded theory approach). Ο συνδυασμός επομένως της εθνογραφίας με τη θεμελιωμένη θεωρία χρησιμοποιεί πηγαία και πλούσια δεδομένα που μπορούν να αναλυθούν ευέλικτα.

Το δείγμα – το πλαίσιο

Προκειμένου να ελεγχθεί το αν και το πώς τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία επηρεάζουν τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς Φ.Ε., η έρευνα έπρεπε να βασιστεί σε εμπειρικά δεδομένα. Αυτό επιδιώχθηκε με την μελέτη έξι εκπαιδευτικών, με βασικό πτυχίο στις Φ.Ε., οι οποίοι βρίσκονταν στο δεύτερο έτος των μεταπτυχιακών τους σπουδών σε πρόγραμμα διδακτικής. Η μελέτη διήρκεσε τρία έτη και είχε ως βασικό πυλώνα της ένα σεμινάριο με εννέα συναντήσεις, διάρκειας μιάμισης ώρας έκαστη, στις οποίες έγινε εισαγωγή στην έννοια της ΠΓΠ αλλά και στα εργαλεία αποτύπωσης και ανάπτυξής της.

Η θεώρηση της ΠΓΠ στη συγκεκριμένη έρευνα

Η ΠΓΠ έχει λάβει με το χρόνο πολλές ερμηνείες ενώ είναι πολύ πλούσιος ο διάλογος σχετικά με τις μορφές της γνώσης που εμπλέκει. Ανάλογα τώρα με την αφετηρία θεώρησης για την ΠΓΠ, υπάρχουν σαφείς διαφοροποιήσεις, τόσο μεθοδολογικές αλλά και σε ότι έχει να κάνει με τα χρησιμοποιούμενα εργαλεία, στο στάδιο διενέργειας της έρευνας. Στην παρούσα έρευνα η ΠΓΠ είναι ένας διακριτός τομέας γνώσης, ο οποίος δημιουργείται μέσα από τον μετασχηματισμό των τριών άλλων βασικών τομέων: της γνώσης του γνωστικού αντικειμένου, της παιδαγωγικής γνώσης και της γνώσης του πλαισίου. Οι τρεις αρχικοί τομείς γνώσης μπορούν να αναπτυχθούν όμως και μεμονωμένα.
Για την ανάπτυξη της ΠΓΠ είναι απαραίτητες οι αυθεντικές εμπειρίες τάξης, ενώ αφορά και θα πρέπει να αντικατοπτρίζεται και στη μάθηση των μαθητών. Η ΠΓΠ είναι δυναμική δηλαδή αναπτύσσεται καθώς οι εκπαιδευτικοί δημιουργούν βαθύτερες κατανοήσεις γύρω από τον τρόπο που λειτουργούν (Shulman, 1987, p. 13).

Τα εργαλεία αποτύπωσης/ανάπτυξης της ΠΓΠ

Εξέχοντα ρόλο στην αποτύπωση και την ανάπτυξη της ΠΓΠ διαδραμάτισαν τα CoRes (Content Representations: εργαλείο Αναπαράστασης του Περιεχομένου) και Pa-PeRs (Pedagogical and Professional-experience Repertoires: εργαλείο Ρεπερτορίου της Παιδαγωγικής και Επαγγελματικής εμπειρίας αντίστοιχα) που εισήχθησαν από τους Loughran κ.ά. (2006), αλλά και οι βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες με αναδυόμενα σχόλια (Μαλλικούρτη 2012) που στόχευαν στην πρόκληση αναστοχαστικών διαδικασιών.
Ο σκοπός των CoRes, που είναι δομημένα με τη μορφή ερωτήσεων ανοιχτού τύπου , είναι να απεικονίσουν ολιστικά την ΠΓΠ των εκπαιδευτικών γύρω από μια συγκεκριμένη θεματική των Φ .Ε., ενώ συμπληρωματικά λειτουργούν τα Pa-PeRs, που αποτελούν αφηγήσεις επικεντρωμένες στο πώς ένας εκπαιδευτικός φέρνει στην επιφάνεια και περιγράφει μία πολύ συγκεκριμένη κατάσταση που έλαβε χώρα στην τάξη κατά τη διάρκεια μιας διδασκαλίας.
Κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου όλοι οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν από ένα Core, το οποίο ο επιμορφωτής το ανέλυσε. Στη συνέχεια σχεδίασαν ο καθένας από μία διδασκαλία, ενώ υπήρξαν ξεχωριστές συναντήσεις με τον επιμορφωτή όπου του παρουσίαζαν την πρόοδο του έργου τους και οι οποίες ηχογραφήθηκαν. Ακολούθως οι επιμορφούμενοι πραγματοποιήσαν τη διδασκαλία τους στις οποίες ο επιμορφωτής ήταν παρών, κρατώντας σημειώσεις αλλά και ηχογραφώντας τη διδασκαλία, η οποία κατόπιν αναλύθηκε.
Επίσης διενεργήθηκαν δύο εις βάθος συνεντεύξεις όπου η πρώτη επιδίωκε να καταγράψει τις αρχικές ιδέες των συμμετεχόντων σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση, προτού εντρυφήσουν με την έννοια της ΠΓΠ, ενώ η δεύτερη επιζητούσε να αποσαφηνισθούν συγκεκριμένα στιγμιότυπα από τη διδασκαλία που διεξήγαγαν.
Ακολούθησε μία ακόμα ημιδομημένη συνέντευξη όπου οι οι συμμετέχοντες στοχάστηκαν πάνω στις απαντήσεις που έδωσαν κατά τη συμπλήρωση του Core, όπως επίσης και σχετικά με την αποτίμησή του ως ένα χρήσιμο εργαλείο που προσφέρει πολύτιμα στοιχεία για την κατανόηση της ΠΓΠ τους. Αντίστοιχα ακολούθησε η αποτίμηση από τους συμμετέχοντες του εργαλείου PaP-eR, μόνο που τώρα οι ερωτήσεις δεν τέθηκαν μέσω συνέντευξης αλλά μέσω ενός ερωτηματολογίου, το οποίο συμπλήρωσαν γραπτώς.
Σχεδόν τρία χρόνια αφότου οι συμμετέχοντες εξέφρασαν τις ιδέες τους για τη διδασκαλία και τη μάθηση μέσω της εις βάθος συνέντευξης, ακολούθησε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο στόχευε να καταγράψει εάν κάποιες από αυτές άλλαξαν και εάν οι όποιες αλλαγές συνέβησαν στις ιδέες τους οφείλονται στην επιμορφωτική προσπάθεια και πιο συγκεκριμένα εάν οφείλονται ρητά στην ευαισθητοποίηση τους γύρω από την ΠΓΠ.
Η έρευνα τελείωσε με ένα ακόμα γραπτό ερωτηματολόγιο που σκοπό είχε να αποτιμηθεί η όλη επιμορφωτική προσπάθεια, σχολιάζοντας οι επιμορφούμενοι τόσο τα εργαλεία και τη διαδικασία που ακολουθήθηκε, όσο και την ίδια την έννοια της ΠΓΠ όπως τη γνώρισαν μέσα από αυτό.

Ανάλυση των δεδομένων

Οι συνεντεύξεις, οι ηχογραφήσεις των συναντήσεων κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου, οι συναντήσεις με τον επιμορφωτή κατά το στάδιο της προετοιμασίας των διδασκαλιών τους αλλά και οι ηχογραφήσεις των διδασκαλιών, αρχικά αποδόθηκαν γραπτώς αυτολεξεί. Στη συνέχεια ακολούθησε μία διαδικασία ανάλυσης μέσα από την οποία προέκυψε μία αρχική, αδρή κατηγοριοποίηση. Αφού ελέγχθηκαν τυχόν επαναλήψεις, ακολούθησε ένας δεύτερος αντίστοιχος γύρος προκειμένου να ομαδοποιηθούν παρόμοιες κατηγορίες. Τα εκάστοτε δεδομένα κατατμήθηκαν σε ευρείες κατηγορίες και στη συνέχεια αυτές υποδιαιρέθηκαν σε υποκατηγορίες, ακολουθώντας υποτυπωδώς μία μεθοδολογία χοάνης (funneling procedure) που οδήγησε σε διαδοχικά εμβριθέστερες κατηγορίες μέσω μίας περισσότερο εκλεπτυσμένης

ανάλυσης. Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου των ερωτηματολογίων.
Στην περίπτωση των CoRes, επειδή είναι δομημένα με τη μορφή ερωτήσεων, δεν χρειάστηκε αυτή η συνεχής ταξινόμηση των δεδομένων σε κατηγορίες και υποκατηγορίες, καθώς παρείχαν τη δυνατότητα μιας περισσότερο άμεσης πρόσβασης στην ΠΓΠ των εκπαιδευτικών. Μέσα από την ανάλυση των απαντήσεών τους στις κατηγορίες του, δημιουργήθηκε μία εικόνα για τον καθέναν αναφορικά με διάφορες πτυχές της ΠΓΠ τους.
Το ερωτηματολόγιο που επιδίωκε να αποτυπώσει εάν κάποιες από τις αρχικές ιδέες τους για τη διδασκαλία και τη μάθηση είχαν αλλάξει, αφού αρχικά παρουσίασε τις αρχικές τους ιδέες, καλούσε τους συμμετέχοντες να αναφέρουν εάν πλέον έχουν διαφοροποιηθεί, κατά ποιον τρόπο και εάν για αυτή την αλλαγή μπορούσε να αποδοθεί στην ενασχόλησή τους με την ΠΓΠ.
Στο τελευταίο ερωτηματολόγιο διερευνήθηκαν οι θέσεις που σχημάτισαν γύρω από την ΠΓΠ μετά την παρέμβαση καθώς και βαθμός που το σεμινάριο επέδρασσε στο σχηματισμό ή την ανάπτυξή τους, ενώ για πρώτη φορά οι συμμετέχοντες/ουσες εκφράζονται σχετικά με το πώς βλέπουν τα δύο εργαλεία CoRe και PaP-eR ως συνδυαζόμενα στη διαδικασία αποτύπωσης και ανάπτυξης της ΠΓΠ τους. Στο τέλος κλήθηκαν να απαντήσουν κατά πόσο θεωρούν την ΠΓΠ ως μία χρήσιμη έννοια την οποία θα έπρεπε να κατέχουν όλοι οι εκπαιδευτικοί ως μέρος της επαγγελματικής τους γνώσης, όπως και το αν η επαφή μαζί της θα επηρεάσει τις μελλοντικές τους πρακτικές. Οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν κάτω από τέσσερις θεματικές: α) Ποιος είναι ο λόγος εισαγωγής της έννοιας της ΠΓΠ; Αξιολόγηση της ΠΓΠ ως μία σημαντική περιοχή γνώσης για τους εκπαιδευτικούς, β) Οι τελικές ιδέες σχετικά με τα CoRes και PaP-eRs ως συνδυαζόμενα εργαλεία, γ) Αξιολόγηση του σεμιναρίου, δ) Οι τελικές ιδέες σχετικά με το τι σημαίνει για τους ίδιους η ΠΓΠ.

3. Αποτελέσματα

Από την ανάλυση των CoRes σχηματοποιήθηκε μια πρώτη εικόνα για κάποιες πτυχές της ΠΓΠ των εκπαιδευομένων. Οι συμμετέχοντες προσπάθησαν ειλικρινά να διεισδύσουν σε βάθος διατυπώνοντας τις προσωπικές τους απόψεις και αποφεύγοντας ως επί το πλείστον προκατασκευασμένες και έτοιμες απαντήσεις. Οι ερωτήσεις που φάνηκαν να τους δυσκολεύουν περισσότερο ήταν αυτή που τους ζητούταν να ανακαλέσουν καταστάσεις από τη διδακτική τους εμπειρία που να φανερώνουν πράγματα για τη μάθηση των μαθητών στη συγκεκριμένη ενότητα, καθώς και η ερώτηση που τους ζητούσε να περιγράψουν τον τρόπο που θα διαπίστωναν ότι οι μαθητές τους κατάλαβαν ή μπερδεύτηκαν, σημειώνοντας πως κανείς από τους συμμετέχοντας δεν αναφέρθηκε σε θέματα που θα διαπίστωναν πιθανή σύγχυση των μαθητών τους. Επικρατέστερη ερμηνεία και για τις δύο αυτές παρατηρήσεις φαίνεται να είναι η έλλειψη εμπειρίας τους από πραγματικές συνθήκες τάξης, γεγονός που τους καθιστούσε ανέτοιμους να απαντήσουν επαρκώς σε αυτές. Μολαταύτα στις περισσότερες ερωτήσεις ανέπτυξαν το σκεπτικό τους παρέχοντας μια πλούσια εικόνα για τη θεώρηση που είχαν για τη διδασκαλία και τη μάθηση, παρόλη την απειρία τους. Συχνά παρουσίαζαν στοιχειοθετημένες αιτιολογήσεις για τις αποφάσεις τους ενώ οι απαντήσεις τους ήταν επαρκώς ανεπτυγμένες.
Η ανάλυση των διδασκαλιών, μαζί με τις αντίστοιχες συζητήσεις που προηγήθηκαν, ανέδειξαν πιθανές ερμηνείες για το επίπεδο ανάπτυξης της ΠΓΠ τους με χαρακτηριστικά που σε αρκετά σημεία μοιάζουν να συγκλίνουν ανάμεσα στους συμμετέχοντες, αλλά και ακόμα μεγαλύτερο πλήθος ερμηνειών που προβάλλουν τον προσωπικό και ιδιοσυγκρασιακό της χαρακτήρα. Στην πρώτη κατηγορία κοινών γνωρισμάτων ανήκουν πεποιθήσεις και συνεπακόλουθες δράσεις που αφορούν τη συσχέτιση των Φ.Ε. με την καθημερινή ζωή των μαθητών, το σημαντικό ρόλο του πειραματισμού στη διδασκαλία, την μη ουσιαστική

εκμετάλλευση της λειτουργία των μαθητών σε ομάδες, καθώς και την μη ουσιαστική αξιοποίηση των ιδεών των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία. Στη δεύτερη κατηγορία αναφέρουμε για παράδειγμα, τη χρήση των υποθετικών πειραμάτων από την Άρτεμη, τη χρήση παιδικών παιχνιδιών ως εκπαιδευτικό υλικό από τη Διώνη, τη χρήση Σωκρατικών διαλόγων από τον Άγι, τη διασύνδεση που επιχείρησε η Ροδάνθη της συγκεκριμένης θεματικής ενότητας με τη σωματική υγεία των μαθητών, την επιλογή μιας δραστηριότητας αξιολόγησης για τους μαθητές που είναι ειδικά διαμορφωμένη σύμφωνα με τις δυνατότητες τις κάθε ομάδας από τη Γιασεμή.

Οι εις βάθος συνεντεύξεις με αναφορές σε στιγμιότυπα των προσωπικών τους διδασκαλιών, επέτρεψαν στους συμμετέχοντες να κάνουν πιο στοχευμένες παρατηρήσεις και να δίνουν αιτιολογημένες ερμηνείες βασισμένες στις ρεαλιστικές βάσεις που έθετε το συγκεκριμένο πλαίσιο λειτουργίας. Ως αποτέλεσμα, οι ερμηνείες που έδιναν ήταν βαθύτερες και συνεκτικότερες, στοιχείο που βιβλιογραφικά υποστηρίζεται ως ιδιαίτερα σημαντικό για την ανάπτυξη των γνωσιακών τους βάσεων (Bullough, 2001). Επομένως, επετράπη μία ευκρινέστερη θέαση των βάσεων αυτών, ενώ ταυτόχρονα ώθησε τη σταδιακή ανάπτυξή τους προς περισσότερο μαθητοκεντρικές κατευθύνσεις. Επίσης, η συζήτηση επέτρεπε την ανάμιξη στοιχείων και ερμηνειών από διάφορες γνωσιακές βάσεις, δημιουργώντας συνθετότερες δομές, που πολλές φορές μπορούσαν να σημαίνουν τελικά και ανάπτυξη της ΠΓΠ τους. Για παράδειγμα, όλοι οι συμμετέχοντες, σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό, φάνηκε να συνδέουν τις επιλογές του εκπαιδευτικού τόσο αναφορικά με τις δραστηριότητες όσο και τις στρατηγικές του, με την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών και την ενεργότερη συμμετοχή τους στη μαθησιακή διαδικασία. Επίσης, φάνηκε να συνδέουν τη σημασία του στοχευμένου εκπαιδευτικού μετασχηματισμού του εκάστοτε γνωστικού αντικειμένου σε τέτοιες μορφές που θα το καθιστούσε προσπελάσιμο από τους μαθητές, συνοδευόμενο πάντα από αντίστοιχα κατάλληλες διδακτικές στρατηγικές.

Το ίδιο το σεμινάριο είχε ως ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τη διαμόρφωση του κατάλληλου πλαισίου συνεργασίας ανάμεσα στον επιμορφωτή και τα υπόλοιπα μέρη της ομάδας. Φάνηκε από την αρχή να δημιουργείται ένα εκπαιδευτικό κλίμα που προωθούσε την προσωπική έκφραση και τον αλληλοσεβασμό, ενώ ταυτόχρονα ήταν και αρκετά προκλητικό για την διατύπωση των προσωπικών απόψεων. Το στοιχείο αυτό είναι καθοριστικό για μία ποιοτική έρευνα, αφού επηρεάζει άμεσα την αξιοπιστία της και τον πλούτο των δεδομένων της.

Οι βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες με τα αναδυόμενα σχόλια έδειξαν ότι μπόρεσαν αρχικά να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των συμμετεχόντων και στη συνέχεια αποτέλεσαν εφαλτήριο για συζήτηση και μάλιστα γύρω από θέματα που πολύ συχνά προέκυπταν από τις παρατηρήσεις των ιδίων, χωρίς να υποβάλλονται έξωθεν από τον επιμορφωτή. Επίσης, φάνηκε να τους βοηθά να εστιάσουν σε ειδικότερα σημεία μίας διδασκαλίας, βοηθώντας τους να αποφύγουν ή να αποσαφηνίσουν γενικόλογες και αφηρημένες παρατηρήσεις, προάγοντας τελικά την αιτιοκρατική σύνδεση γεγονότων. Για παράδειγμα στη δεύτερη συνάντηση ο Τριαντάφυλλος αρχικά διατύπωσε κάποιες θέσεις που ήθελαν την ομαδοσυνεργατική λειτουργία της τάξης να είναι δύσκολο να εφαρμοστεί σε μαθητές μικρής ηλικίας. Με την εξέλιξη όμως της συζήτησης μετατόπισε τη θέση του καθώς αναγνώρισε δράσεις του εκπαιδευτικού που επηρεάζουν και τελικά διευκολύνουν τη λειτουργία των ομάδων, όπως είναι η κατανομή ρόλων στους μαθητές, η επιλογή δραστηριοτήτων που προάγουν το διάλογο και η ενίσχυση των μαθητών για συμμετοχή.

Τα PaP-eRs φάνηκαν να είναι αποτελεσματικά στην πρόκληση αναστοχαστικών διαδικασιών καθώς όλοι οι συμμετέχοντες ανέφεραν αντίστοιχα σχόλια που υποστήριζαν την παραπάνω θέση. Προχώρησαν όμως και περαιτέρω, καθώς έκαναν την άμεση σύνδεση ανάμεσα στην πρόκληση αναστοχασμού με τη διεύρυνση της ΠΓΠ. Το σημείο αυτό είναι αρκετά ενδιαφέρον, διότι αβίαστα είχαν ήδη αναφέρει από μόνοι τους τη σύνδεση PaP-eR => αναστοχασμός => ανάπτυξη της ΠΓΠ, προτού απαντήσουν στην ξεχωριστή ερώτηση που

τους ζητούσε να σχολιάσουν εάν έβλεπαν κάποια σχέση ανάμεσα στο εργαλείο και την ΠΓΠ. Σε αντίθεση, δεν ήταν σε θέση να διατυπώσουν μία εξίσου αυθόρμητη αλλά ταυτόχρονα ξεκάθαρη σχέση αναφορικά με τα CoRes και την ΠΓΠ, όπου τελικά χρειάστηκε να γίνει ξεχωριστή ερώτηση στη συνέντευξη. Η συγκεκριμένη διαφορά ανάμεσα στα δύο εργαλεία μπορεί να αποδοθεί ίσως στη ρεαλιστική αναπαράσταση από μέρους των PaP-eRs των πραγματικών γεγονότων τα οποία έχουν ήδη τελεστεί στην τάξη, γεγονός που τα καθιστά αυτόματα πιο προσωπικά και πιο ενδιαφέροντα. Το προσωπικό αυτό στοιχείο φαίνεται και στο γεγονός ότι πολλοί/ες αναγνώρισαν στα PaP-eRs τη δυνητική θετική επίδραση που μπορούν να έχουν σε μελλοντικές τους διδασκαλίες.

4. Συμπεράσματα

Οι συμμετέχοντες/ουσες αναγνώρισαν στα χρησιμοποιούμενα εργαλεία την άμεση επίδραση στην ΠΓΠ τους αλλά και στον επηρεασμό της επαγγελματικής τους γνώσης και των δράσεών τους. Συνολικά διαπίστωσαν ότι εμβάθυναν στις ιδέες τους για τη διδασκαλία και τη μάθηση ενώ δηλώνουν εμπιστοσύνη στο νέο αυτό πλαίσιο ερμηνειών τους που είναι η ΠΓΠ, καθώς μπορεί πλέον να καθοδηγήσει και τη λειτουργία τους στην τάξη. Πιο συγκεκριμένα θεωρούν ότι οι βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες με τα αναδυόμενα σχόλια περιέχουν στιγμιότυπα που φανερώνουν ΠΓΠ, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση διδασκαλιών προκαλεί προσωπική εμπλοκή και βοηθά στην κατανόηση της ΠΓΠ και τις επιδράσεις της στην επαγγελματική δράση, ενώ οι εις βάθος συνεντέξεις, αναπτύσσουν την ΠΓΠ και βελτιώνουν τις μελλοντικές πρακτικές. Σε ότι αφορά τα εργαλεία CoRe και PaP-er δηλώνουν ότι το πρώτο αποτυπώνει και αναπτύσσει την ΠΓΠ στο στάδιο της προετοιμασίας της διδασκαλίας, ενώ το δεύτερο αναπτύσσει την ΠΓΠ καθώς προκαλεί αναστοχασμό μέσω της αξιολόγησης της διδασκαλίας.

Από την αποτίμηση που έκαναν οι εκπαιδευόμενοι/ες για την επιμορφωτική προσπάθεια εν γένη, έκριναν θετικά την πολύμορφη προσέγγιση της έννοιας της ΠΓΠ. Αναγνώρισαν ότι όλα τα εργαλεία αλλά και οι στρατηγικές είχαν το δικό τους ιδιαίτερο ρόλο που λειτουργούσε συμπληρωματικά και ενισχυτικά προς τον τελικό στόχο. Χαρακτηριστική είναι η περιγραφή του Άγι που αναφέρει ότι η άποψη που είχε διαμορφώσει για την ΠΓΠ άλλαζε καθώς ερχόταν σε επαφή με τα νέα εργαλεία και εμπλουτιζόταν ο στοχασμός του με νέες παραμέτρους, με αποτέλεσμα από μία αρχικώς ακαδημαϊκή έννοια να λάβει έναν πραγματικά χρήσιμο για την επαγγελματική γνώση του εκπαιδευτικού χαρακτήρα.

Η αναφορά αλλά και η λειτουργία σε πραγματικές συνθήκες τάξης προκάλεσε και διατήρησε το ενδιαφέρον των συμμετεχόντων για την ΠΓΠ. Οι ρεαλιστικές απεικονίσεις από την τάξη, όπως έγιναν μέσα από τις βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες και η χρήση των συμπληρωμένων CoRes στις συναντήσεις του σεμιναρίου τράβηξαν από την αρχή το ενδιαφέρον των εκπαιδευομένων και τους βοήθησαν να δουν την ΠΓΠ ως μία έννοια συνδεδεμένη με το πλαίσιο λειτουργίας των εκπαιδευτικών. Στη συνέχεια ο σχεδιασμός και περισσότερο η υλοποίηση της διδασκαλίας τους, τους ανάγκασε να λειτουργήσουν οι ίδιοι μέσα σε ένα αντίστοιχο πλαίσιο οπότε και να αναλογιστούν εκ νέου τις επιδράσεις της ΠΓΠ στην επαγγελματική πρακτική.

Τα αποτελέσματα της έρευνας θεωρούμε ότι θεμελιώνουν επαρκώς την ερευνητική υπόθεση καθώς φάνηκε ότι η επιμορφωτική προσπάθεια με χρήση πολλαπλών εργαλείων και δράσεων, κατάφερε να αποτυπώσει και να αναπτύξει πτυχές της ΠΓΠ των μελλοντικών εκπαιδευτικών και ως εκ τούτου να επηρεάσει και να βελτιώσει τους τρόπους θέασης της επαγγελματικής τους δράσης. Παρόλη επομένως την πολυπλοκότητα της ΠΓΠ και της μύχιας φύσης της, η συγκεκριμένη εργασία δείχνει ότι τα πολλαπλά εργαλεία και δράσεις λειτουργούν συμπληρωματικά και μπορούν ως σύνολο τόσο να αποτυπώσουν όσο και να αναπτύξουν την ΠΓΠ μελλοντικών εκπαιδευτικών. Παράλληλα, η χρήση ευκαιριών για

ρεαλιστική απεικόνιση πραγματικών καταστάσεων τάξης, προκαλεί και διατηρεί το ενδιαφέρον για ενασχόληση με την έννοια, συμβάλει και αυτή με το μέρος της στην ανάπτυξη της επαγγελματικής γνώσης, ενώ υποβοηθά και την προσπάθεια για οικολογική εγκυρότητα.

Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για την ερευνητική κοινότητα που με ένταση μελετά τα εργαλεία και τις δράσεις που θα μπορούσαν να αποτυπώσουν και να αναπτύξουν την ΠΓΠ. Φαίνεται έντονα ότι η πρόταση δεν μπορεί να είναι μονολεκτική, προκρίνοντας ένα μόνο εργαλείο. Στην παρούσα εργασία έγινε αντιληπτή η συμπληρωματικότητα των εργαλείων, τόσο από πλευράς αποτελεσματικότητας όσο και από πλευράς αποτίμησης από τους ίδιους τους εκπαιδευομένους. Κάθε εργαλείο έχει τα ισχυρά και τα αδύνατα σημεία του, οπότε μόνο ο συνδυασμός τους μπορεί να αποδώσει τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα.

Σε ένα ευρύτερο πλαίσιο τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να συνεισφέρουν στον διάλογο που αφορά την φύση της ίδιας της έννοιας, καθώς η ΠΓΠ των συγκεκριμένων μελλοντικών εκπαιδευτικών φαίνεται να καθορίζεται από ιδιοσυγκρασιακά στοιχεία, διαπνέεται όμως και από έντονα κοινά χαρακτηριστικά ανάμεσα σε όλους τους συμμετέχοντες, προσδίδοντας μια ταυτότητα αντικειμενικότητας. Περαιτέρω εμβάθυνση στο συγκεκριμένο ζήτημα θα ήταν παρακινδυνευμένη, οπότε και το προτείνουμε ως ένα θέμα προς μελλοντική διερεύνηση.

Σε ότι έχει να κάνει την εκπαιδευτική κοινότητα, φαίνεται ότι η ΠΓΠ είναι μία ελκυστική έννοια για τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς Φ.Ε. που τους βοηθά να συγκεράζουν και να ερμηνεύουν συνεκτικά τις ιδέες και τα γεγονότα. Επομένως ένα πρόγραμμα επιμόρφωσης πάνω στην έννοια της ΠΓΠ θα μπορούσε να αφορά σίγουρα τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, αλλά και τους εν ενεργεία όσο και τους εκπαιδευτές τους. Ως εκ τούτου θα ήταν πολύ ενδιαφέρον να διερευνηθεί ποια θα ήταν η επίδραση αλλά και με ποιους τρόπους θα μπορούσε να λειτουργήσει ένα αντίστοιχο πρόγραμμα για τους παραπάνω πληθυσμούς. Επίσης θα ήταν σκόπιμο να ερευνηθούν και οι δυνατότητες εμπλουτισμού αναλυτικών προγραμμάτων σχολών που αποφοιτούν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί, με την έννοια της ΠΓΠ, γνωρίζοντας ότι ήδη στην Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας, στο Παιδαγωγικό τμήμα Νηπιαγωγών, υπάρχει αντίστοιχο μάθημα.

5. Βιβλιογραφία

Μαλλικούρτη Β. (2012). Το video ως μέσο αποτύπωσης της επαγγελματικής γνώσης των εν ενεργεία και μελλοντικών εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών, διπλωματική εργασία ΠΤΔΕ, επιβλέπων καθηγητής Γ. Θ. Καλκάνης

Χαϊτίδου, Μ., Σπύρτου, Α. (2013). Επισκόπηση των τεχνικών αξιολόγησης της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών μέσα από το πρίσμα της οικολογικής εγκυρότητας. Δεκτό για δημοσίευση στα πρακτικά του: 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 26-28 Απριλίου, Βόλος, 822-828. [http://www.enephet.gr/library/praktika/2013-praktika.pdf (ημερομηνία πρόσβασης: 15-6-2016)

Baxter, J. A. & Lederman, N. G. (1999). Assessment and measurement of pedagogical content knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), Examining pedagogical content knowledge (pp.147-161). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Bullough, R. V., Jr. (2001). Pedagogical content knowledge circa 1907 and 1987: A study in the history of an idea. Teaching and Teacher Education, 17, 655-666.

Kagan, D. M. (1990). Ways of evaluating teacher cognition: Inferences concerning the Goldilocks Principle. Review of Educational Research, 60(3), 419-469.

Loughran, J., Berry, A. & Mulhall, P. (2006a). Understanding and developing science teachers' pedagogical content knowledge. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers.

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. Harvard Educational Review, 57, 1-22.

Wiersma, W & Jurs, S. G. (2008). Research methods in education: An introduction (9th ed.). Needham Heights, Massachusetts: Allyn & Bacon.

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ (ΠΓΠ) ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΤΗΞΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΠΗΞΗΣ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ

Άəɣɜɖ Τσέου

ΤΕΠΑΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη
Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας αποτελεί η μελέτη των θεωρητικών προτάσεων σχετικά με την ΠΓΠ ως προς την αναπαραστατική και διερευνητική τους ικανότητα. Γι' αυτό πραγματοποιήθηκε διερεύνηση της έννοιας της ΠΓΠ σε βιβλιογραφικό και εμπειρικό επίπεδο. Τα αποτελέσματα έδειξαν την ύπαρξη ασυμφωνίας ως προς τη φύση και τα χαρακτηριστικά της ΠΓΠ καθώς και ως προς τον τρόπο διερεύνησής της. Συμπεραίνεται η ανάγκη διασαφήνισης της έννοιας ώστε να μπορεί να διερευνηθεί σε συμφωνία την εννοιολόγησή της. Προτείνεται ένα λειτουργικό μοντέλο το οποίο εφαρμόζεται στη διερεύνηση της ΠΓΠ των νηπιαγωγών σχετικά με τη διδασκαλία της τήξης/ πήξης. Η εφαρμογή έδειξε ότι το μοντέλο είναι κατάλληλο για τη διερεύνηση της ΠΓΠ.

Abstruct
The aim of this work is the study of theoretical proposals on the PCK. So we held exploration of the concept of PCK in bibliographic and empirical level. The results indicated the existence of disagreement about the nature and characteristics of PCK and about the way of the investigation. It is concluded the need for clarification of the concept that it can be investigated in the conceptualization agreement. It is proposed a functional model that is applied to the investigation of PCK of kindergarten teachers on the teaching of melting / freezing. The application showed that the model is suitable for investigating PCK.

1. Εισαγωγή

Ο ρόλος της ΠΓΠ στην κατανόηση της αποτελεσματικής διδασκαλίας των Φ.Ε., η επίδραση της πάνω στην πρακτική των εκπαιδευτικών και η συμβολή της στη βελτίωση της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών προσδίδουν σημαντική αξία στην κατασκευή (Magnusson et al., 1999). Ο αρχικός ορισμός της ΠΓΠ ως «*η ανάμιξη του περιεχομένου και της* παιδαγωγικής *μέσα στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο συγκεκριμένα θέματα, προβλήματα ή ζητήματα οργανώνονται, αναπαρίστανται, προσαρμόζονται στα διαφορετικά ενδιαφέροντα και ικανότητες των μαθητών και παρουσιάζονται για διδασκαλία…» (*Schulman 1987, σελ.8) δέχτηκε πολλές ερμηνείες, οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ποικίλων μοντέλων.
Ένα καλό μοντέλο προσφέρει οργάνωση της γνώσης, ενσωμάτωση δεδομένων ασύμβατων με άλλα μοντέλα, δημιουργία εξηγήσεων, πρόκληση έρευνας και πραγματοποίηση προβλέψεων, καθώς επίσης συνεκτικότητα και συνέπεια (Gess-Newsome 1999). Η ποικιλία των μοντέλων της ΠΓΠ τα οποία προτείνονται και χρησιμοποιούνται στη διερεύνησή της, σε συνδυασμό με την έντονη κριτική που ασκήθηκε στην έννοια καθιστούν αναγκαία την αξιολόγηση των θεωρητικών προτάσεων σχετικά με αυτή. Για τον λόγο αυτόν στόχος της συγκεκριμένης

εργασίας είναι η μελέτη των θεωρητικών μοντέλων της ΠΓΠ ως προς την αναπαραστατική και διερευνητική τους ικανότητα.

2. Μεθοδολογία / Ερευνητικά Ερωτήματα

Βασικό ερώτημα της έρευνας είναι: «Ποια θεωρητική πρόταση σχετικά με την ΠΓΠ μπορεί να αναπαραστήσει τη γνώση των εκπαιδευτικών κατά τη διδασκαλία των ΦΕ ώστε να τη διερευνήσει κατάλληλα;». Για την απάντηση του ερωτήματος αυτού αρχικά πραγματοποιήθηκε αναζήτηση σε βιβλιογραφικό επίπεδο ώστε να διερευνηθούν η φύση και τα χαρακτηριστικά της ΠΓΠ καθώς και ο τρόπος διερεύνησής της. Από τη βιβλιογραφική αναζήτηση προήλθε ένα λειτουργικό μοντέλο της ΠΓΠ το οποίο εφαρμόστηκε στο εμπειρικό πεδίο ώστε να διερευνηθεί η δυνατότητα του να αναπαραστήσει και να διερευνήσει την ΠΓΠ-ΦΕ των Νηπιαγωγών καθώς και η δυνατότητα βελτίωσης ή τροποποίησής του. Για τους λόγους αυτούς διερευνήθηκαν τα εξής ερωτήματα:
1. Ποια είναι η φύση και τα χαρακτηριστικά της ΠΓΠ;
2. Με ποιον τρόπο διερευνάται η ΠΓΠ;
3. Πώς αναγνωρίζεται και πώς εντοπίζεται στο εμπειρικό πεδίο η ΠΓΠ των Νηπιαγωγών κατά τη διδασκαλία της τήξης και της πήξης στο Νηπιαγωγείο;
Για τη διερεύνηση του 1ου ερωτήματος «Ποια είναι η φύση και τα χαρακτηριστικά της ΠΓΠ χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της κριτικής ανασκόπησης των άρθρων που πραγματεύονται θεωρητικά ζητήματα σχετικά με την έννοια της ΠΓΠ. Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ηλεκτρονικής αναζήτησης στο Heal-link της βιβλιοθήκης του Α.Π.Θ. μέσω εκδοτών (SpringerLink, Elsevier, Wilson κ.α) καθώς και σε ηλεκτρονικές βάσεις πλήρους πρόσβασης (Jstor, ProQuest κ.ά.) (βλ. http://www.lib.auth.gr/). Ως κριτήρια επιλογής χρησιμοποιήθηκαν: i. Η θεωρητική πραγματεία, ii. Η έννοια της ΠΓΠ, iii.Η αγγλική γλώσσα δημοσίευσης των άρθρων, iv. Ο χρόνος δημοσίευσης:1986- 2009. Παρόλο που το επίκεντρο αποτέλεσε ο χώρος των ΦΕ, δεν αποκλείστηκαν άρθρα τα οποία προέρχονται από άλλους χώρους. Αποκλείστηκαν άρθρα τα οποία παρουσίαζαν μία εμπειρική έρευνα. Εντοπίστηκαν συνολικά 25 άρθρα. Τα υπο-ερωτήματα του 1ου ερωτήματος είναι:

1. Ποια είναι η φύση της ΠΓΠ, δηλ. το βασικό της χαρακτηριστικό;
   I. Ποια είναι τα βασικά μοντέλα που προτείνονται για την ΠΓΠ;
   II. Με ποια διαδικασία συμμετέχουν οι κατηγορίες γνώσης του εκπαιδευτικού στην ΠΓΠ σύμφωνα με τα μοντέλα της ΠΓΠ;
   III. Ποιες είναι οι θεωρητικές θεμελιώσεις της ΠΓΠ;
   IV. Ποιες είναι οι βασικές κριτικές που ασκήθηκαν στην αρχική πρόταση σχετικά με την ΠΓΠ (Shulman 1986, 1987);
2. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της ΠΓΠ, δηλ. τα συστατικά στοιχεία της στα μοντέλα που προτείνονται σχετικά με αυτή;

Για τη διερεύνηση του 2ου ερωτήματος «Με ποιον τρόπο διερευνάται η ΠΓΠ;» χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της κριτικής ανασκόπησης των άρθρων που περιλαμβάνουν έρευνα σχετικά με την ΠΓΠ-ΦΕ των εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων μέσω ηλεκτρονικής αναζήτησης στις ηλεκτρονικές πηγές του Συνδέσμου Ελληνικών Ακαδημαϊκών βιβλιοθηκών (heal-link) του Α.Π.Θ. Εντοπίστηκαν συνολικά 45 άρθρα. Τα κριτήρια αναζήτησης ήταν: i. αναφορά του όρου «pedagogical content knowledge" καθώς και συναφών όρων (όπως subject specific pedagogy, specialized practices and knowledge κλπ). στον τίτλο, στην περίληψη, στις λέξεις-κλειδιά, στους στόχους ή στα ερωτήματα της έρευνας, ii. Ο χρόνος δημοσίευσης των άρθρων: 1986-

2009, iii. Η αγγλική γλώσσα δημοσίευσης των άρθρων, iv. Η ένταξη της έρευνας στον χώρο των ΦΕ της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Τα υπο- ερωτήματα του 2ου ερωτήματος της έρευνας ήταν:

1. Ποια μοντέλα προτείνονται για την αποτύπωση της ΠΓΠ - ΦΕ;

2. Ποια συστατικά της ΠΓΠ διερευνώνται στις έρευνες των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στις ΦΕ;

3. Εκτός από τα επιμέρους συστατικά της ΠΓΠ-ΦΕ, μελετώνται οι σχέσεις αναμεταξύ τους;

4. Πως διερευνάται μεθοδολογικά η ΠΓΠ – ΦΕ;

Στη διερεύνηση του 3ου ερωτήματος της έρευνας «Πώς αναγνωρίζεται και πώς εντοπίζεται στο εμπειρικό πεδίο η ΠΓΠ των Νηπιαγωγών κατά τη διδασκαλία της τήξης και της πήξης στο Νηπιαγωγείο;» χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος μελέτης περίπτωσης μέσα στο κονστρουκτιβιστικό /ερμηνευτικό παράδειγμα. Η μέθοδος αυτή επιλέχθηκε εξαιτίας της προσωπικής φύσης της ΠΓΠ και της θεωρητικής της θεμελίωσης στον κονστρουκτιβισμό. Ειδικότερα χρησιμοποιήθηκε η αξιολογική μελέτη περίπτωσης (Bassey 1999) η οποία έχει ως στόχο τη διατύπωση αξιολογικής κρίσης σχετικά με το μοντέλο της ΠΓΠ, το οποίο προτείνεται. Χρησιμοποιήθηκαν δύο μελέτες περίπτωσης ώστε να είναι δυνατή αφενός η διερεύνηση σε βάθος και αφετέρου η σύγκριση των ευρημάτων ανάμεσα στις δύο νηπιαγωγούς. Ως εργαλείο διερεύνησης της έννοιας της ΠΓΠ χρησιμοποιήθηκε το λειτουργικό μοντέλο της ΠΓΠ. Πηγές δεδομένων αποτέλεσαν το ερωτηματολόγιο και ο γραπτός σχεδιασμός της διδασκαλίας δύο νηπιαγωγών, η συνέντευξη πριν και μετά τη διδασκαλία και η βιντεοσκόπηση της διδασκαλίας. Ως θέμα διδασκαλίας επιλέχθηκε το φαινόμενο της τήξης και της πήξης λόγω της συχνής του διδασκαλίας στο νηπιαγωγείο.
Τα υπο-ερωτήματα του τρίτου ερωτήματος της έρευνας ήταν:

1. Με ποιον τρόπο εκδηλώνεται η ΠΓΠ των Νηπιαγωγών κατά τη διδασκαλία της τήξης και πήξης στο Νηπιαγωγείο;

2. Επιβεβαιώνονται τα βασικά συστατικά του μοντέλου της ΠΓΠ-ΦΕ που επιλέγεται από τη διερεύνηση σε Νηπιαγωγούς;

3. Τα ευρήματα της διερεύνησης επιβεβαιώνουν το δυναμικό χαρακτήρα της ΠΓΠ - ΦΕ δηλ. τα επιμέρους συστατικά σχετίζονται μεταξύ τους;

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της διερεύνησης του 1ου ερωτήματος «Ποια είναι η φύση και τα χαρακτηριστικά της ΠΓΠ;» παρατίθενται στους πίνακες 1, 2, 3, 4 και 5 αναλυτικά για κάθε υπο-ερώτημα και υπο-υποερώτημα.

Πίνακας 1. Μοντέλα σχετικά με την ΠΓΠ

Θεωρητικά άρθρα που προτείνουν νέο μοντέλο της ΠΓΠ	Θεωρητικά άρθρα που δεν προτείνουν νέο μοντέλο της ΠΓΠ	Σύνολο
15	10	25

Στον πίνακα 1 παρατηρείται ότι προτείνεται μία μεγάλη ποικιλία μοντέλων σχετικά με την ΠΓΠ (n=15), όπως Shulman (1986, 1987), Cochran et al. (1993), Mellado et al. (1998), Carlsen (1999), Magnusson et al. (1999). Morine-Dershimer & Kent (1999), D. Smith (1999), Turner-Bisset (1999), Veal & Makinster (1999), Banks et al. (2005), Hashweh (2005), Appleton (2006), Van Dijk & Kattman (2007), Zembylas (2007).

Πίνακας 2. Διαδικασίες συμμετοχής των κατηγοριών γνώσης του εκπαιδευτικού στην ΠΓΠ

	Μετασχηματισμός	**Ενοποίηση**	**Άλλη διαδικασία**
Θεωρητικά μοντέλα της ΠΓΠ	7	8	6

Στον πίνακα 2 φαίνεται ότι οι κατηγορίες γνώσης του εκπαιδευτικού (π.χ. γνώση περιεχομένου, παιδαγωγική γνώση, γνώση πλαισίου κ.ά.) συμμετέχουν στην ΠΓΠ με τις εξής διαδικασίες: i. Μετασχηματισμός (n=7). Οι κατηγορίες γνώσης συνδυάζονται για τη δημιουργία της ΠΓΠ, αλλά δεν περιλαμβάνονται σε αυτή, ii. Ενοποίηση (n=8). Οι κατηγορίες γνώσης ενώνονται για τη δημιουργία της ΠΓΠ και ανευρίσκονται σε αυτή, iii. Άλλες διαδικασίες (n=6), π.χ. 'φιλτράρισμα' κ.ά.

Πίνακας 3. Θεωρητική θεμελίωση των θεωρητικών άρθρων σχετικά με την ΠΓΠ

	Εκλεκτικό παράδειγμα	**Παράδειγμα κριτικής θεωρίας**	**Κονστρουκτιβιστικό παράδειγμα**	**Μη αναφορά**	**Σύνολο**
Θεωρητικά άρθρα	15	1	3	6	25

Στον πίνακα 3 παρατηρείται ότι ως θεωρητική θεμελίωση της ΠΓΠ υιοθετείται το: i. εκλεκτικό παράδειγμα (n=15), το οποίο προσανατολίζεται στη βελτίωση της πρακτικής αναγνωρίζοντας την αξία διαφορετικών προοπτικών (βλ. Reeves 1997), ii. παράδειγμα κριτικής θεωρίας (n=1), σύμφωνα με το οποίο η αλήθεια δεν είναι απόλυτη αλλά εξαρτάται από το συγκεκριμένο πλαίσιο και στοχεύει στην αποκάλυψη της κρυφής σημασίας των κειμένων (βλ. ο.π.), iii. κονστρουκτιβιστικό παράδειγμα (n=3), το οποίο υποστηρίζει ότι η πραγματικότητα κατασκευάζεται από τους ανθρώπους και περιλαμβάνει πολλές και αντίθετες ερμηνείες (βλ. ο.π.), iv. μη αναφορά θεωρητικής θεμελίωσης της έννοιας της ΠΓΠ (n=6).

Πίνακας 4. Οι βασικές κριτικές στην αρχική πρόταση σχετικά με την ΠΓΠ (Shulman, 1986, 1987)

	Κριτική 'εκ των έσω'	**Κριτική 'από μία ενδιάμεση θέση'**	**Κριτική 'εκ των έξω**	**Σύνολο**
Άρθρα που πραγματεύονται θεωρητικά ζητήματα σχετικά με την ΠΓΠ	13	6	4	23

Στον πίνακα 4 φαίνεται ότι οι βασικές κριτικές που ασκήθηκαν στην ΠΓΠ είναι: i. Κριτική 'εκ των έσω'(n=13)'. Στόχος είναι ή πρόσθεση ή τροποποίηση ορισμένων συστατικών (π.χ. Turner-Bisset 1999), ii. Κριτική 'από μία ενδιάμεση θέση' (n=6). Δεν αμφισβητείται η ίδια η έννοια αλλά ο τρόπος χρήσης της (π.χ. Zeidler 2002), iii. Κριτική 'εκ των έξω' (n=4). Στόχος είναι η αναδιατύπωση ή η απόρριψη της έννοιας (π.χ. Segall 2004).

Πίνακας 5. Τα συστατικά της ΠΓΠ των εκπαιδευτικών στα διάφορα θεωρητικά μοντέλα

Συστατικά της ΠΓΠ	**ΓΠ**	**ΓΜ**	**ΓΔΣΤΡ**	**ΓΑΝ**	**ΓΑΠ**	**ΓΠΑ**	**ΓΠΡ**	**ΓΑΞ**	**ΓΠΛ**	**ΓΕ**	**ΓΑΛ**
Σύνολο	11	13	9	7	11	9	8	6	7	4	9

Σημ: ΓΠ: Γνώση περιεχομένου, ΓΜ: Γνώση μαθητών, ΓΔΣΤΡ: Γνώση διδακτικών Στρατηγικών, ΓΑΝ: Γνώση Αναπαραστάσεων Περιεχομένου, ΓΑΠ: Γνώση Αναλυτικού Προγράμματος, ΓΠΑ: Γνώση Παιδαγωγική, ΓΠΡ: Γνώση Προσανατολισμών ή Εκπαιδευτικών Σκοπών/στόχων, ΓΑΞ: Γνώση Αξιολόγησης, ΓΠΛ: Γνώση Πλαισίου, ΓΕ: Γνώση Εαυτού, ΓΑΛ: Γνώση Άλλων Συστατικών.

Στον πίνακα 5 παρατηρείται ότι προτείνεται μεγάλη ποικιλία συστατικών από τα οποία ορισμένα επικρατούν όπως η γνώση μαθητών (n=13) ενώ άλλα εμφανίζονται σπανιότερα όπως η γνώση εαυτού (n=4).
Τα αποτελέσματα της διερεύνησης του 2ου ερωτήματος «Με ποιον τρόπο διερευνάται η ΠΓΠ;» παρατίθενται στους πίνακες 6, 7, 8 και 9 αναλυτικά για κάθε υπο-ερώτημα.

Πίνακας 6. Μοντέλα αποτύπωσης της ΠΓΠ-ΦΕ των εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

	Δήλωση διαφόρων μοντέλων της ΠΓΠ									**Μη δήλωση μοντέλου**
	Magnusson et al. (1999)	**Shulman (1987)**	**Turner - Bisset (1999)**	**Cochran et al. (1993)**	**De Jong (2003)**	**Hashweh (2005)**	**Ball (1997)**	**Appleton (2006)**	**Schwarz & Lederman (2002)**	
Έρευνες ΠΓΠ εκπ/κών της ΠΕ	7	4	2	1	1	2	1	1	1	29

Στον πίνακα 6 παρατηρείται ότι στις περισσότερες έρευνες (n=29) δε δηλώνεται κανένα μοντέλο της ΠΓΠ ενώ στις έρευνες που δηλώνεται χρησιμοποιούνται ποικίλα μοντέλα στην αποτύπωση της ΠΓΠ – ΦΕ των εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης από τα οποία επικρατέστερη είναι η χρήση του μοντέλου των Magnusson et al. (1999) (n=7).

Π**ίνακας 7.** Συστατικά που διερευνούνται στις έρευνες της ΠΓΠ- ΦΕ των εκπ/κών της ΠΕ

Συστατικά της ΠΓΠ	**ΓΠ**	**ΓΜ**	**ΓΔΣΤΡ ΣΘ**	**ΓΔΣΤΡ ΣΑ**	**ΓΑΝ**	**ΓΔΡ**	**ΓΑΠ**	**ΓΠΑ**	**ΓΠΡ**	**ΓΑΞ**	**ΓΠΛ**	**ΓΕ**	**ΓΦ**	**ΓΤ**
Σύνολο	8	19	11	7	10	5	6	11	8	3	5	3	3	2

Σημ: ΓΠ: Γνώση περιεχομένου, ΓΜ: Γνώση μαθητών, ΓΔΣΤΡ ΣΘ: Γνώση διδακτικών Στρατηγικών Συγκεκριμένου Θέματος, ΓΔΣΤΡ ΣΑ: Γνώση διδακτικών Στρατηγικών Συγκεκριμένου Αντικειμένου, ΓΑΝ: Γνώση Αναπαραστάσεων Περιεχομένου, ΓΔΡ: Γνώση δραστηριοτήτων, ΓΑΠ: Γνώση Αναλυτικού Προγράμματος, ΓΠΑ: Γνώση Παιδαγωγική, ΓΠΡ: Γνώση Προσανατολισμών ή Εκπαιδευτικών Σκοπών/στόχων, ΓΑΞ: Γνώση Αξιολόγησης, ΓΠΛ: Γνώση Πλαισίου, ΓΕ: Γνώση Εαυτού, ΓΦ: Γνώση Φύσης ΦΕ, ΓΤ: Γνώση κατάλληλης τεχνολογίας

Στον πίνακα 7 φαίνεται ότι διερευνάται μεγάλη ποικιλία συστατικών της ΠΓΠ τα οποία ορισμένες φορές δε διασαφηνίζεται τι περιλαμβάνουν. Η διερεύνηση ορισμένων συστατικών επικρατεί (π.χ. γνώση μαθητών, n=19) ενώ άλλων σπανίζει (π.χ. γνώση αξιολόγησης, n=3).

Πίνακας 8. Διερεύνηση σχέσεων μεταξύ συστατικών της ΠΓΠ

	Διερεύνηση σχέσεων μεταξύ συστατικών της ΠΓΠ	**Μη διερεύνηση σχέσεων μεταξύ συστατικών της ΠΓΠ**	**Σύνολο**
Έρευνες ΠΓΠ εκπ/κών της ΠΕ	4	41	45

Στον πίνακα 8 φαίνεται ότι η σχέση μεταξύ των επιμέρους συστατικών της ΠΓΠ-ΦΕ διερευνάται μόνο σε 4 έρευνες από τις 45 (π.χ. Achtee & Johnston 2006).

Πίνακας 9. Μεθοδολογική προσέγγιση στις έρευνες της ΠΓΠ- ΦΕ των εκπαιδευτικών της ΠΕ

	Μελέτη περίπτωσης	**Φαινομε-νολογική**	**Έρευνα δράσης**	**Αφηγη-ματική**	**Επισκό πηση**	**ημιπειρα ματική**	**Σύνολο**
Ποιοτική	16	11	2	2			31
Ποσοτική					1	1	2
Μικτή	5	7					12
Σύνολο	21	18	2	2	1	1	45

Στον πίνακα 9 παρατηρείται ότι η μεθοδολογική διερεύνηση της ΠΓΠ πραγματοποιείται και στα τρία παραδείγματα με ποικίλους τύπους έρευνας και διαφορετικές ερευνητικές προσεγγίσεις μέσα σε κάθε τύπο έρευνας. Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η μελέτη περίπτωσης η οποία συναντάται στο ποιοτικό και μικτό παράδειγμα σε ποικίλους διαφορετικούς τύπους π.χ. σε συνδυασμό με αφηγηματική έρευνα, με έρευνα δράσης, με εθνομεθοδολογική έρευνα κ.ά.

Η διερεύνηση του 1ου και 2ου ερωτήματος έδειξαν την ανάγκη διασαφήνισης της έννοιας σε θεωρητικό επίπεδο ώστε να είναι δυνατή η διερεύνησή της σε συνάρτηση με την εννοιολόγησή της (Τσέου, Τσιτουρίδου & Παντίδος 2014). Για τον λόγο αυτόν επιχειρείται η διαμόρφωση ενός λειτουργικού μοντέλου της ΠΓΠ, το οποίο προκύπτει από την κριτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Το μοντέλο αυτό θεμελιώνεται θεωρητικά στον συνδυασμό του ριζοσπαστικού και του κοινωνικοπολιτισμικού εποικοδομητισμού επιχειρώντας να απαντήσει στην κριτική που υφίσταται η ΠΓΠ ως προς την αντικειμενική επιστημολογία (McEwan & Bull, 1991). Στο συγκεκριμένο μοντέλο οι κατηγορίες γνώσης του εκπαιδευτικού συμμετέχουν στην ΠΓΠ κυρίως μέσω της διαδικασίας της ενοποίησης χωρίς να απορρίπτεται η έννοια του μετασχηματισμού (βλ. Cochran et al. 1993). Παρά την πολύ καλή θεωρητική θεμελίωση του μοντέλου των Cochran et al (1993), φαίνεται ότι τα συστατικά που το αποτελούν δεν έχουν επεξεργαστεί αρκετά. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η ΠΓΠ με συνολικό και εξεδεικευμένο τρόπο χρησιμοποιήθηκαν συστατικά που προέρχονται από το μοντέλο των Magnusson et al. (1999), το μοντέλο των Morine-Dershimer & Kent (1999) και το μοντέλο της Turner-Bisset (1999). Επιπλέον, στο μοντέλο επισημαίνεται η ανάγκη διερεύνησης και των τριών όψεων της ΠΓΠ και συγκεκριμένα των γνώσεων, των αντιλήψεων και των πρακτικών των εκπαιδευτικών (Baxter & Lederman, 1999). Ωστόσο κρίνεται απαραίτητος ο ερευνητικός διαχωρισμός αντί της ταύτισης η οποία συνήθως πραγματοποιείται ανάμεσα στη γνώση και στις αντιλήψεις τους (Smith & Siegel, 2004).

Ο συνδυασμός διαφορετικών θεωρητικών μοντέλων είναι πιθανόν να αντίκειται στις βασικές θεωρητικές δεσμεύσεις ενός μοντέλου. Διευκρινίζεται ότι στην παρούσα εργασία κατά τον συνδυασμό των διαφόρων μοντέλων χρησιμοποιείται μόνο ο ορισμός των συστατικών και η επεξεργασία στην οποία έχουν υποβάλλει τα συστατικά της ΠΓΠ, χωρίς να υιοθετείται η θεωρητική τους θεμελίωση η οποία συχνά είναι άρρητη και έχει ισχυρές επιρροές από μία συμπεριφοριστική, αντικειμενική ή ινστρουμενταλιστική επιστημολογία.

Τα αποτελέσματα διερεύνησης του 3ου ερωτήματος «Πώς αναγνωρίζεται και πώς εντοπίζεται στο εμπειρικό πεδίο η ΠΓΠ των Νηπιαγωγών κατά τη διδασκαλία της τήξης και της πήξης στο Νηπιαγωγείο;» φαίνονται στους πίνακες 10 και 11 αντίστοιχα για κάθε υπο-ερώτημα.

Πίνακας 10. Τρόποι εκδήλωσης της ΠΓΠ των Νηπιαγωγών κατά τη διδασκαλία της τήξης και της πήξης

	Περιε-χόμενο	**Μαθητές και μάθηση**	**Εαυτός**	**Πλαίσια μάθησης**	**Α.Π.**	**Παιδα-γωγική**	**Αξιολόγ ηση**
Γνώσεις	χ	χ	χ	χ	χ	χ	χ
Αντιλήψεις	χ	χ	χ	χ	χ	χ	χ
Πρακτική	χ	χ		χ	χ	χ	χ

Στον πίνακα 10 παρατηρείται ότι η ΠΓΠ των δύο Νηπιαγωγών σχετικά με τη διδασκαλία της τήξης και της πήξης εκδηλώνεται μέσω ποικίλων όψεων (γνώσεις, αντιλήψεις και πρακτικές) και συστατικών.

Πίνακας 11. Συστατικά και όψεις του λειτουργικού μοντέλου της ΠΓΠ που επιβεβαιώνονται

	Περιε-χόμενο	**Μαθητές και μάθηση**	**Εαυτός**	**Πλαίσια μάθησης**	**Α.Π.**	**Παιδα-γωγική**	**Αξιολόγ ηση**
Γνώσεις	χ	χ	χ	χ	χ	χ	χ
Αντιλήψεις	χ	χ	χ	χ	χ	χ	χ
Πρακτική	χ	χ	*ο*	χ	χ	χ	χ

Σημ.: Επιβεβαιώνονται τα συστατικά και οι όψεις που σημειώνονται με χ.

Ο πίνακας 11 δείχνει ότι επιβεβαιώνονται τα βασικά συστατικά καθώς και οι περισσότερες όψεις του λειτουργικού μοντέλου. Παράλληλα φάνηκε ότι εμφανίζονται νέα υποσυστατικά της ΠΓΠ στην κατηγορία της αξιολόγησης.
Τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι τα επιμέρους συστατικά σχετίζονται μεταξύ τους.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της διερεύνησης του 1ου ερωτήματος «Ποια είναι η φύση και τα χαρακτηριστικά της ΠΓΠ;» έδειξαν ότι απαιτείται διασαφήνιση των συστατικών της ΠΓΠ και της διαδικασίας με την οποία συμμετέχουν οι κατηγορίες γνώσης στην ΠΓΠ. Επίσης διαφαίνεται η ανάγκη απάντησης στην κριτική που ασκήθηκε στην αρχική πρόταση σχετικά με την ΠΓΠ (Shulman 1986, 1987) και η ανάγκη ρητής αναφοράς επιστημολογικής ή/και μαθησιακής/διδακτικής θεωρίας που υιοθετείται ως προς την έννοια της ΠΓΠ καθώς και αιτιολόγησης της σύνδεσης των θεωριών που υιοθετούνται στην περίπτωση επιλογής του εκλεκτικού παραδείγματος.
Τα αποτελέσματα της διερεύνησης του 2ου υπο-ερωτήματος «Πώς διερευνάται η ΠΓΠ;» έδειξαν την ανάγκη διασαφήνισης των συστατικών της ΠΓΠ που ερευνώνται καθώς και της σημασίας τους, την ανάγκη διερεύνησης των σχέσεων μεταξύ των συστατικών της έννοιας καθώς και την ανάγκη διερεύνησης της μέσω μεθόδων οι οποίες απορρέουν από τον ορισμό της και τη θεωρητική θεμελίωση της.
Τα αποτελέσματα της διερεύνησης του 3ου υπο-ερωτήματος «Πώς αναγνωρίζεται και πώς εντοπίζεται στο εμπειρικό πεδίο η ΠΓΠ των Νηπιαγωγών κατά τη διδασκαλία της τήξης και της πήξης στο Νηπιαγωγείο;» έδειξαν ότι η ΠΓΠ των νηπιαγωγών στο εμπειρικό πεδίο κατά τη διδασκαλία της τήξης και της πήξης μπορεί να αναγνωριστεί και να εντοπιστεί μέσω του λειτουργικού μοντέλου της ΠΓΠ και συγκεκριμένα μέσω των συστατικών και των όψεων αντίστοιχα που περιλαμβάνονται σε αυτό. Το μοντέλο επιβεβαιώνεται ως προς τη φύση του και τα συστατικά του και βελτιώνεται ως προς τα υποσυστατικά και τις όψεις του.

Συμπεραίνεται ότι το λειτουργικό μοντέλο της ΠΓΠ το οποίο προέκυψε από την κριτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας και βελτιώθηκε από την εφαρμογή του στο εμπειρικό πεδίο μπορεί να αναπαραστήσει τη γνώση των εκπαιδευτικών κατά τη διδασκαλία των ΦΕ ώστε να τη διερευνήσει κατάλληλα. Με τον τρόπο αυτό απαντάται το βασικό ερώτημα της έρευνας. Επιπλέον δίνεται ανατροφοδότηση στο 1^{ο} ερώτημα της έρευνας «Ποια είναι η φύση και τα χαρακτηριστικά της ΠΓΠ;» καθώς φαίνεται αφενός η ενοποιημένη και δυναμική φύση της ΠΓΠ και αφετέρου τα συστατικά της στοιχεία.
Το μοντέλο μπορεί να έχει σημαντικές συνέπειες στην έρευνα της ΠΓΠ και στην εκπαίδευση των ΦΕ καθώς αναδεικνύει την ενοποιητική σχέση μεταξύ των συστατικών της. Περαιτέρω έρευνα μπορεί να διασαφηνίσει τη σχέση μεταξύ των υποσυστατικών της ΠΓΠ. Αναδεικνύονται επίσης νέα υποσυστατικά της ΠΓΠ και συγκεκριμένα της γνώσης των διαδικασιών, των τύπων και των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης των μαθητών. Η έρευνα μπορεί να διερευνήσει την επίδραση των υποσυστατικών αυτών στη βελτίωση της διδασκαλίας/μάθησης. Σημαντική εξάλλου μπορεί να θεωρηθεί η συμβολή του μοντέλου στην ερευνητική διαφοροποίηση των όψεων της ΠΓΠ αντί της ταύτισής τους.

5. Βιβλιογραφία

Τσέου, Ε., Τσιτουρίδου, Μ. & Παντίδος, Π. (2014). Η διερεύνηση της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες: μία κριτική ανασκόπηση σχετικών ερευνών». Στο Π. Καριώτογλου & Π. Παπαδοπούλου (επιμ.), *Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον στην Προσχολική Εκπαίδευση - Αναζητήσεις και προτάσεις.* Αθήνα: εκδ. Gutenberg.

Ahtee, M. & Johnston, J. (2006). Primary Student Teachers' Ideas about Teaching a Physics Topic. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 50 (2): 207- 219.

Bassey, M. (1999*). Case study research in educational settings*. Buckingham: Open University press.

Baxter, J.A & Lederman, N.G. (1999). Assessment and measurement of Pedagogical Content Knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 147-161). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Cochran, K.F., DeRuiter, J.A. & King, (1993). Pedagogical content knowing: An Integrative model for teacher preparation. *Journal of Teacher Education*, 44(4): 263-272.

Gess-Newsome, J. (1999). Pedagogical Content Knowledge: An Introduction and Orientation. In Gess-Newsome, J. & Lederman, N.G. (eds.), *Examining pedagogical content knowledge.* Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

Magnusson, S., Krajcik, J. & Borko, H. (1999). Nature, Sources, and Development of Pedagogical Content knowledge for Science Teaching. In Gess-Newsome, J. & Lederman, N.G. (eds.), *Examining pedagogical content knowledge*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.

McEwan, H. & Bull, B. (1991). The Pedagogic Nature of Subject Matter Knowledge. *American Educational Research Journal*, 28 (2): 316-334.

Morine-Dershimer, G. & Kent, T. (1999). The complex nature and sources of teachers' pedagogical knowledge. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 21-50). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Reeves, T. (1997). Established and Emerging Evaluation Paradigms for Instructional Design. In C.R. Dills & A.J. Romiszowski (eds.), *Instructional development paradigms* (pp.163-178). Englewood Cliffs, N.J.: Educational Technology Publications.

Segall, A. (2004). Revisiting pedagogical content knowledge: the pedagogy of content/the content of pedagogy. *Teaching and Teacher Education*, 20: 489-504.

Shulman, L.S. (1986b). Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2): 4-14.

Shulman, L.S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57: 1-22.

Smith, M.I. & Siegel, H. (2004). Knowing, Believing, and Understanding: What Goals for Science Education? *Science & Education* 13: 553-582

Turner-Bisset, R. (1999). The knowledge bases of the expert teacher. *British Educational Research Journal*, 25 (1): 39-55.

Zeidler, D.L. (2002). Dancing with Maggots and Saints: Visions for Subject Matter Knowledge, Pedagogical Knowledge, and Pedagogical Content Knowledge in Science Teacher Education Reform. *Journal of Science Teacher Education*, 13 (1): 27-42.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΝΤΑΣ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΥΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ ΣΤΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΜΗ ΤΥΠΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΜΑΘΗΣΗΣ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ελένη Αντωνιάδου, Γεώργιος Μαλανδράκης
ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία διερευνήθηκε εάν ένα κατάλληλα σχεδιασμένο πανεπιστημιακό μάθημα μπορεί να βοηθήσει μελλοντικούς εκπαιδευτικούς στην αποτελεσματικότερη ενσωμάτωση μη τυπικών περιβαλλόντων μάθησης στη διδασκαλία τους. Συμμετέχοντες ήταν 40 τριτοετείς μελλοντικοί εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και ως εργαλεία έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τα ατομικά πλάνα διδασκαλίας τους, που δημιουργήθηκαν πριν και μετά τη συμμετοχή τους στο πανεπιστημιακό μάθημα. Από την ανάλυση προέκυψε ότι οι ίδιοι βελτιώθηκαν στο να συμπεριλαμβάνουν τα απαραίτητα στάδια για την αποτελεσματική ενσωμάτωση μη τυπικών περιβαλλόντων στη διδασκαλία (πριν, κατά τη διάρκεια, μετά), στο περιεχόμενο και την μορφή των αντίστοιχων δραστηριοτήτων, καθώς και στην αξιοποίηση των προϋπαρχουσών εμπειριών των μαθητών. Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε μεγάλη βελτίωση στην ενσωμάτωση ψυχοκινητικών και συναισθηματικών στόχων.

Abstract
In the present study we explore the effect of a specially developed academic course on pre-service teachers' ability to incorporate informal learning environments into their teaching. Participants were 40 pre-service teachers at the 3rd year of their study, and data collected through individual lesson plans filled before and after the course. Analysis revealed that the course had a significant effect on pre-service teachers' instructional design abilities regarding the non-formal learning environments, and especially in the incorporation of all three phases of site visits (pre, during, post), on the kind and quality of the respective activities, as well as on the emphasis given by pre-service teachers on their students' prior experiences. However, no major changes were observed in their ability to incorporate emotional and psychomotor goals.

1. Εισαγωγή

Η Μελέτη Περιβάλλοντος είναι ένα διεπιστημονικό μάθημα, μέσω του οποίου οι μαθητές, συμμετέχοντας ενεργά και συλλογικά σε δραστηριότητες που αφορούν τον κόσμο γύρω τους, αναπτύσσουν γνώσεις, επιστημονικές δεξιότητες και δέχονται τα απαραίτητα εφόδια για την κατανόηση της αναγκαιότητας ύπαρξης αειφόρου ανάπτυξης (Κουλουμπαρίτση 2007, Κόκκοτας κ.ά. 2011, Μούτσιος 1996). Για τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται στο πλαίσιό της υποστηρίζεται ότι ο συνδυασμός της τυπικής εκπαίδευσης με τα μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία καινοτόμων εκπαιδευτικών προγραμμάτων (Beaudoin 2014), συμβάλλοντας έτσι στην ενίσχυση τόσο του γνωστικού, όσο και του κοινωνικό-συναισθηματικού τομέα των μανθανόντων. Κι αυτό διότι επιτυγχάνεται ο συνδυασμός και η κατανόηση διασπαρμένων πληροφοριών και η κατάκτηση εννοιών με διασκεδαστικό και ευχάριστο τρόπο, έξω από τις καθιερωμένες σχολικές νόρμες, και τελικά η ενίσχυση της θέλησης για τη δια βίου μάθηση (Beaudoin 2014, Gerber et al. 2001, Behrendt & Franklin 2014). Ειδικότερα, οι μανθάνοντες συμμετέχουν ενεργά στις δραστηριότητες που

εξελίσσονται, συνεργαζόμενοι με συμμαθητές τους, με εκπαιδευτικούς και με εξωτερικούς φορείς. Έτσι, κατακτούν τη νέα γνώση, την οποία και συνδυάζουν με παλαιότερες εμπειρίες και γνώσεις που κατέκτησαν στο γνώριμο περιβάλλον τους, αναπτύσσουν δεξιότητες επιστημονικής μεθόδου, καθώς εξερευνούν, και μαθαίνουν κανόνες συνεργασίας (Behrendt & Franklin 2014, Glenn 2000, Houseal et al. 2014). Παράλληλα, όλα αυτά προκαλούν το αίσθημα της ικανοποίησης, που ενισχύει την αυτοπεποίθηση των συμμετεχόντων και τη θέληση για τη συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία (Lieberman & Hoody 1998). Τέλος, ενώ όλα τα παραπάνω συμβαίνουν μέσω της ενασχόλησης με αληθινά στοιχεία και καταστάσεις, προωθείται η αποτελεσματικότητα της μάθησης (Παπαδημητρίου 1998).

Ως μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης εννοούμε τα περιβάλλοντα που είναι οργανωμένα με βάση ένα άτυπο αναλυτικό πρόγραμμα, ώστε οι δραστηριότητες που ολοκληρώνονται εκεί να βασίζονται στην πρωτοβουλία και στη δράση των μανθανόντων (Tal & Morag 2009, Mocker & Spear 1982). Πρόκειται για την εκπαίδευση που παρέχεται από διάφορα ιδρύματα ή από έντυπο ή ψηφιακό υλικό, που αν και παρουσιάζεται οργανωμένη ή αξιοποιείται στα πλαίσια οργανωμένων δραστηριοτήτων, δεν έχει υποχρεωτικό χαρακτήρα (Dib, 1988). Πολύ συχνά δραστηριότητες αυτού του είδους της εκπαίδευσης υλοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους, όπως για παράδειγμα στο δάσος, στην πλατεία μιας πόλης, στο ποτάμι μιας περιοχής κ.ά. ('Εκπαίδευση έξω από το Σχολείο' – 'Outdoor Education', Παπαδημητρίου 1998). Η διδασκαλία σε τέτοια περιβάλλοντα έχει ως αποτέλεσμα οι μαθητές διαφόρων επιδόσεων να αναπτύσσουν θετικότερη στάση απέναντι στο υπό διαπραγμάτευση θέμα, στις φυσικές επιστήμες και στη δια βίου μάθηση, ενώ μειώνονται τα προβλήματα πειθαρχίας (Behrendt & Franklin 2014). Άλλωστε, όπως τονίζεται από τους Κόκκοτας κ.ά. (2011), όταν οι μανθάνοντες κατακτούν ενεργά τη νέα γνώση, μέσα από τη δράση τους σε αυθεντικά πλαίσια με πλούσιες γνωστικές, αλλά και θεματικές συσχετίσεις, δημιουργείται το κατάλληλο έδαφος όχι μόνο για την ευκολότερη οικειοποίηση της νέας γνώσης, αλλά και για τη μεταφορά της από πλαίσιο σε πλαίσιο. Συνεπώς, τα μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης ενισχύουν και συμπληρώνουν την τυπική μάθηση (Beaudoin 2014).

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι αρκετοί ερευνητές τονίζουν το γεγονός ότι για να θεωρηθεί η ανάπτυξη δραστηριοτήτων σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης αποτελεσματική, απαιτείται να σχεδιάζονται δραστηριότητες που να αντιστοιχούν σε τρία ξεχωριστά στάδια: (α) πριν την επίσκεψη, (β) στη διάρκεια της επίσκεψης, (γ) μετά την επίσκεψη (βλ. Καριώτογλου 2001, Behrendt & Franklin 2014, Γεωργόπουλος & Τσαλίκη 2003, Rennie & McClafferty 1995).

Έχοντας υπόψη ότι η διδασκαλία έξω από την σχολική τάξη αποτελεί καινούριο εγχείρημα για μαθητές και εκπαιδευτικούς και ότι οι αρχές της δε συνάδουν με αυτές του παραδοσιακού τύπου διδασκαλίας (Kisiel 2006), για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή της απαιτείται να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην προετοιμασία των εκπαιδευτικών. Η εμπειρία των μανθανόντων με εξωσχολικά περιβάλλοντα παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας θετικών στάσεων για την επιστήμη (Avraamidou 2015) και διευκολύνει τη χρησιμοποίηση των εμπειριών αυτών στην μελλοντική πράξη, ενισχύοντας παράλληλα την κατανόηση θεμάτων που αφορούν στο περιβάλλον (Kisiel 2013). Συνεπώς, προτείνεται κατά την προετοιμασία τους οι εκπαιδευτικοί να έχουν ευκαιρίες εξάσκησης σε ανάπτυξη δραστηριοτήτων σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης, ώστε μέσα σε ένα υποστηρικτικό περιβάλλον να αντιλαμβάνονται την αξία και τους περιορισμούς των όσων διδάσκονται στην πράξη και να τα εφαρμόζουν στο μέλλον (Ball & Forzani 2009, Darling-Hammond 2006, Tal & Morag 2009). Σε αυτή την κατεύθυνση βρίσκεται η συνεργασία μεταξύ πανεπιστημίου – σχολείων (Darling-Hammond 2006), με το υποστηρικτικό περιβάλλον να περιλαμβάνει συνεργασία με συνομήλικους συναδέλφους τους ή και έμπειρους εκπαιδευτικούς-μέντορες και οργανωμένη παραδοσιακή διδασκαλία, από την οποία αντλούν στοιχεία για τις στρατηγικές που θα εφαρμόσουν κατά τις επισκέψεις πεδίου (Rebar 2012).

Εκτός από τις μεθοδολογικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις οποίες χρειάζεται να εξασκούνται οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στα πλαίσια της εκπαίδευσης τους, έμφαση είναι αναγκαίο να τοποθετείται και στο σχεδιασμό της διδασκαλίας. Μέσω του διδακτικού σχεδιασμού οι εκπαιδευτικοί είναι περισσότερο προετοιμασμένοι να αποφύγουν ή να αντιμετωπίσουν τυχόν αποτυχίες, εμπόδια ή δυσκολίες στη διαδικασία της μάθησης, ενώ αποφεύγουν την προχειρότητα και μεγιστοποιούν την πιθανότητα της επιτυχίας (Χατζηδήμου 1988, Νημά & Καψάλης 2002). Ωστόσο, πρόκειται για μια απαιτητική και επίπονη διαδικασία (Ball & Forzani 2009). Έρευνες συνηγορούν υπέρ της εφαρμογής του ομαδικού διδακτικού σχεδιασμού προς την «ελάφρυνση» της παραπάνω διαδικασίας. Ο ομαδικός διδακτικός σχεδιασμός συμβάλλει στη δημιουργία καινοτόμου παιδαγωγικού υλικού, στην ανάπτυξη δεξιοτήτων των συνεργαζόμενων μερών μέσω του προβληματισμού, της παρατήρησης των διδακτικών χειρισμών του ενός από τον άλλον και στον εμπλουτισμό των γνώσεων τους (Ploessl et al. 2010, Hundal et al. 2014, Siry 2011, Νημά & Καψάλης 2002). Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση έμφαση θα πρέπει να δίνεται στις εμπειρίες και το υπόβαθρο των συνεργαζόμενων ατόμων, τα οποία συνδέονται κυρίως με τις εμπειρίες από τον τρόπο διδασκαλίας τους. Οπότε, πολύτιμες και αναγκαίες θεωρούνται οι ανάλογες εμπειρίες μελλοντικών εκπαιδευτικών στα πλαίσια της εκπαίδευσης τους.
Με βάση τα παραπάνω, σκοπός της παρούσας εργασίας αποτελεί η διερεύνηση του εάν, και σε ποιους τομείς, ένα κατάλληλα οργανωμένο πανεπιστημιακό μάθημα μπορεί να βοηθήσει μελλοντικούς εκπαιδευτικούς στην αποτελεσματικότερη ενσωμάτωση μη τυπικών περιβαλλόντων μάθησης στη διδασκαλία τους στο μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος.

2. Μεθοδολογία/ Ερευνητικά ερωτήματα

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια ενός πανεπιστημιακού μαθήματος όπου μελλοντικοί εκπαιδευτικοί δέχτηκαν διδασκαλία σε και για μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης. Πρόκειται για το μάθημα «Διδακτική Μελέτης Περιβάλλοντος», το οποίο είναι κατ' επιλογή υποχρεωτικό. Ανάμεσα στις υποχρεώσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών ήταν η οργάνωση και εν συνεχεία η εφαρμογή συνεργατικών σχεδίων μαθήματος σε μαθητές δημοτικού σχολείου (τάξεις Α΄ - Δ΄) για το μάθημα της Μελέτης Περιβάλλοντος.
Τα ερευνητικά ερωτήματα με βάση τα οποία οργανώθηκε η ερευνητική εργασία είναι τα εξής:

- Βελτιώθηκαν οι ικανότητες των μελλοντικών εκπαιδευτικών ως προς την ενσωμάτωση μη τυπικών περιβαλλόντων μάθησης στη διδασκαλία τους;
- Σε ποιους τομείς του διδακτικού σχεδιασμού παρατηρήθηκε βελτίωση;

2.1 Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν 40 μελλοντικοί εκπαιδευτικοί Α/βάθμιας εκπαίδευσης που φοιτούσαν σε Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου της Βόρειας Ελλάδας. Όλοι οι συμμετέχοντες βρίσκονταν στο 3^{ο} έτος των σπουδών τους. Αξίζει να σημειωθεί πως όλοι τους είχαν ελάχιστη έως μηδενική εμπειρία διδασκαλίας σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης.

2.2 Εργαλεία έρευνας

Ως εργαλεία συλλογής δεδομένων αξιοποιήθηκαν τα ατομικά σχέδια μαθήματος που οι συμμετέχοντες είχαν την υποχρέωση να αναπτύξουν, πριν και μετά από τη διδασκαλία που δέχτηκαν στα πλαίσια του πανεπιστημιακού μαθήματος. Τα εν λόγω σχέδια μαθήματος, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας, δεν εφαρμόστηκαν στην πράξη, σε πραγματικούς μαθητές, αλλά παρέμειναν σε επίπεδο λεπτομερούς διδακτικής πρότασης. Τα

σχέδια μαθήματος που δημιουργήθηκαν στην αρχή (-pre) είχαν ως θέμα τους «Το νερό», ενώ αυτά που δημιουργήθηκαν στο τέλος (-post) είχαν θέμα «Το δάσος». Στα σχέδια μαθήματος αυτά, που είχαν την ίδια δομή, οι συμμετέχοντες έπρεπε να περιγράψουν τις βασικές θεματικές/ έννοιες που θα περιελάμβανε η διδασκαλία, τους διδακτικούς στόχους ή τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα της διδασκαλίας, τις κύριες φάσεις/δραστηριότητες της διδασκαλίας με βάση το σκοπό που εξυπηρετούσε η καθεμιά, τη μορφή οργάνωσης της τάξης, την ενδεικτική διάρκεια της και τα υλικά και μέσα που θα χρησιμοποιούνταν. Παράλληλα, οι συμμετέχοντες περιέγραφαν τον τρόπο αξιολόγησης της διδασκαλίας τους αλλά και τον τρόπο εργασίας τους/ τις πηγές άντλησης ιδεών τους για την ολοκλήρωση των σχεδίων μαθήματος. Τέλος, απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη των σχεδίων αυτών ήταν η συμπερίληψη δραστηριοτήτων που θα αναπτύσσονταν σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης.

2.3 Ανάλυση δεδομένων

Για την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν, χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές και ποσοτικές προσεγγίσεις. Ειδικότερα, τα σχέδια μαθήματος αναλύθηκαν με βάση προκαθορισμένους άξονες, που δημιουργήθηκαν από τη βιβλιογραφία, και έδιναν έμφαση στο περιεχόμενο των δραστηριοτήτων (στόχοι, είδος διδασκαλίας, περιεχόμενο δραστηριοτήτων ανά στάδιο κοκ). Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ποσοτικοποίηση των αποτελεσμάτων. Αυτή επιτεύχθηκε με τη χρήση του excel, και ιδιαίτερα με βάση τον αριθμό των φοιτητών/τριών στους οποίους παρατηρούνται διαφορές στους υπό μελέτη άξονες πριν και μετά τη συμμετοχή τους στο μάθημα.

3. Αποτελέσματα

Πίνακας 1: Η βελτίωση και η κάμψη που σημειώθηκε μετά την παρέμβαση στους συμμετέχοντες ως προς γενικούς και ειδικούς άξονες.

Άξονες	**Βελτίωση** *(% φοιτητών)*	**Κάμψη** *(% φοιτητών)*
1. Σχεδιασμός δραστηριοτήτων για κάθε στάδιο της επίσκεψης πεδίου		
1. Ανάπτυξη δραστηριοτήτων πριν, μετά και κατά τη διάρκεια επίσκεψης πεδίου	40%	2,5%
1α. πριν	35%	2,5 %
1β. κατά τη διάρκεια	2,5%	0%
1γ. μετά	35%	0%
2. Περιεχόμενο δραστηριοτήτων ανά στάδιο επίσκεψης πεδίου. Σχεδιασμός για:		
2αi. οργάνωση επίσκεψης	30%	5%
2αii. εκτέλεση σχετικών δραστηριοτήτων πριν την επίσκεψη	40%	15%
2βi. ενεργή συμμετοχή μαθητών στην επίσκεψη	60%	2,5%
2βii. ενεργή συμμετοχή εκπαιδευτικού στην επίσκεψη	22,5%	0%
2γi. Ανακεφαλαίωση	40%	5%
2γii. διάχυση κατακτημένων πληροφοριών	15%	10%
3.Κατηγορία στόχων που τέθηκαν		
3α. ψυχοκινητικοί στόχοι	22,5%	10%
3β. συναισθηματικοί στόχοι	10%	12,5%
3γ. γνωστικοί στόχοι	0%	0%
4. Λαμβάνουν υπόψη τους τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών	40%	2,5%

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, οι ικανότητες των υποψήφιων εκπαιδευτικών για διδακτικό σχεδιασμό σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης βελτιώθηκαν μετά την παρέμβαση. Ειδικότερα, σε πολλούς τομείς που αναφέρονται στην ανάπτυξη δραστηριοτήτων σε τέτοια περιβάλλοντα, παρατηρήθηκε βελτίωση, όπως π.χ. ο τομέας της ενεργούς συμμετοχής των μαθητών και των εκπαιδευτικών στις δραστηριότητες της επίσκεψης (2βi= 60% και 2βii= 22,5% αντίστοιχα), η οργάνωση της επίσκεψης που επρόκειτο να πραγματοποιηθεί και ο σχεδιασμός για εκτέλεση δραστηριοτήτων σχετικών με το υπό επίσκεψη πεδίο μέσα στη σχολική αίθουσα (2αi=30% και 2αii=40% αντίστοιχα), η ανακεφαλαίωση των όσων θεωρητικά διαδραματίστηκαν στη διάρκεια της επίσκεψης (τρίτο στάδιο - 2γi), αλλά και η έμφαση στις προϋπάρχουσες εμπειρίες των μαθητών τους (4=40%). Βελτίωση της τάξεως του 40% σημειώθηκε, επίσης, στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων που να αντιστοιχούν στα τρία στάδια ανάπτυξης δραστηριοτήτων σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης (Άξονας 1), με το πρώτο και το τρίτο στάδιο δραστηριοτήτων να αναπτύσσεται από 35% περισσότερους συμμετέχοντες μετά την παρέμβαση σε σχέση με πριν.
Οι τομείς που σημείωσαν στασιμότητα ή οπισθοχώρηση ήταν λίγοι. Η μεγαλύτερη κάμψη σημειώθηκε κατά την προετοιμασία της επίσκεψης και ειδικότερα στο σχεδιασμό για ανάπτυξη δραστηριοτήτων σχετικών με το υπό μελέτη θέμα μέσα στη σχολική αίθουσα (πρώτο στάδιο) (2αii=15%), αλλά και στη θέση συναισθηματικών στόχων (3β= 12,5%). Τέλος, καμία επίδραση δε παρατηρήθηκε στη θέση γνωστικών στόχων (3γ), καθώς στο σύνολο τους οι συμμετέχοντες έδωσαν έμφαση σε αυτούς τόσο πριν, όσο και μετά από τη συμμετοχή τους στο μάθημα. Παρόμοια αποτελέσματα καταγράφηκαν και στην επίδραση που δέχτηκαν οι φοιτητές ως προς το σχεδιασμό δραστηριοτήτων που θα συνέβαλαν στη διάχυση των πληροφοριών που θεωρητικά κατακτήθηκαν στο δεύτερο στάδιο (2γii), καθώς αρκετοί από αυτούς το είχαν ήδη πραγματοποιήσει πριν από τη συμμετοχή τους στο πανεπιστημιακό μάθημα.

4. Συμπεράσματα

Επεξεργαζόμενοι τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των συλλεχθέντων δεδομένων, προκύπτει πως οι συμμετέχοντες, με την ολοκλήρωση των υποχρεώσεων τους που ήταν απόρροια μαθήματος που επέλεξαν να παρακολουθήσουν, σημείωσαν ουσιαστική βελτίωση στον ολοκληρωμένο σχεδιασμό δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει μια επίσκεψη σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης. Πρόκειται για βελτίωση που ξεπερνά την απλή ανάπτυξη των τριών σταδίων τα οποία οφείλει να περιλαμβάνει η επίσκεψη σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης, ώστε να είναι αποτελεσματική (Behrendt & Franklin 2014). Ειδικότερα, με βάση τους τομείς στους οποίους παρατηρήθηκε βελτίωση, προκύπτει πως ουσιαστική είναι η έμφαση που οι συμμετέχοντες έδωσαν τελικά στην ποιότητα και το είδος των δραστηριοτήτων που ανέπτυξαν. Ωστόσο, δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις κατά τις οποίες συμμετέχοντες συνέχισαν να δίνουν έμφαση σε στόχους και γενικότερα μεθόδους διδασκαλίας που δε διαφέρουν ιδιαίτερα από αυτές που αναπτύσσονται κατά τη διεκπεραίωση παραδοσιακής διδασκαλίας. Το συμπέρασμα αυτό, όπως προκύπτει από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε, επιβεβαιώνει τη σχετική βιβλιογραφία ότι ακόμα και κατά την πραγματοποίηση επισκέψεων σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης υπάρχουν εκπαιδευτικοί που δεν αποβάλλουν την παραδοσιακή τακτική, λειτουργώντας εκεί όπως θα λειτουργούσαν εντός της σχολικής αίθουσας (Maynard & Waters 2007).
Ειδικότερα, από τα παραπάνω γίνεται φανερό πως ένα σημαντικό ποσοστό από τους συμμετέχοντες φοιτητές, μετά την παρέμβαση, ήταν σε θέση να αναπτύξει δραστηριότητες πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την επίσκεψη σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης, ενώ μόνο λίγοι από αυτούς, αν και το έκαναν πριν από την παρέμβαση, δεν το έκαναν και μετά. Παράλληλα, θετικό είναι ότι μετασχηματίστηκε το περιεχόμενο των δραστηριοτήτων και

δόθηκε έμφαση στην οργάνωση της επίσκεψης, στην ανακεφαλαίωση των όσων διαδραματίστηκαν εκεί, καθώς και στην ενεργή συμμετοχή των μαθητών και εκπαιδευτικών στο πεδίο όπου αναπτύχθηκαν δραστηριότητες. Συνεπώς, οι συμμετέχοντες, μετά την παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε, αντιλήφθηκαν την αξία της ολοκληρωμένης ανάπτυξης κάθε σταδίου από τα οποία οφείλει να αποτελείται μια επίσκεψη πεδίου. Έτσι, όπως υποστηρίζεται από τη βιβλιογραφία, προκύπτει πως η επαφή των μελλοντικών εκπαιδευτικών με μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης συμβάλλει στη βελτίωση των ικανοτήτων αποτελεσματικής διοργάνωσης ανάλογων επισκέψεων (Anderson et al. 2006, Dewitt & Storksdieck 2008). Σημαντικό είναι και το γεγονός πως μέσα από τη διδασκαλία και γενικότερα την παρέμβαση που δέχτηκαν, παρατηρήθηκε βελτίωση στην έμφαση των φοιτητών στις προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες των μαθητών τους. Συμπερασματικά, οι συμμετέχοντες άρχισαν να αναγνωρίζουν την αξία της έμφασης σε προϋπάρχουσες γνώσεις και εμπειρίες των μανθανόντων για την αποτελεσματική μάθηση τους (Dewitt & Storksdieck 2008, Wallace 2013). Ωστόσο, τα παραπάνω ευρήματα είναι αντίθετα με τα συμπεράσματα στα οποία κατέληξαν οι Tal et al. (2005), οι οποίοι αναφέρουν ότι κατά την ανάπτυξη δραστηριοτήτων σε μη τυπικά περιβάλλοντα μάθησης οι εκπαιδευτικοί συνήθως παραχωρούν την ευθύνη της εξέλιξης των όσων διαδραματίζονται στους ειδικούς/υπεύθυνους φορείς των ανάλογων πεδίων.

Παρόλο, όμως, που οι κυρίως δραστηριότητες σχεδιάστηκαν για να πραγματοποιηθούν εκτός της σχολικής αίθουσας, η διδασκαλία τους δε φαίνεται να απομακρύνθηκε ιδιαίτερα από τον παραδοσιακό τύπο. Οι συμμετέχοντες, χωρίς να εκμεταλλεύονται τα περιθώρια που τους παρέχει η επίσκεψη σε χώρους πέρα από το σχολικό περιβάλλον για την ανάπτυξη πρωτότυπων και ευχάριστων δραστηριοτήτων που θα συμβάλουν στην ολόπλευρη ανάπτυξη των μαθητών τους (γνωστική, κοινωνικοσυναισθηματική, ψυχοκινητική), επεδίωκαν την επίτευξη κυρίως γνωστικών στόχων, με τους ψυχοκινητικούς να λαμβάνουν μια μικρή μόνο αύξηση και τους συναισθηματικούς ουσιαστικά να σημειώνουν κάμψη. Τα παραπάνω βρίσκονται σε συμφωνία με τα ευρήματα των Kiesel (2006) και Maynard και Waters (2007), ότι οι συνήθεις στρατηγικές διδασκαλίας σε μη τυπικά περιβάλλοντα στοχεύουν στην απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων με τρόπο ανάλογο με αυτόν που θα γινόταν εντός της σχολικής αίθουσας και με την συνεχή εφαρμογή δασκαλοκεντρικών μεθόδων διδασκαλίας. Για το λόγο αυτό προτείνεται η περαιτέρω εξοικείωση των μελλοντικών εκπαιδευτικών με ανάλογα περιβάλλοντα και στρατηγικές διδασκαλίας που μπορούν να εφαρμοστούν εκεί, με έμφαση στην ικανοποίηση των αναγκών των μαθητών τους (Beaudoin 2014, Kisiel 2013).

5. Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος Α. & Τσαλίκη, Ε. (2003). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Αρχές-φιλοσοφία, μεθοδολογία, παιχνίδια & ασκήσεις. Αθήνα: Gutenberg.

Καριώτογλου, Π. (2001). Άτυπη Εκπαίδευση Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας: προοπτική και αναγκαιότητα. Στο Π. Κόκκοτας & Ι. Βλάχος (επιμ.) *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα Προβλήματα και Προοπτικές*, 297 – 304, Αθήνα: Γρηγόρης.

Κόκκοτας, Π., Αλεξόπουλος, Δ., Μαλαμίτσα, Α, Μαντάς, Γ., Παλαμαρά, Μ., Παναγιωτάκη, Π. (2011). *Μελέτη Περιβάλλοντος Γ' Δημοτικού. Βιβλίο Δασκάλου.* Αθήνα: ΟΕΔΒ. Διαθέσιμο στο: http://digitalschool.minedu.gov.gr/

Κουλουμπαρίτση, Α.Χ.. (2007). Πολυεγγραμματισμοί στη Μελέτη του Περιβάλλοντος. Ηλεκτρονική Διεύθυνση: http://www.pi-schools.gr/content/index.php?lesson_id=13&ep=182

Μούτσιος, Σ. (1996). Το *μάθημα της Μελέτης του Περιβάλλοντος στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση: Περιγραφή και Ανάλυση του προγράμματος διδασκαλίας*. Θεσσαλονίκη: Εκδοτικός οίκος αδελφών Κυριακίδη.

Νημά, Ε.Α. & Καψάλης, Α.Γ.. (2002). *Σύγχρονη Διδακτική*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας.

Παπαδημητρίου, Β. (1998). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Σχολείο. Μια Διαχρονική Θεώρηση. Αθήνα: Τυπωθήτω- Γιώργος Δαρδάνος.

Χατζηδήμου, Δ. (1988). *Προετοιμασία και σχέδιο μαθήματος: συμβολή στον προγραμματισμό της διδασκαλίας.* Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη.

Avraamidou, L. (2015). Reconceptualizing Elementary Teacher Preparation: A case for informal science education. *International Journal of Science Education*, *37*(1), 108-135.

Anderson, D., Lawson, B. & Mayer-Smith, J. (2006). Investigating the impact of a practicum experience in an aquarium on pre-service teachers. Teaching Education, 17(4), 341–353.

Ball, D. L. & Forzani, F. M. (2009). The work of teaching and the challenge for teacher education. *Journal of Teacher Education*, 60(5), 497-511.

Beaudoin, B. (2014). Reflection: Have You Smelled the Elephant's Foot? *Journal of Museum Education*, *39*(1), 78-82.

Behrendt, M. & Franklin, T. (2014). A Review of Research on School Field Trips and Their Value in Education. *International Journal of Environmental and Science Education*, *9*(3), 235-245.

Darling-Hammond, L. (2006). Constructing 21st-century teacher education. *Journal of teacher education*, *57*(3), 300-314.

DeWitt, J. & Storksdieck, M. (2008). A short review of school field trips: Key findings from the past and implications for the future. *Visitor Studies*, 11(2), 181-197.

Dib, C. Z. (1988, October). Formal, non-formal and informal education: Concepts/applicability. In *Cooperative Networks in Physics Education-Conference Proceedings* (Vol. 173, pp. 300-315).

Gerber, B. L., Cavallo, A. M. & Marek, E. A. (2001). Relationships among informal learning environments, teaching procedures and scientific reasoning ability. *International Journal of Science Education*, *23*(5), 535-549.

Glenn, J. L. (2000). Environment-Based Education: Creating High Performance Schools and Students. ERIC

Houseal, A. K., Abd- El- Khalick, F. & Destefano, L. (2014). Impact of a student–teacher–scientist partnership on students' and teachers' content knowledge, attitudes toward science, and pedagogical practices. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(1), 84-115

Hundal, S., Levin, D. M. & Keselman, A. (2014). Lessons of researcher–teacher co-design of an environmental health afterschool club curriculum. *International Journal of Science Education*, *36*(9), 1510-1530

Kisiel, J. (2013). Introducing future teachers to science beyond the classroom. *Journal of Science Teacher Education*, *24*(1), 67-91.

Kisiel, J. (2006). An examination of fieldtrip strategies and their implementation within a natural history museum. *Science Education*, *90*(3), 434-452.

Lieberman, G. A. & Hoody, L. L. (1998). Closing the Achievement Gap: Using the Environment as an Integrating Context for Learning. Results of a Nationwide Study. ERIC

Maynard, T. & Waters, J. (2007). Learning in the outdoor environment: a missed opportunity?. *Early Years*, *27*(3), 255-265.

Mocker, D. W. & Spear, G. E. (1982). Lifelong Learning: Formal, Nonformal, Informal, and Self-Directed. Information Series No. 241.

Ploessl, D. M., Rock, M. L., Schoenfeld, N. & Blanks, B. (2010). On the Same Page Practical Techniques to Enhance Co-Teaching Interactions. *Intervention in school and clinic*, *45*(3), 158-168.

Rebar, B. M. (2012). Teachers' sources of knowledge for field trip practices. *Learning Environments Research*, *15*(1), 81-102.

Rennie, L. & McClafferty, T. (1995). Using visits to interactive science and technology centers, museums, aquaria, and zoos to promote learning in science. *Journal of Science Teacher Education*, 6(4), 175-185.

Siry, C. A. (2011). Emphasizing collaborative practices in learning to teach: coteaching and cogenerative dialogue in a field- based methods course. *Teaching education*, *22*(1), 91-101

Tal, T. & Morag, O. (2009). Reflective practice as a means for preparing to teach outdoors in an ecological garden. *Journal of Science Teacher Education*, *20*(3), 245-262.

Tal, R., Bamberger, Y. & Morag, O. (2005). Guided school visits to natural history museums in Israel: Teachers' roles. *Science Education*, *89*(6), 920-935.

Wallace, C. S. (2013). Promoting shifts in preservice science teachers' thinking through teaching and action research in informal science settings. *Journal of Science Teacher Education*, 24(5), 811-832.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΤΙΛΗΨΕΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΜΑΘΗΣΗΣ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΣΧΕΣΗ ΔΟΜΗΣ–ΧΡΩΜΑΤΟΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ.

Ελευθερία Βαρδαλαχάκη[1], *Δημήτρης Σταύρου*[2]
[1]Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Βασική επιδίωξη της έρευνας μας ήταν η διερεύνηση των αντιλήψεων των φοιτητών Χημείας ως προς τη σχέση δομής-χρώματος, καθώς και η διερεύνηση των διαδικασιών μάθησης προς την επιστημονική γνώση. Μεθοδολογικό πλαίσιο της εργασίας αποτέλεσε το μοντέλο της «Διδακτικής Αναδόμησης», ενώ για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του «διδακτικού πειράματος». Όπως προκύπτει από τη συγκεκριμένη έρευνα, οι φοιτητές είναι σε θέση να διαχειριστούν τις βασικές ιδέες της θεωρίας των συμπλόκων, να επιχειρηματολογήσουν και να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Ωστόσο, οι φοιτητές αντιμετωπίζουν ορισμένες δυσκολίες, οι οποίες σχετίζονται με το γεγονός ότι επικεντρώνουν μόνο στο μεταλλικό στοιχείο των ενώσεων.

Abstract

In the present work, chemistry students' perceptions of the structure-color relation and their learning processes towards the scientific knowledge were investigated. The theoretical framework of the study was the "Model of Educational Reconstruction" in which the "teaching experiment" design was employed. The results suggest that students can approach the fundamental principles of complexes noticing their critical inferences before reaching a conclusion. Yet, during this active learner engagement process, students show difficulties on issues pertinent to their lack of examining aspects other than a compound's metallic element.

1. Εισαγωγή

Έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες, οι οποίες διερευνούν τις αντιλήψεις των μαθητών ως προς τη σχέση δομής – ιδιοτήτων. Οι περισσότερες από αυτές εστιάζουν στη σχέση του χημικού δεσμού, των διαμοριακών δυνάμεων με τις ιδιότητες που εμφανίζουν οι ενώσεις. Σε όλες τις έρευνες διαπιστώνεται η δυσκολία σύνδεσης των μακρο- με τις μικρο-ιδιότητες, προτείνονται δε διάφορες διδακτικές παρεμβάσεις, χρησιμοποίηση διάφορων εκπαιδευτικών εργαλείων (Barke 2009, Dhindsa & Treagust 2009, Kabapinar & Adik 2005, Meijer 2011, Vlassi & Karaliota 2009).

Λίγες έρευνες διερευνούν τις αντιλήψεις των μαθητών ως προς το χρώμα, ακόμα λιγότερες δε τη σχέση δομής με το χρώμα (Talanquer 2007, Viennot & de Hosson 2012). Από την ανάλυση της βιβλιογραφίας έγινε φανερό ότι δεν υπάρχουν δεδομένα που να συνδέουν το χρώμα με την αιτία της απορρόφησης, δηλαδή την αιτία του χρώματος σε μικροσκοπική κλίμακα. Επίσης δεν υπάρχουν δεδομένα που να αφορούν τις σχετικές διαδικασίες μάθησης.

Έτσι, στην παρούσα έρευνα επιχειρείται, λαμβάνοντας υπόψη τα προηγούμενα αποτελέσματα, να διερευνηθούν οι αντιλήψεις φοιτητών ως προς τη σχέση δομής – χρώματος, να διαπιστωθεί ποιες είναι οι δυσκολίες των φοιτητών χημείας στην πορεία τους προς την επιστημονική γνώση, αλλά και να διατυπωθούν βασικές κατευθυντήριες γραμμές για τη διδασκαλία που βασίζεται στη σχέση δομής – ιδιοτήτων.

2. Μεθοδολογία

Το μεθοδολογικό πλαίσιο της παρούσας εργασίας αποτελεί το μοντέλο της «Διδακτικής Αναδόμησης» (The Model of Educational Reconstruction, Duit et. al. 2012). Το μοντέλο αυτό παρέχει ένα θεωρητικό πλαίσιο για έρευνα στον τομέα της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και στηρίζεται σε τρεις βασικές συνιστώσες: 1) τη διασάφηση και ανάλυση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου, 2) την έρευνα των αντιλήψεων και των διαδικασιών μάθησης των μαθητών και 3) το σχεδιασμό και αξιολόγηση πιλοτικών διδακτικών ενοτήτων. Από διδακτικής σκοπιάς η ανάλυση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου και η διερεύνηση των αντιλήψεων και διαδικασιών μάθησης των μαθητών θεωρούνται εξίσου σημαντικές δραστηριότητες. Οι δύο αυτές συνιστώσες αλληλοσυσχετίζονται. Κατά την ανάλυση της δομής του επιστημονικού περιεχομένου λαμβάνονται υπ’ όψη τα εμπειρικά δεδομένα και αντιστρόφως, οι εμπειρικές έρευνες βασίζονται στα δεδομένα της ανάλυσης του επιστημονικού περιεχομένου. Οι δραστηριότητες αυτές συνδέονται άμεσα με τη διατύπωση κατευθυντήριων γραμμών για τη διδασκαλία του περιεχομένου, όπως και το σχεδιασμό πιλοτικών διδακτικών παρεμβάσεων αλλά και την αξιολόγησή τους. Υπό αυτήν την έννοια ο διδακτικός μετασχηματισμός θα πρέπει να κατανοηθεί ως μια αλληλεπιδραστική διαδικασία.

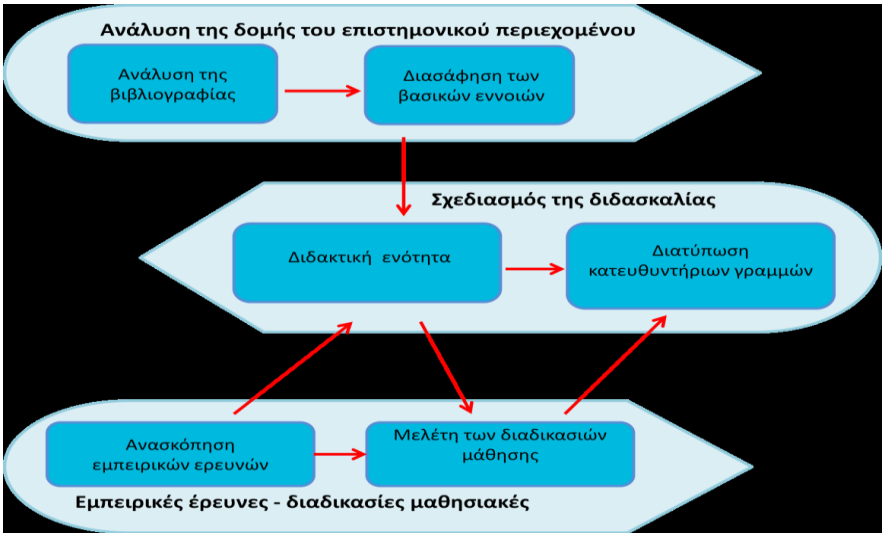
Στην παρούσα έρευνα, το μοντέλο της διδακτικής αναδόμησης εφαρμόστηκε ως εξής:

1. Στο επίπεδο της ανάλυσης της δομής του επιστημονικού περιεχομένου προβήκαμε σε ανάλυση της βιβλιογραφίας όσον αφορά τη σχέση δομής μιας ένωσης με το χρώμα που αυτή εμφανίζει, δηλ. «τη χημεία του χρώματος», και αποσαφηνίσαμε τις θεμελιώδεις ιδέες.

2. Στο επίπεδο της έρευνας επί της διδασκαλίας και της μάθησης προχωρήσαμε σε ανασκόπηση των ερευνών σχετικά με τα προβλήματα που παρουσιάζονται κατά τις προσπάθειες συσχέτισης δομής-ιδιοτήτων, τις εναλλακτικές αντιλήψεις και τις δυσκολίες που εμφανίζουν οι μαθητευόμενοι κατά τη μετάβαση από το μακρο- στο μικρο-επίπεδο, αλλά και με τις διδακτικές παρεμβάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο αυτό.

3. Στο επίπεδο σχεδιασμού διδασκαλίας προχωρήσαμε στο σχεδιασμό μιας διδακτικής σειράς γύρω από τη χημεία των ενώσεων των στοιχείων μετάπτωσης, των συμπλόκων, οι οποίες απευθύνονται σε προπτυχιακούς φοιτητές χημείας και καταλήξαμε λαμβάνοντας υπόψη τα προαναφερθέντα στη διατύπωση κατευθυντήριων γραμμών. Η πορεία της εργασίας μας αυτής φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα 1.

Σχήμα 1: Η διαδικασία της διδακτικής αναδόμησης όπως εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία



Επιχειρείται λοιπόν, λαμβάνοντας υπόψη τα προηγούμενα αποτελέσματα, να διερευνηθούν οι αντιλήψεις φοιτητών ως προς τη σχέση δομής – χρώματος, να διαπιστωθεί ποιες είναι οι διαδικασίες μάθησης των φοιτητών χημείας, αλλά και να διατυπωθούν βασικές κατευθυντήριες γραμμές για τη διδασκαλία που βασίζεται στη σχέσης δομής- ιδιοτήτων. Πιο συγκεκριμένα τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

- Ποιες είναι οι αντιλήψεις φοιτητών του Τμήματος Χημείας για τη σχέση δομής και ιδιοτήτων;
- Ποιες είναι οι διαδικασίες μάθησης των φοιτητών του Τμήματος Χημείας προς την επιστημονική άποψη;

Η εμπειρική έρευνα πραγματοποιήθηκε από το Μάρτιο ως τον Απρίλιο του 2013 στο Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Κρήτης και συμμετείχαν εθελοντικά 18 προπτυχιακοί φοιτητές 4ου εξαμήνου, 12 κορίτσια και 6 αγόρια, οι οποίοι συγκρότησαν 9 ομάδες. Οι φοιτητές αυτοί είχαν απλώς παρακολουθήσει, στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών τους, διαλέξεις θεωρίας συμπλόκων, θεωρίας ενώσεων συναρμογής, χωρίς όμως, ακόμα, να έχουν εξεταστεί. Στόχος μας ήταν να διερευνηθούν οι αντιλήψεις φοιτητών ως προς τη σχέση δομής – χρώματος και συγκεκριμένα της σχέσης της δομής των συμπλόκων, των ενώσεων των στοιχείων μετάπτωσης, με το χρώμα που αυτές εμφανίζουν. Οι ενώσεις αυτές αποτελούν μια πολύ μεγάλη κατηγορία εγχρώμων ενώσεων, αποφασίσαμε δε να συμπεριλάβουμε στην έρευνα μας αποκλειστικά αυτές τις ενώσεις, στα πλαίσια του μετασχηματισμού συγκεκριμένης δομής επιστημονικού περιεχομένου σε δομή περιεχομένου προς διδασκαλία. Στόχος μας επίσης ήταν να διαπιστωθεί ποιες είναι οι διαδικασίες μάθησης των φοιτητών, αλλά και να διατυπωθούν βασικές κατευθυντήριες γραμμές για τη διδασκαλία που βασίζεται στη σχέση δομής- χρώματος σε φοιτητές Τμήματος Χημείας.

Κατά την πρώτη μας συνάντηση, μέσω ενός αρχικού ερωτηματολογίου ανοικτών ερωτήσεων, το οποίο οι φοιτητές απάντησαν ατομικά, επιδιώξαμε μια πρώτη διερεύνηση των προϋπαρχουσών αντιλήψεων γύρω από το χρώμα. Οι απαντήσεις αυτές αποτελούν αφετηρία για την έναρξη των συνεντεύξεων, αποτελούν όμως και ένα μέτρο σύγκρισης με τις αντίστοιχες αντιλήψεις που θα έχουν διαμορφώσει και τις γνώσεις που θα έχουν αποκομίσει μετά το πέρας των συνεντεύξεων. Οι συνεντεύξεις διεξήχθησαν με τη μέθοδο του διδακτικού

πειράματος "teaching experiment" (Komorek & Duit 2004). Το διδακτικό πείραμα αποτελεί ουσιαστικά μια τεχνική συνέντευξης, η οποία συνδυάζει τα στοιχεία μιας κλασικής συνέντευξης αλλά και διδασκαλίας. Ο συντονιστής παίρνει τη θέση αυτού που προσπαθεί να αναδείξει και να καταλάβει τις ιδέες των μαθητευόμενων ταυτόχρονα όμως είναι και δάσκαλος, ο οποίος προσπαθεί να προσαρμοστεί στις ιδέες αυτές και να κάνει τις κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις. Οι δραστηριότητες που συμπεριλήφθηκαν στην έρευνά μας, σχεδιάστηκαν με γνώμονα τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τις γνωστικές ικανότητες των φοιτητών, λαμβάνοντας πάντα υπ' όψιν τα πορίσματα και τις προτάσεις των ερευνών που έχουν διεξαχθεί. Η δομή του διδακτικού πειράματος περιλαμβάνει τις εξής ενότητες:

1. Διερεύνηση αρχικές ιδεών

2. Οξειδωτικές καταστάσεις μεταλλοϊόντων και χρώμα των ενώσεων τους. Ενώσεις Mn

Διεξαγωγή πειράματος: «σύνθεση προπενίου, υδροξυλίωση προπενίου»

3. Δημιουργία συμπλόκων, επίδραση υποκαταστάτη. Ενώσεις Cu^{+2}

Παρασκευή υδατικών διαλυμάτων, ίδιας συγκέντρωσης, $CuSO_4$, $Cu(NO_3)_2$, $CuCl_2$

Παρασκευή διαλυμάτων $[Cu(H_2O)_5(NH_3)]^{2+}$, $[Cu(H_2O)_4(NH_3)_2]^{2+}$, $[Cu(H_2O)_3(NH_3)_3]^{2+}$, $[Cu(H_2O)_2(NH_3)_4]^{2+}$

4. Επίδραση κεντρικού μεταλλικού ιόντος. Ενώσεις Co^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}

Παρασκευή υδατικών διαλυμάτων, ίδιας συγκέντρωσης, $CuCl_2$, $NiCl_2$ και $CoCl_2$

5. Αλλαγή της γεωμετρίας του συμπλόκου. Ενώσεις Co^{2+}

Παρασκευή υδατικού διαλύματος $CoCl_2$ και εν συνεχεία προσθήκη πυκνού διαλύματος HCl Σύγκριση με αντίστοιχη συμπεριφορά διαλύματος $CuCl_2$

6. Διαφοροποίηση δομής σε διάλυμα. Χρώμα και «ιδιομορφίες» δομής.

Παρατήρηση χρώματος της ένωσης $Co(py)_2(SCN)_2$. Παρασκευή διαλύματος της ένωσης σε CH_2Cl_2.

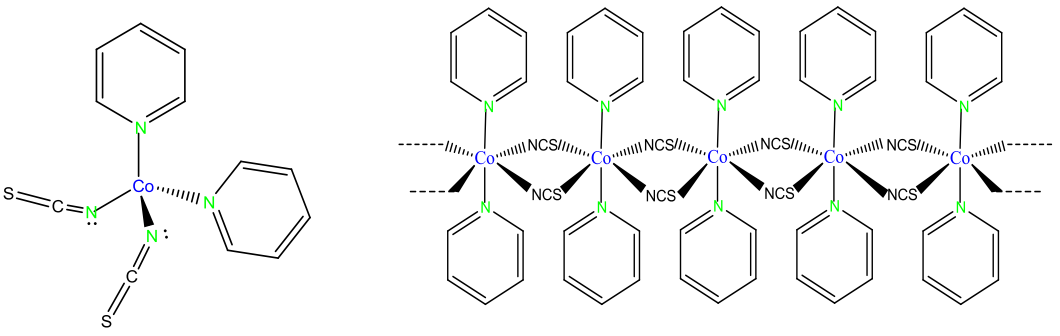
7. Γενικές ερωτήσεις, επίλογος

Κάθε ενότητα αντιστοιχεί σε διαφορετικές δραστηριότητες, δίνουμε όμως έμφαση στις πειραματικές δραστηριότητες. Ενδεικτικά αναφέρουμε:

Στην ενότητα 2, μέσω της διεξαγωγής πειράματος «σύνθεση προπενίου, υδροξυλίωση προπενίου», οι φοιτητές παρατηρούν ότι κατά τη διαβίβαση του παραγόμενου προπενίου σε αλκαλικό διάλυμα $KMnO_4$, το χρώμα του διαλύματος αλλάζει από ιώδες σε μπλε, εν συνεχεία σε πράσινο και τέλος καταβυθίζεται καφέ ίζημα.

Ενότητα 6: παρατήρηση ρόδινου χρώματος της ένωσης $Co(py)_2(SCN)_2$. Παρασκευή διαλύματος της ένωσης σε CH_2Cl_2, παρατήρηση, σχολιασμός του μπλε χρώματος του διαλύματος (σχήμα 2).

Σχήμα 2: Δομή της ένωσης $Co(py)_2(SCN)_2$ σε διάλυμα (T_d) και πιθανή δομή σε στερεό (O_h)



Λόγω της διερευνητικής φύσης της έρευνας για τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης και συγκεκριμένα μέθοδοι ποιοτικής ανάλυσης περιεχομένου (Erickson 1998, Mayring 2000)

3. Αποτελέσματα

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, μέσω ερωτηματολογίου και συνεντεύξεων με τη μέθοδο του διδακτικού πειράματος. Οι συνεντεύξεις έχουν ηχογραφηθεί και απομαγνητοφωνηθεί, ώστε να μπορούν να αναλυθούν τα επιχειρήματα που χρησιμοποιούσαν οι φοιτητές και οι συλλογισμοί που ανέπτυσσαν. Συγκεκριμένα για την ανάλυση καταγράφηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν οι απαντήσεις των φοιτητών στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν από τις συνεντεύξεις. Οι συνεντεύξεις χωρίστηκαν σε "βήματα". Για το κάθε βήμα, καταγράφηκαν τα επιχειρήματα των μελών της κάθε ομάδας, οι ιδέες που εκφράζουν, οι δυσκολίες που συναντούν και το αποτέλεσμα στο οποίο καταλήγουν. Τα παραπάνω κατηγοριοποιήθηκαν και έγινε προσπάθεια να περιγραφεί η εννοιολογική πορεία των φοιτητών και να καταγραφούν οι διαδικασίες μάθησης.

Συνοψίζοντας λοιπόν τα αποτελέσματα της έρευνας μας και έχοντας πάντα κατά νου τα ερευνητικά ερωτήματα αναφέρουμε:

- Ποιες είναι οι αντιλήψεις φοιτητών του Τμήματος Χημείας για τη σχέση δομής και ιδιοτήτων;

Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι σε μικροσκοπική κλίμακα, οι φοιτητές βασιζόμενοι στη χημική δομή, κατανοούν ότι το χρώμα οφείλεται στη διέγερση που υφίστανται οι ουσίες όταν απορροφούν φως. Η διέγερση αυτή υφίσταται από μια χαμηλή σε μια υψηλή ενεργειακή στάθμη. Αυτές οι ενεργειακές στάθμες μπορεί να είναι ατομικά ή μοριακά τροχιακά.

Ωστόσο, κατά τη διάρκεια της έρευνας έγινε φανερό ότι οι φοιτητές αντιμετωπίζουν ορισμένες δυσκολίες που σχετίζονται με τις ηλεκτρονιακές μεταπτώσεις, θεωρώντας ότι οι ενεργειακές στάθμες είναι ατομικά τροχιακά. Ενώ μελετούμε ενώσεις των στοιχείων μετάπτωσης, κάτι το οποίο αναγνωρίζουν, σκέφτονται σαν οι ενώσεις αυτές να αποτελούνται αποκλειστικά και μόνο από το μεταλλικό στοιχείο. Ως συνέπεια αυτής της αντίληψης οι φοιτητές αρχικά θεωρούν ότι το χρώμα υδατικών διαλυμάτων αλάτων του χαλκού, οφείλεται στην παρουσία Cu^{2+}, κάτι που έχει εντοπιστεί και άλλους ερευνητές (Barke et al.2009).

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί η δυσκολία αυτή, συγκρίνονται τα ανωτέρω διαλύματα με τα πολύ γνωστά άχρωμα διαλύματα NaCl, Na_2SO_4, οπότε οι φοιτητές, αφού παρατηρήσουν τη θέση του χαλκού στον Περιοδικό Πίνακα, την ηλεκτρονιακή του διαμόρφωση, συμπεραίνουν τη δημιουργία συμπλόκου $[Cu(H_2O)_6]^{+2}$, με αποτέλεσμα την εμφάνιση χρώματος. Η ανωτέρω αντίληψη είναι πολύ ισχυρή και επαναλαμβάνεται καθ΄ όλη τη διάρκεια της συνέντευξης.

- Ποιες είναι οι διαδικασίες μάθησης των φοιτητών του Τμήματος Χημείας προς την επιστημονική άποψη;

Συνολικά, όπως προκύπτει από τη συγκεκριμένη έρευνα, οι φοιτητές είναι σε θέση να διαχειριστούν τις βασικές ιδέες της θεωρίας των συμπλόκων, των ενώσεων συναρμογής, να επιχειρηματολογήσουν και να καταλήξουν σε συμπεράσματα.

Πιο συγκεκριμένα: συνέδεσαν την αλλαγή της οξειδωτικής κατάστασης ενός στοιχείου, με τη διαφοροποίηση των ενεργειών μεταπτώσεως, με την αλλαγή του χρώματος των ενώσεων του, ερμήνευσαν την αλλαγή, την αντικατάσταση των υποκαταστατών, την αλλαγή του κεντρικού μεταλλικού ιόντος, την αλλαγή του αριθμού των υποκαταστατών, την αλλαγή της γεωμετρίας, της δομής του συμπλόκου. Οι φοιτητές ήταν σε θέση να ερμηνεύσουν χρωματικές διαφοροποιήσεις, μερικές φορές ακόμα και να προβλέψουν αυτές τις διαφοροποιήσεις, να τις συνδέσουν με αλλαγές στη δομή. Είναι χαρακτηριστικό δε, ότι όταν έχουν στο μυαλό τους μοριακές δομές, μοριακές οντότητες, μερικοί φοιτητές (5/18) επιτυγχάνουν να ερμηνεύσουν το χρώμα του υδατικού διαλύματος $KMnO_4$. Εστιάζοντας στους υποκαταστάτες, στην αλληλεπίδραση κεντρικού μεταλλικού ιόντος υποκαταστάτη, οι περισσότεροι φοιτητές είναι σε θέση να αναγνωρίσουν «δομική ιδιομορφία», να τη συνδέσουν με χρωματική διαφοροποίηση, να περιγράψουν τη μοριακή δομή της ένωσης $Co(py)_2(SCN)_2$.

4. Συμπεράσματα

Από την παρούσα έρευνα, όπως έχουμε ήδη αναφέρει, αναδεικνύεται η δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές να αντιληφθούν τις συγκεκριμένες μοριακές οντότητες ως ολότητες, θεωρώντας ότι οι ενώσεις αυτές αποτελούνται αποκλειστικά και μόνο από το μεταλλικό στοιχείο, αποκλειστικά και μόνο από άτομα του μετάλλου. Και η αντίληψη αυτή είναι τόσο ισχυρή που επαναλαμβάνεται καθ΄ όλη τη διάρκεια της συνέντευξης. Αποδεικνύεται επομένως σημαντική η σύνδεση της μακροσκοπικής ιδιότητας του χρώματος με την αναπαράσταση των μοριακών τύπων των ενώσεων και των δομών τους. Τα τρία επίπεδα μάκρο-, μικρο-, συμβολικό πρέπει να συμβαδίζουν, να πηγαίνουν «χέρι- χέρι». Η χρήση νέων τεχνολογιών, η παρουσίαση τρισδιάστατων δομών των ενώσεων, θα μπορούσε πιθανόν να συμβάλλει καθοριστικά σε αυτήν την κατεύθυνση.

5. Βιβλιογραφία

Barke H., Hazari A., Yitbarek S. (2009). *Misconceptions in Chemistry*, Spinger- Verlag, pp. 37-65, 103-142.

Dhindsa H., Treagust D. (2009). Conceptual understanding of Bruneian tertiary students: chemical bonding and structure, *Brunei international Journal of Science & Mathematics Education*, vol. 1, no 1, pp. 33-51

Duit R., Gropengießer H., Kattmann U., Komorek M. & Parchmann I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & Jorde & J. Dillon (Eds.), The World of Science Education: Science Education Research and Practice in Europe, Rotterdam: Sense Publishers, pp.13-37.

Erickson F. (1998). Qualitative research methods for science education. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Eds.), International Handbook of Science Education Dordrecht, Kluwer , pp. 1155-1173

Kabapinar F., Adik B. (2005). Secondary students' understanding of the Relationship between Physical Change and Chemical Bonding, Journal of the Faculty of Educational Sciences, vol. 38, no 1, pp.123 – 147.

Komorek M. & Duit R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of nonlinear systems. International Journal of Science Education, vol. 26, pp. 619-633.

Mayring P. (2000). Qualitative Content Analysis, Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, vol. 1, no 2.

Meijer M.R. (2011). Macro-meso-micro thinking with structure-property relations for chemistry education - An explorative design-based study, doctoral dissertation, Freudenthal Institute for Science and Mathematics Education, Faculty of Science, Utrecht University /FIsme.

Talanquer V. (2007). Students' predictions about the sensory properties of chemical compounds: Additive versus emergent frameworks, *Science Education*, vol. 92, no 1, pp.96-114

Viennot L., C. de Hosson. (2012). Beyond a Dichotomic Approach. The Case of Colour Phenomena, *International Journal of Science Education*, Vol. 34, No. 9, pp. 1315–1336

Vlassi M., Karaliota A. (2009). Why do students have to learn about the chemical structure and the chemical bonding?, *The Chemical Educator*, vol. 14, no 5, pp. 208-211

ΟΙ ΝΟΗΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΗΣ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Καλλιόπη Μέλη[1], Δημήτρης Κολιόπουλος[1], Κώστας Λαβίδας[1] Γιώργος Παπαλεξίου[2]
[1]*ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών*
[2]*Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*

Περίληψη
Η παρούσα έρευνα αναφέρεται στις νοητικές παραστάσεις που έχουν οι μαθητές της Β' Λυκείου για εισαγωγικές έννοιες της θερμοδυναμικής και ειδικά για τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο (ΠΘΝ), επικεντρώνοντας στις εξηγήσεις που παρέχουν μετά από την πραγματική αναπαράσταση μιας αδιαβατικής συμπίεσης. Τα κυριότερα αποτελέσματα ήταν πως η πλειονότητα αξιοποιεί εναλλακτικά εννοιολογικά πλαίσια, δηλαδή ο ΠΘΝ απαξιώνεται ιδιαίτερα και εστιάζουν στη φαινομενολογία. Επιπλέον στις απαντήσεις τους περιλαμβάνονται συνήθως δύο ή τρεις κατηγορίες εξηγήσεων, οι οποίες πιθανά οφείλονται στα ποικίλα εννοιολογικά πλαίσια που οι μαθητές διδάσκονται.

Abstract
The present study refers to second year upper secondary school students' conceptions on elementary thermodynamics and especially the First Law of Thermodynamics (FLT), focusing on their explanations of a real situation representing an adiabatic compression. The main results were that the majority utilized alternative frameworks, namely FLT was highly disregarded and they focused on the phenomenology of the situation. Additionally, their replies most commonly fall into two or three justification categories, probably because of the various conceptual frameworks the students have been taught.

1. Εισαγωγή

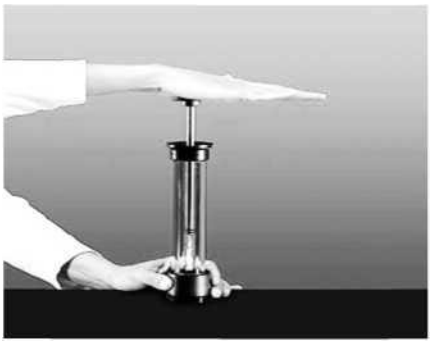
Η θερμοδυναμική συνιστά μια γενική ενεργειακή θεωρία, που διδάσκει τη διαφοροποίηση των μορφών ενέργειας και διευκρινίζει τις συνθήκες και τα όρια για τη μετατροπή τους κατά τα φυσικά φαινόμενα και τις τεχνικές διεργασίες (Baehr 2007). Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος (ΠΘΝ) είναι θεμέλιος λίθος για τη θεωρία αυτή, καθώς εκφράζει τη διατήρηση της ενέργειας και η αδιαβατική συμπίεση ενός ιδανικού αερίου συνιστά μια περίπτωση εφαρμογής του.
Τα παραπάνω αποτελούν μέρος των όσων διδάσκονται στην ενότητα της θερμοδυναμικής τόσο στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση όσο και στα πανεπιστήμια στα εισαγωγικά μαθήματα του πρώτου έτους. Ειδικά για τους φοιτητές, αρκετές είναι οι έρευνες που εξετάζουν πώς αυτοί αντιλαμβάνονται τα φυσικά φαινόμενα που εμπίπτουν στον ΠΘΝ και ποια εναλλακτικά πλαίσια προτείνουν για την ερμηνεία τους (Kautz et al. 2005, Leinonen et al. 2012, Leinonen, et al. 2009, Loverude et al. 2002, Rozier et al. 1991). Από την άλλη μεριά, ανάλογες εργασίες για μαθητές είναι σχεδόν ανύπαρκτες, καθώς στο επίπεδο αυτό οι ερευνητές εστιάζουν σε πιο βασικά ζητήματα όπως πχ στη διαφορά θερμοκρασίας και θερμότητας (Σκουμιός & Χατζηνικήτα 2000, Arnold & Millar 1994, Erickson 1979, Kesidou & Duit 1993). Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να επεκτείνει το πεδίο προβληματισμού για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και να εξετάσει τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών της

Β' Λυκείου για την αδιαβατική συμπίεση.
Υπόψη χρειάζονται να ληφθούν τα αποτελέσματα των ερευνών για τις νοητικές παραστάσεις των φοιτητών διότι, αφενός, η εισαγωγική θερμοδυναμική που διδάσκεται στα πανεπιστήμια είναι παρόμοια με τα μαθήματα θερμοδυναμικής της Θετικού Προσανατολισμού της Β' Λυκείου, και, αφετέρου, οι συλλογισμοί φοιτητών και μαθητών Λυκείου είναι συγγενικοί, τουλάχιστον για το συγκεκριμένο αντικείμενο της θερμοδυναμικής, αλλά και σε άλλα πεδία της φυσικής όπως ο ηλεκτρισμός (Rozier & Viennot 199, Tiberghien 1994).
Οι Leinonen et al. (2012) και οι Loverude et al. (2002) σημειώνουν ότι μικρό ποσοστό των φοιτητών απαντούν με μια επιθυμητή προσέγγιση του ΠΘΝ, ενω η πλειονότητα χρησιμοποιεί με ελλιπή ή ανακριβή τρόπο μικροσκοπικά μοντέλα ή την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων (ΚΕΙΑ). Σε μια παρόμοια έρευνα των Leinonen et al. (2009) οι φοιτητές φαίνεται να είναι πολύ πιο εξοικειωμένοι με την ΚΕΙΑ παρά με τον ΠΘΝ και συχνά τη συνδυάζουν με τα μικροσκοπικά μοντέλα στις εξηγήσεις τους, ενώ επιπλέον φαίνεται να συγχέουν την αδιαβατική μεταβολή με την ισόθερμη. Οι Kautz et al. (2005) διαπιστώνουν δυσκολία με τις θερμοδυναμικές έννοιες και χρήση ανακριβών μακροσκοπικών μοντέλων που πηγάζουν σε ατελή μικροσκοπικά.

2. Μεθοδολογία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο Γενικό Λύκειο Καστριτσίου (Αχαΐα), σε τρία τμήματα Θετικού Προσανατολισμού της Β' Λυκείου με συνολικά 54 μαθητές και μαθήτριες, αφότου είχαν διδαχθεί την ΚΕΙΑ, τα μικροσκοπικά μοντέλα της κινητικής θεωρίας αερίων και τον ΠΘΝ, συμπεριλαμβανομένης της εφαρμογής του στις αδιαβατικές μεταβολές.
Ένας από τους ερευνητές (εκπαιδευτικός φυσικός) πραγματοποίησε μια διδακτική παρέμβαση, στη διάρκεια της οποίας υπενθύμισε στους μαθητές τη θεωρία και στη συνέχεια παρουσίασε μια κατά προσέγγιση αδιαβατική συμπίεση ιδανικού αερίου. Η επίδειξη αυτή έγινε με τη χρήση ενός γυάλινου σωλήνα κλεισμένου με έμβολο που περιείχε ένα μικρό κομμάτι χαρτί, το οποίο αναφλέχθηκε όταν το έμβολο συμπιέστηκε απότομα (Εικόνα 1). Οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν γραπτά στην ερώτηση «γιατί υπήρξε ανάφλεξη του χαρτιού μέσα στο δοχείο;». Οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν σε κατηγορίες κατόπιν συζητήσεων μεταξύ των ερευνητών. Η ανάλυση των απαντήσεων έγινε με χρήση περιγραφικής στατιστικής στο SPSS Statistics (ν.21).

Εικόνα 1: Αναπαράσταση της επίδειξης της κατά προσέγγισης αδιαβατικής συμπίεσης



3. Αποτελέσματα

Τα δεδομένα που παρουσιάζονται αποτελούν ένα μέρος από αυτά που προέκυψαν συνολικά (Meli, et al. 2016). Από τις απαντήσεις των μαθητών σχηματίστηκαν έξι κατηγορίες εξηγήσεων-εναλλακτικών πλαισίων, εκ των οποίων οι δύο χωρίστηκαν σε δύο υποκατηγορίες για «σωστή/ολοκληρωμένη» και

«λανθασμένη/ελλιπής» απάντηση (Πίνακας 1). Ορισμένες από τις κατηγορίες εμφανίζονται στη σχετική βιβλιογραφία για τους φοιτητές (ΠΘΝ, ΚΕΙΑ, μικροσκοπικό επίπεδο) και εμπλουτίστηκαν για να συμπεριλάβουν τις υπόλοιπες απαντήσεις των μαθητών που εμφανίζονταν σε σημαντικά ποσοστά (Φαινομενολογία, Χημεία). Να σημειωθεί ότι η πλειονότητα των μαθητών αξιοποίησαν στις απαντήσεις τους περισσότερες από μία κατηγορίες εξηγήσεων.

Πίνακας 1: Κατηγορίες/υποκατηγορίες εξηγήσεων και αντίστοιχες συχνότητες

Κατηγορίες	**Υποκατηγορίες**	**Συχνότητα υποκατηγοριών**	**Συχνότητα κατηγοριών**
Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος	Σωστή	2	16
	Λανθασμένη/Ελλιπής	14	
Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων	Ολοκληρωμένη	5	24
	Ελλιπής	19	
Μικροσκοπικό επίπεδο			15
Φαινομενολογία			23
Χημεία			12
Άλλο			3

Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος. Χρήση φυσικών μεγεθών που σχετίζονται με την ενέργεια του συστήματος και με τον τρόπο που αυτή μεταφέρεται ή μετατρέπεται. Παράδειγμα λανθασμένης χρήσης του ΠΘΝ είναι το εξής: «Κατά το πείραμα έγινε απότομη συμπίεση του αερίου, άρα υπάρχει εσωτερική ενέργεια, ταυτόχρονα παράγεται έργο. Το μικρό χρονικό διάστημα και η πίεση που δίνεται από το έμβολο θα δώσουν θερμότητα στο χαρτί κι έτσι αυτό θα καεί».
Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων. Αξιοποίηση της ΚΕΙΑ, δηλαδή της σχέσης μεταξύ όγκου, πίεσης και θερμοκρασίας. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αλλαγή αυτών των καταστατικών μεγεθών σε μια αδιαβατική μεταβολή δεν μπορεί να εξηγηθεί ποιοτικά με χρήση της ΚΕΙΑ, παρόλα αυτά ορισμένοι μαθητές κατάφεραν να φτάσουν σε ένα σωστό συμπέρασμα μέσω αυτής. Ένα παράδειγμα: «Μέσα στο δοχείο μειώθηκε ο όγκος άρα αυξήθηκε η πίεση και η θερμοκρασία (τα mol του αερίου είναι σταθερά)».
Μικροσκοπικό επίπεδο. Αναφορά στο μικροσκοπικό επίπεδο του αερίου, με κύριο άξονα την κινητική ενέργεια των σωματιδίων του αέρα και τη σύγκρουσή τους με το χαρτί ή το δοχείο. Χαρακτηριστική είναι η παρακάτω απάντηση: «Λόγω της πίεσης τα μόρια του αέρα απέκτησαν κινητική ενέργεια και αυξήθηκαν οι δυνάμεις που ασκούν στα τοιχώματα του δοχείου με αποτέλεσμα την παραγωγή ενέργειας».
Φαινομενολογία. Απλή περιγραφή της επίδειξης που πραγματοποιήθηκε με όρους φυσικής (πχ μείωση του όγκου, αύξηση της πίεσης κλπ) χωρίς να αναδύεται κάποιο επεξηγηματικό πλαίσιο από αυτήν. Ένα παράδειγμα είναι το εξής: «Μέσα στο δοχείο με τη γρήγορη συμπίεση ανέβηκε απότομα η θερμοκρασία με αποτέλεσμα την ανάφλεξη του χαρτιού». *Χημεία.* Χημικές αντιδράσεις ανάμεσα στον αέρα και στο χαρτί, με επικρατούσα την καύση. Ένα παράδειγμα: «Με την απότομη συμπίεση τα μόρια του αέρα (που περιέχουν οξυγόνο) κινήθηκαν πιο γρήγορα, άρα αυξήθηκαν οι συγκρούσεις του οξυγόνου με το χαρτί με αποτέλεσμα να υπάρχει οξυγόνο και να καεί το χαρτί».
Άλλο. Απαντήσεις που δεν εντάχθηκαν σε μία από τις προηγούμενες κατηγορίες ή δεν έβγαζαν κάποιο συγκεκριμένο νόημα, όπως ήταν χαρακτηριστικά η εξής: «Αλλάζοντας την πίεση άλλαξαν και οι φυσικές σταθερές με αποτέλεσμα να καίγεται το χαρτάκι σε χαμηλότερη θερμοκρασία».

Αποκλειστική και ταυτόχρονη χρήση κατηγοριών

Όπως επισημάνθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο, οι παραπάνω κατηγορίες συνήθως χρησιμοποιούνται από τους μαθητές με τρόπο μη αποκλειστικό, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται

στις εξηγήσεις τους δύο ή τρεις από αυτές. Μόλις 21 μαθητές αξιοποίησαν μία και μοναδική κατηγορία, ενώ 27 ανέφεραν δύο κατηγορίες και τέλος 6 μαθητές ενέπλεξαν τρεις κατηγορίες. Η διαγώνιος του Πίνακα 2 περιλαμβάνει τις συχνότητες των εξηγήσεων που ανήκουν σε μία μόνο κατηγορία. Στον ίδιο πίνακα, οι συχνότητες που εμφανίζονται πάνω από τη διαγώνιο αφορούν στη χρήση δύο κατηγοριών, ενώ στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται εκείνες που εντάχθηκαν σε τρεις κατηγορίες.

Πίνακας 2: Συχνότητες για την αποκλειστική χρήση των κατηγοριών και την ταυτόχρονη χρήση δύο κατηγοριών (η=48).

	Σωστός ΠΘΝ	Λανθασμένος/ Ελλιπής ΠΘΝ	Ολοκληρωμένη ΚΕΙΑ	Ελλιπής ΚΕΙΑ	Μικροσκοπικό επίπεδο	Φαινομενολογία	Χημεία	Άλλο
Σωστός ΠΘΝ	1				1			
Λανθασμένος/ Ελλιπής ΠΘΝ		2	1	4	3	2		
Ολοκληρωμένη ΚΕΙΑ			3				1	
Ελλιπής ΚΕΙΑ				3	1	4	2	1
Μικροσκοπικό επίπεδο					3	3	1	
Φαινομενολογία						8	3	
Χημεία							0	
Άλλο								1

Πίνακας 3: Συχνότητες για την ταυτόχρονη χρήση τριών κατηγοριών (η=6).

	Σωστός ΠΘΝ	Λανθασμένος/ Ελλιπής ΠΘΝ	Ολοκληρωμένη ΚΕΙΑ	Ελλιπής ΚΕΙΑ	Μικροσκοπικό επίπεδο	Φαινομενολογία	Χημεία	Άλλο
Σωστός ΠΘΝ Χημεία					1	1		

Η αποκλειστική χρήση μίας κατηγορίας εξηγήσεων εμφανίζεται συχνότερα στη Φαινομενολογία, καθώς 8 μαθητές αρκέστηκαν στην περιγραφή των παρατηρήσεών τους ως ερμηνεία του φαινομένου. Σε ό,τι αφορά την ταυτόχρονη χρήση κατηγοριών, οι δύο πιο συχνά αλληλεπικαλυπτόμενες είναι ο Λανθασμένος/ Ελλιπής ΠΘΝ με την Ελλιπή ΚΕΙΑ, δηλαδή οι μαθητές αναμιγνύουν με ανακριβή τρόπο ενεργειακές έννοιες και καταστατικά μεγέθη. Ένας άλλος συχνά εμφανιζόμενος συνδυασμός είναι η Ελλιπής ΚΕΙΑ με τη Φαινομενολογία. Στην περίπτωση αυτή οι μαθητές προσπαθούν να συσχετίσουν τις παρατηρήσεις τους με στοιχεία της ΚΕΙΑ, καθώς αυτές οι δύο κατηγορίες εμπεριέχουν κοινά χαρακτηριστικά που ανήκουν στο ίδιο εννοιολογικό πλαίσιο. Σε σχέση με την αξιοποίηση τριών διαφορετικών κατηγοριών, στον Πίνακα 3 φαίνεται πως οι 6 από τους μαθητές δεν αρκέστηκαν σε διμερής εξηγήσεις, αλλά πρόσθεσαν σε αυτές κάποιες μικροσκοπικές ή/και χημικές έννοιες.

4. Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή φαίνεται πως οι μαθητές της Β' Λυκείου μας παρέχουν πιο πολυποίκιλες ερμηνείες της αδιαβατικής συμπίεσης σε σχέση με αυτές των φοιτητών, όπως παρουσιάζονται στη σχετική βιβλιογραφία. Κατά την άποψή μας, το μεγαλύτερο πλήθος των κατηγοριών οφείλεται στο γεγονός ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν περισσότερο τη φαντασία τους, καθώς δε συνειδητοποιούν τα εννοιολογικά πλαίσια μέσα στα οποία πρέπει να κινηθούν οι απαντήσεις τους. Επιπλέον όμως, ακόμα κι όταν κινούνται μέσα σε σχετικά με το φαινόμενο εννοιολογικά πλαίσια, δυσκολεύονται σημαντικά να διακρίνουν σε ποιο πρέπει να εστιάσουν, πιθανά επειδή η διδασκαλία της φυσικής, όπως συνήθως τη γνωρίζουν στη μαθητική τους ζωή, περιέχει την ανάμειξη εννοιολογικών πλαισίων ως αναπόσπαστο στοιχείο της παραδοσιακής προσέγγισης (Κολιόπουλος 2006). Σε κάθε περίπτωση όμως, υπάρχει μια κοινή υποβόσκουσα θεωρία που διέπει τις αιτιολογήσεις τους: ότι το χαρτί στο δοχείο αναφλέχθηκε λόγω αύξησης της θερμοκρασίας. Συνεπώς, οι μαθητές δεν προσπάθησαν να εξηγήσουν άμεσα την ύπαρξη της φλόγας, αλλά την αύξηση της θερμοκρασίας.

Η διαπίστωση ότι η πλειονότητα των ερμηνειών του φαινομένου δεν εμπίπτει στην κατηγορία της σωστής χρήσης του ΠΘΝ συνάδει με αυτήν της βιβλιογραφίας για τους φοιτητές πανεπιστημίου (Leinonen et al. 2012, 2009, Loverude et al. 2002). Παρότι οι αδιαβατικές μεταβολές διδάσκονται αποκλειστικά ως εφαρμογές του ΠΘΝ, όπως και επισημάνθηκε στην αρχή της διδακτικής παρέμβασης στους μαθητές, οι ίδιοι δεν έλκονται από το εξηγητικό αυτό πλαίσιο. Η πλειονότητα αυτών που επιχείρησαν τη χρήση ενεργειακών εννοιών δεν αξιοποίησαν την εσωτερική ενέργεια, καθώς αυτή δε φαίνεται να σχετίζεται άμεσα με την αύξηση της θερμοκρασίας. Στο πλαίσιο αυτό αποκαλύπτεται άλλη μία υποβόσκουσα θεωρία: η αύξηση της θερμοκρασίας επιτυγχάνεται μόνο με μεταφορά θερμότητας στο σύστημα του αερίου.

Όπως αναμενόταν με βάση τα αποτελέσματα της σχετικής βιβλιογραφίας για τους φοιτητές, η εξήγηση με βάση την ΚΕΙΑ ήταν η περισσότερο προτιμητέα (Kautz et al. 2005, Leinonen et al. 2012, 2009, Loverude et al. 2002). Καταστατικά μεγέθη όπως η θερμοκρασία, ο όγκος και η πίεση είναι πιο

εύκολα διαχειρίσιμα, διότι οι μαθητές μπορούν να «δουν» τις μεταβολές τους, σε αντίθεση με τα ενεργειακά μεγέθη και το μικρόκοσμο. Παρόλα αυτά, οι μαθητές επιστρατεύουν μικροσκοπικές ή χημικές ερμηνείες ως την «απόλυτη» ερμηνεία των φαινομένων που παρατηρούν στο μακρόκοσμο (Kautz et al. 2005, Meltzer 2004). Καθώς διδάσκονται για τα στοιχεία του μικρόκοσμου κάθε χρόνο ξεκινώντας από το δημοτικό σχολείο, είναι πιθανό να νιώθουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση σε συζήτηση για τη συμπεριφορά των σωματιδίων παρά για μακροσκοπικά ενεργειακά μεγέθη που σχετίζονται με τη θερμοδυναμικά φαινόμενα.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη δεύτερη προτιμότερη κατηγορία, η οποία είναι η Φαινομενολογία. Η επίδειξη της αδιαβατικής συμπίεσης φανερώνει τη δυσκολία των μαθητών να συσχετίσουν τις θεωρητικές τους γνώσεις με μια πραγματική κατάσταση, αλλά από την άλλη μεριά μπορεί καθεαυτή να αποτέλεσε εμπόδιο και να οδήγησε σε πιο αποπροσανατολισμένες απαντήσεις, σε αντίθεση με αυτές των φοιτητών που σε όλες τις περιπτώσεις αποκρίνονταν σε μόνο γραπτά διατυπωμένο πρόβλημα. Μπαίνει λοιπόν το ερώτημα για την καταλληλότητα των διάφορων μορφών αναπαράστασης που προτείνονται στους μαθητές (Κολιόπουλος 2014, Μέλη 2015).

5. Βιβλιογραφία

Κολιόπουλος, Δ. (2006). *Θέματα διδακτικής φυσικών επιστημών.* Αθήνα: Μεταίχμιο.

Κολιόπουλος, Δ. (2014*). Η Ενέργεια στην Εκπαίδευση.* Αθήνα: Εκδοτικός Όμιλος Ίων.

Μέλη, Κ. (2015). *Κατασκευάζοντας μια υπολογιστική προσομοίωση για τις θερμοδυναμικές μεταβολές ιδανικών αερίων: επιστημολογικές και διδακτικές προσεγγίσεις.* Πανεπιστήμιο Πατρών. Retrieved from http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/9016

Σκουμιός, Μ. & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα, θερμοκρασία και θερμικά φαινόμενα. *Επιθεώρηση Φυσικής, 31,* 58-71.

Arnold, M. & Millar, R. (1994). Children's and lay adults' views about thermal equilibrium. *International Journal of Science Education, 16(4),* 405-419. http://doi.org/10.1080/0950069940160403

Baehr, H.-D. (2007). *Θερμοδυναμική: Εισαγωγή στα θεμελιώδη και στις τεχνικές εφαρμογές.* (K. N. Παττάς, Ed.). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γιαχούδη.

Erickson, G. L. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education, 63(2),*221-230. http://doi.org/10.1002/sce.3730630210

Kautz, C. H., Heron, P. R. L., Loverude, M. E. & McDermott, L. C. (2005). Student understanding of the ideal gas law, Part I: A macroscopic perspective. *American Journal of Physics,* 73(11), 1055—1063. http://doi.org/10.1119/1.2049286

Kesidou, S. & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics—an interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching,* 30(1), 85-106. http://doi.org/10.1002/tea.3660300107

Leinonen, R., Asikainen, M. a. & Hirvonen, P. E. (2012). University Students Explaining Adiabatic Compression of an Ideal Gas-A New Phenomenon in Introductory Thermal Physics. *Research in Science Education, 42(6),* 1165-1182. http://doi.org/10.1007/slll65-011-9239-0

Leinonen, R., Raesaenen, E., Asikainen, M. & Hirvonen, P. E. (2009). Students' pre-knowledge as a guideline in the teaching of introductory thermal physics at university. *European Journal of Physics, 30(3),* 593-604. http://doi.Org/10.1088/0143-0807/30/3/016

Loverude, M. E., Kautz, C. H. & Heron, P. R. L. (2002). Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas. *American Journal of Physics, 70(2),* 137-148. http://doi.org/10.1119/1.1417532

Meli, K., Koliopoulos, D., Lavidas, K. & Papalexiou, G. (2016). Upper secondary school students' understanding of adiabatic compression. *Review of Science, Mathematics and ICT Education,* 10(2), 131-147.

Rozier, S. & Viennot, L. (1991). Students' reasonings in thermodynamics. *International Journal of Science Education,* 13(2), 159-170. http://doi.org/10.1080/0950069910130203

Tiberghien, A. (1994). Modeling as basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction, 4,* 71-87.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΙΔΕΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΜΕ ΑΝΑΠΗΡΙΑ ΟΡΑΣΗΣ ΣΕ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ.

Όλγα Μαλεζά ,Βασίλης Αργυρόπουλος, Διονύσης Βαβουγιός
ΠΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη
Η παρούσα εργασία αποτελεί μια έρευνα διερεύνησης και χαρτογράφησης των εναλλακτικών ιδεών φοιτητών με αναπηρία όρασης για βασικές έννοιες της Μηχανικής με τη χρήση του ερωτηματολογίου Inventory of Basic Conceptions in Mechanics (I.B.C.M.). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εναλλακτικές ιδέες των φοιτητών αφορούσαν στην κινηματική - δυναμική με τη μεγαλύτερη συχνότητα στα εξής: (α) η κίνηση προϋποθέτει δύναμη προς την κατεύθυνση της, και (β) η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας ή της κίνησης γενικότερα. Με βάση τα αποτελέσματα, η εργασία καταλήγει σε προτάσεις για διαφοροποιημένα πλαίσια διδασκαλίας ενισχύοντας την πολιτική αποτελεσματικών πρακτικών συνεκπαίδευσης.

Abstract
The present paper constitutes a pilot study which investigates the alternative ideas of students with visual disability regarding basic concepts of mechanics. The data was obtained by the use of the questionnaire Inventory of Basic Conceptions in Mechanics (I.B.C.M.). The results revealed that the alternative ideas of the participants referred to kinematics and Newtonian Dynamics with emphasis to the following: (a) motion presupposes force according to its direction, and (b) force is proportional to velocity or to motion in general. The conclusions of the present study put emphasis on the development of differentiated instructional programmes aiming at effective and functional inclusion practices.

1. Εισαγωγή

Οι δυσκολίες των φοιτητών στην κατανόηση εννοιών της κινηματικής έχουν μελετηθεί επί σειρά ετών από πληθώρα ερευνητών σε διεθνές επίπεδο (Halloun & Hestenes 1985, Καράογλου και συν. 2011, Κώτσης & Στύλος 2007, Στύλος και συν. 2007, Rosenquist & McDermott 1987, Trowbridge & Mc Dermott 1980). Μέσα από τις μελέτες αυτές έχει φανεί ότι η σύνδεση της δύναμης με την κίνηση και η αλληλεπίδραση, δυσκολεύουν ακόμα και τους φοιτητές των τμημάτων φυσικής (Arons 1997, Halloun & Hestenes 1985, Mc Dermott et al. 1994). Σε έρευνες που έχουν γίνει στην Ελλάδα διαπιστώθηκαν παρόμοιες δυσκολίες, σε φοιτητές παιδαγωγικών τμημάτων (Γεωργόπουλος και συν. 2010, Κώτσης 2002,) αλλά και σε φοιτητές τμημάτων φυσικής (Πετροχείλου και συν. 2006 και 2007·, Στύλος και συν. 2007). Πιο συγκεκριμένα έχουν καταγραφεί μη επιστημονικά ορθές αντιλήψεις που αφορούν στο βάρος, στην τριβή, στην αντίσταση του αέρα (Κώτσης 2002 και 2003), στους νόμους του Νεύτωνα (Καράογλου και συν. 2011). Από αυτές τις μελέτες μεγαλύτερη έμφαση έχει δοθεί στο γνωστικό πεδίο της μηχανικής και πιο συγκεκριμένα στις έννοιες της δύναμης και της κίνησης. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει τη δυσκολία που υπάρχει στην κατανόηση των εννοιών της φυσικής στην γνωστική αυτή περιοχή. Ειδικότερα για φοιτητές με αναπηρία όρασης (ΑΟ) λόγω της μεγάλης ετερογένειας των χαρακτηριστικών τους (Αργυρόπουλος

2011), η βιβλιογραφία είναι ιδιαίτερα ελλιπής (Κοζιώρη και συν. 2015, Jones et al. 2009, Wild et al. 2013).
Στόχος της παρούσης εργασίας είναι η διερεύνηση των Εναλλακτικών Ιδεών Φοιτητών με ΑΟ για βασικές έννοιες της Μηχανικής με τη χρήση του ερωτηματολογίου Inventory of Basic Conceptions in Mecanics (I.B.C.M.) του Halloun (2006) σε μετάφραση των Καράογλου και Ρίζου (2007).

2. Μεθοδολογία

Η παρούσα εργασία αποτελεί μια έρευνα διερεύνησης των Εναλλακτικών Ιδεών Φοιτητών με ΑΟ για βασικές έννοιες της Μηχανικής. Σκοπός της ήταν να διερευνήσει τις εναλλακτικές ιδέες των Φοιτητών με ΑΟ σε βασικές έννοιες της Μηχανικής και συγκεκριμένα της Κινηματικής και της Νευτώνειας Δυναμικής. Οι στόχοι της έρευνας ήταν να ανιχνευτούν οι εναλλακτικές ιδέες των Φοιτητών με ΑΟ για βασικές έννοιες της Μηχανικής και να εντοπιστούν οι εναλλακτικές εκείνες ιδέες που παρουσιάζουν μεγαλύτερη συχνότητα. Ως εκ τούτου τα ερευνητικά ερωτήματα ήταν τα εξής:

- Ποιές είναι οι εναλλακτικές ιδέες των Φοιτητών με ΑΟ για βασικές έννοιες της Μηχανικής;
- Ποιες είναι αυτές που εμφανίζονται με την μεγαλύτερη συχνότητα;

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 19 άτομα με ολική αναπηρία όρασης, (10 γυναίκες και 9 άντρες) με ολική ΑΟ, χωρίς πρόσθετες αναπηρίες. Οι 12 από αυτούς συμμετείχαν στην διαφοροποίηση του ερωτηματολογίου έτσι ώστε να είναι προσβάσιμο, λειτουργικό και κατανοητό (κείμενο-σχήματα) στο ειδικό δείγμα της έρευνας και οι 7 (φοιτητές παιδαγωγικών τμημάτων, πληροφορικής, λογιστικής, οικονομικών) στη διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών τους σε βασικές έννοιες της Μηχανικής.
Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο Inventory of Basic Conceptions in Mechanics (IBCM) του Halloun (2006) σε μετάφραση των Ρίζου και Καράογλου (2007). Το IBCM βασίζεται σε παλαιότερα γνωστά τεστ: Mechanics Diagnostic Test (MDT) (Halloun, 1985 οπ. αναφ. οι Καράογλου & Κώτσης, 2013), Force Concept Inventory (FCI) (Hestenes et. al.,1992), Mechanics Base line Test (MBT) (Hestenes &Wells, 1992), που αξιολογήθηκαν θετικά και εφαρμόστηκαν σε αρκετές διεθνείς έρευνες. Περιέχει επίσης καινούριες ερωτήσεις (Καράογλου και συν., 2010). Το IBCM αποτελείται από 11 προβλήματα που αντιστοιχούν σε 33 ερωτήσεις κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής) με 5 εναλλακτικές απαντήσεις της κινηματικής και της νευτώνειας δυναμικής και οι συμμετέχοντες καλούνται να απαντήσουν σε μία μόνο απάντηση για κάθε ερώτηση. Οι ερωτήσεις του IBCM ταξινομούνται σε έξι θεματικές: α. Νόμος Αδράνειας, β. Αλληλεπίδραση και Δύναμη, γ. Νόμος Αλληλεπίδρασης, δ. Αιτία και Αποτέλεσμα ε. Νόμος της Σύνθεσης, και στ. Κατάσταση νόμων. Πρόκειται για ένα ερωτηματολόγιο διαγνωστικής αξιολόγησης στη φυσική και συγκεκριμένα σε έννοιες που αφορούν στους νόμους του Νεύτωνα και στην κίνηση. Ανιχνεύει, διερευνά και διαπιστώνει: γνώσεις και ιδέες των φοιτητών, ώστε να διαμορφωθεί κατάλληλα από τον εκπαιδευτικό η διδακτική διαδικασία και να οικοδομηθεί αποτελεσματικότερα η γνώση.
Η έρευνα χωρίστηκε σε τρεις φάσεις. Πιο αναλυτικά στην Α φάση πήραν μέρος 4 ενήλικες (3 γυναίκες και 1 άνδρας) με ολική απώλεια όρασης. Σκοπός της φάσης αυτής ήταν η διαφοροποίηση του εργαλείου ως προς τη λειτουργικότητα και την προσβασιμότητα σε άτομα με ΑΟ. Στη φάση αυτή το μεταφρασμένο ερωτηματολόγιο I.B.C.M μεταγράφηκε στο σύστημα γραφής και ανάγνωσης braille, τα σχήματα μετατράπηκαν σε απτική μορφή (σε μικροκαψουλικό χαρτί, στο ειδικό μηχάνημα PIAF) και τα επιστημονικά σύμβολα στον μαθηματικό κώδικα nemeth. Η μεταγραφή έγινε στο εκτυπωτικό κέντρο του Φάρου Τυφλών

Ελλάδας (ΦΤΕ). Κατά τη μεταγραφή των οπτικών σχημάτων σε απτικά ακολουθήθηκαν οι αρχές της οικονομίας έτσι ώστε να είναι απλά χωρίς περιττές πληροφορίες για να μη μπερδεύουν, αποπροσανατολίζουν και δυσχεραίνουν την δημιουργία σταθερής νοητικής εικόνας που είναι απαραίτητη στην κατανόηση όχι μόνο των σχημάτων αλλά και των ερωτήσεων του εργαλείου (Αργυρόπουλος 2011). Επίσης δόθηκε μεγάλη σημασία στην παράμετρο της υφής των απτικών σχημάτων με εμπλουτισμό των γραμμών (παχιές γραμμές, λεπτές γραμμές, διακεκομμένες γραμμές) το οποίο είναι επίσης πολύ σημαντικό στο σχηματισμό σταθερών νοητικών εικόνων (Αργυρόπουλος 2011). Τέλος χρησιμοποιήθηκε στερεοαντιγραφική μέθοδος με μικροκαψουλικό χαρτί διότι από έρευνες διαπιστώθηκε ότι αυτός ο τρόπος μεταγραφής απτικών σχημάτων έχει θετικά αποτελέσματα αναγνώρισης και κατανόησης απτικών σχημάτων (Αργυρόπουλος 2011). Μέσα από τη διαδικασία αυτή προέκυψε το Διαφοροποιημένο Ερωτηματολόγιο IBCM (Δ.Ε.IBCM) που αποτελείται από δύο συγγράμματα: α) κείμενο σε braille με 33 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και β) 15 απτικά σχήματα. Όλες οι διαφοροποιήσεις έγιναν επί της διαδικασίας χορήγησης του εργαλείου (λόγω της ιδιαιτερότητας της ΑΟ του δείγματος) και όχι επί της ουσίας. Για τη διαφοροποίση του εργαλείου ενημερώθηκε τόσο ο κύριος Καράογλου που το χρησιμοποίησε στην Ελλάδα όσο και ο κύριος Halloun που το σχεδίασε. Η φάση αυτή διήρκησε από το Μάιο 2016 έως τον Ιούνιο 2016.

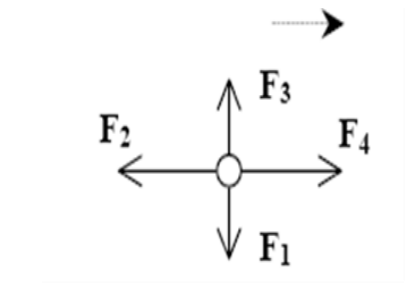
Στη Β φάση αυτή συμμετείχαν 8 ενήλικες (4 γυναίκες και 4 άντρες) με ολική απώλεια όρασης. Σκοπός της φάσης αυτής ήταν να ελεγχθεί το διαφοροποιημένο εργαλείο ως προς το χρόνο χορήγησης-συμπλήρωσης, να αξιολογηθεί ως προς την κατανόηση κειμένων ερωτήσεων και σχημάτων και να εντοπιστούν οι τυχόν δυσκολίες. Έγινε ηχογράφηση στους 4 από τους 8 συμμετέχοντες στους υπόλοιπους κρατήθηκαν σημειώσεις (οι τέσσερις δεν θέλησαν να ηχογραφηθούν). Οι συναντήσεις ήταν εξατομικευμένες, έγιναν σε οικείους χώρους των συμμετεχόντων και φροντίσαμε να τηρηθούν οι κανόνες ηθικής και δεοντολογίας Η φάση αυτή πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο 2016.

Στην Γ φάση συμμετείχαν 7 φοιτητές (4 άνδρες και 3 γυναίκες) με ολική απώλεια όρασης χωρίς πρόσθετες αναπηρίες. Στους φοιτητές δόθηκαν 28 από τις 33 ερωτήσεις του εργαλείου. Οι υπόλοιπες 5 παραλήφθηκαν λόγω ασυμβατότητας με το ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Οι συναντήσεις με τους φοιτητές ήταν εξατομικευμένες και ηχογραφημένες. Κάποιες έγιναν στο Φάρο Τυφλών Ελλάδας (Φ.Τ.Ε), κάποιες στον Πανελλήνιο Σύνδεσμο Τυφλών (Π.Σ.Τ.) και κάποιες στους οικείους χώρους των φοιτητών. Το εργαλείο χορηγήθηκε σε ακουστική μορφή ως προς τις ερωτήσεις-εναλλακτικές απαντήσεις και σε απτική μορφή ως προς τα σχήματα ενώ δόθηκαν οι απαραίτητες οδηγίες και διευκρινίστηκε η ανωνυμία του κάθε συμμετέχοντα. Σκοπός της φάσης αυτής ήταν ο έλεγχος εκ νέου του χρόνου χορήγησης-συμπλήρωσης του εργαλείου, ο εντοπισμός των δυσκολιών καθώς και η ανίχνευση των ιδεών των φοιτητών με ολική Αναπηρία Όρασης σε έννοιες της Κινηματικής και της Νευτώνειας Δυναμικής. Η φάση αυτή ολοκληρώθηκε αρχές Οκτώβρη 2016.

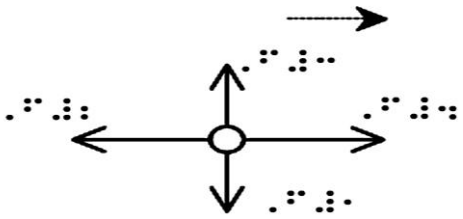
3. Αποτελέσματα

Μέσα από την έρευνα προέκυψαν αλλαγές στο IIBCM που αφορούσαν κυρίως στα σχήματα και τελικά προέκυψε ένα δεύτερο Δ.Ε.IBCM (εικ. 1-2).

Εικόνα 1: Σχήμα από το πρωτότυπο



Εικόνα 2: Το σχήμα όπως προέκυψε μετά τη μετεγραφή



Παράλληλα ταξινομήθηκαν οι 28 ερωτήσεις με βάση την ταξινόμηση Halloun (2006) σε έξη θεματικές:

1. Νόμος Αδράνειας (1ος Νόμος του Νεύτωνα)
2. Αλληλεπίδραση και Δύναμη
3. Νόμος Αλληλεπίδρασης (3ος Νόμος Νεύτωνα)
4. Νόμος της Αιτίας και του Αποτελέσματος (2ος Νόμος Νεύτωνα)
5. Νόμος της Σύνθεσης (4ος Νόμος του Νεύτωνα) / Αρχή της Υπέρθεσης
6. Κατάσταση νόμων

Τα αποτελέσματα ταξινομήθηκαν με βάση τις θεματικές του εργαλείου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι από την έρευνα προέκυψε ότι οι περισσότερες εναλλακτικές ιδέες εμφανίστηκαν στις ερωτήσεις που αφορούν στον Νόμο της Αδράνειας και στην Κατάσταση Νόμων.
Ο παρακάτω πίνακας περιγράφει συνοπτικά τη συχνότητα εμφάνισης των εναλλακτικών ιδεών των φοιτητών με αναπηρία όρασης:

Πίνακας 1: Εναλλακτικές Ιδέες Συμμετεχόντων για Κινηματική και Νευτώνεια Δυναμική

Εναλλακτικές Ιδέες Συμμετεχόντων	**Συχνότητα Καταγραφής**
Στην κατάσταση αδράνειας ένα σώμα έχει μεταβαλλόμενη ταχύτητα	5
Υπάρχει αλληλεπίδραση όταν ένα σώμα βρίσκεται σε κατάσταση αδράνειας	6
Η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας	26
Η κίνηση προϋποθέτει δύναμη προς την κατεύθυνση της	30

Τα σώματα εμπεριέχουν εσωτερική δύναμη η οποία τα κινεί χωρίς να απαιτείται η αλληλεπίδρασή τους με κάποιον παράγοντα	16
Όταν σε ένα σώμα ασκούνται πολλές δυνάμεις η κίνηση είναι προς τη μεγαλύτερη δύναμη	24
Όταν ελαττώνεται η ταχύτητα ελαττώνεται και η δύναμη	5
Μόνο τα μεγάλα σώματα ασκούν δυνάμεις στα μικρά όταν είναι σε επαφή	2
Τα μεγαλύτερα σώματα ασκούν μεγαλύτερες δυνάμεις στα μικρότερα όταν είναι σε επαφή	11
Απαραίτητη προϋπόθεση της κίνησης είναι η δύναμη όπου και καθορίζει την τροχιά της	9
Η ταχύτητα είναι ανάλογη της δύναμης και αντίστροφα ανάλογη της μάζας (τα βαρύτερα κινούνται πιο αργά),	9
Η ταχύτητα ενός ομαλά επιταχυνόμενου σώματος εξαρτάται από την απόσταση	2
Τα ακίνητα σώματα δεν έχουν επιτάχυνση	5
Για δεδομένη επιτάχυνση η διάρκεια της κίνησης εξαρτάται από τη μάζα του σώματος (τα βαρύτερα πέφτουν πιο γρήγορα)	6
Για δοσμένη επιτάχυνση η αλλαγή της ταχύτητας εξαρτάται από τη μάζα του σώματος (τα βαρύτερα πέφτουν με μεγαλύτερη ταχύτητα)	7
Όταν δύο σώματα είναι στην ίδια θέση κάποια στιγμή θα έχουν και την ίδια ταχύτητα	5
Όταν δύο σώματα έχουν διαφορετικές ταχύτητες τότε οπωσδήποτε θα έχουν και διαφορετικές επιταχύνσεις	6
Η κινηματική κατάσταση ενός σώματος από μια στιγμή και μετά εξαρτάται από την προηγούμενη κίνησή του	8

4. Συμπεράσματα

Από την έρευνα διαπιστώθηκε ότι οι φοιτητές με ΑΟ παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατανόηση των εννοιών της φυσικής που αφορούν στους νόμους του Νεύτωνα, κινηματική και δυναμική όπως ακριβώς και οι φοιτητές χωρίς ΑΟ κάτι που τεκμηριώνεται και από τις έρευνες των Καράογλου και συν. (2011) και των Στύλου και συν. (2007). Μπορούμε επομένως να υποθέσουμε πως η αναπηρία όρασης δεν φαίνεται να επηρεάζει στην κατανόηση εννοιών της φυσικής και συγκεκριμένα της κινηματικής-δυναμικής. Η υπόθεσή μας όμως αυτή χρήζει περαιτέρω διερεύνησης και ερευνητικού ελέγχου. Από την έρευνα διαπιστώθηκε ακόμα ότι οι εναλλακτικές ιδέες που αφορούν στην κινηματική - δυναμική με τη μεγαλύτερη συχνότητα αφορούσαν κίνηση και κατεύθυνση. Υποστηρίζεται ότι όλα τα παραπάνω μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο υλικό για το σχεδιασμό κατάλληλων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στοχεύοντας από τη μια στην ορθή κατανόηση των φοιτητών με ΑΟ απέναντι σε βασικές έννοιες της Μηχανικής και από την άλλη στην ενίσχυση μιας αποτελεσματικής συνεκπαίδευσης.

5. Βιβλιογραφία

Αργυρόπουλος, Β. (2011). Η εκπαίδευση παιδιών με σοβαρά προβλήματα όρασης, ερευνητική και πρακτική προσέγγιση στο χώρο της διδασκαλίας. Στο Σ. Παντελιάδου &Β. Αργυρόπουλος (Επιμ.), *Ειδική Αγωγή: Από την έρευνα στη διδακτική πράξη* (σελ. 29-81). Αθήνα: Εκδόσεις Πεδίο.

Γεωργόπουλος, Κ., Μπέλλου, Ι., Κώτσης, Κ.,& Μικρόπουλος, Τ. Α. (2010). Αναπαραστάσεις φυσικών μεγεθών και αντίστοιχα κινηματικά φαινόμενα. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση, 3(2), 69-84. Στο http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete (7/7/2017).

Καράογλου, Γ., Κώτσης, Κ. & Ρίζος, Ι. (2011). Συγκριτική μελέτη αντιλήψεων μαθητών Α΄ Λυκείου και πρωτοετών φοιτητών Τμημάτων φυσικής και Π.Τ.Δ.Ε. στους νόμους του Νεύτωνα, στο «Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες», Παπαγεωργίου, Γ. & Κουντουριώτης, Γ. (επ), Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Αλεξανδρούπολη, 467-474.

Καράογλου, Γ., Κώτσης, Κ. & Ρίζος, Ι. (2010). Μελέτη των εναλλακτικών ιδεών στην έννοια της κίνησης, σε μαθητές της Α΄ Λυκείου, με τη χρήση του Ι.Β.C.M. Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στη Εκπαίδευση, 3(2), 85-95.

Κοζιώρη, Α., Αργυρόπουλος, Β., (2015). Μια κριτική ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας στη διδασκαλία και μάθηση θεμάτων των φυσικών επιστημών σε άτομα, που παρουσιάζουν προβλήματα όρασης, προβλήματα ακοής και σε άτομα που βρίσκονται στο φάσμα του αυτισμού. Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη, 77-86.

Κώτσης, Κ. & Στύλος, Γ. (2007). Γνώσεις σε βασικές έννοιες της Φυσικής των αποφοίτων Λυκείου, οι οποίοι εισέρχονται στο Πανεπιστήμιο. Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 20, 91-109 στο https://ptde.uoi.gr/ptde_files/epetirida/Vol20_2007.pdf (12/11/2016).

Κώτσης, Κ. (2003), Αντιλήψεις Φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για τον λόγο ύπαρξης των δυνάμεων του βάρους, της τριβής, της άνωσης των υγρών και της αντίστασης του αέρα, *Πρακτικά 1ου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα σ. 700-706.

Κώτσης, Κ. (2002). Κοινά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των φοιτητών Π.Τ.Δ.Ε. για τις δυνάμεις του βάρους, της τριβής, της άνωσης των υγρών και της αντίστασης του αέρα, *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 3:2-3, 201-211.

Πετροχείλου, Ε., Μάνεσης, Ε., Ρίζος, Ι. & Κώτσης, Κ. (2007). Εξέλιξη των αντιλήψεων φοιτητών τμήματος Φυσικής σε έννοιες της Νευτώνειας Μηχανικής κατά τα δύο πρώτα έτη των σπουδών τους, *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην εκπαίδευση*, Επιμέλεια: Κατσίκης Α, Κώτσης Κ, Μικρόπουλος Α, Τσαπαρλής Γ, Ιωάννινα, Τεύχος Β, Ιωάννινα, 520-52.

Πετροχείλου, Ε., Ρίζος, Ι. & Κώτσης, Κ., (2006). Αντιλήψεις νεοεισερχομένων φοιτητών του τμήματος Φυσικής αναφορικά με την έννοια της δύναμης, *Πρακτικά του 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΕΔΙΦΕ) με θέμα «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίες μάθησης»*, Βόλος: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 910-913.

Στύλος, Γ., Ευαγγελάκης Γ. & Κώτσης. (2007).Αντιλήψεις πρωτοετών φοιτητών επτά τμημάτων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με έννοιες της Νευτώνειας Μηχανικής, στο Κατσίκης, Α., Κώτσης, Κ., Μικρόπουλος, Α., Τσαπαρλής, Γ. (επιμ), *Πρακτικά 5ου Συνεδρίου Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην εκπαίδευση*, Ιωάννινα, Τεύχος Β, 528-537.

Arons, A.B. (1997). *Teaching Introductory Physics Teaching*, New Yoork:John Wiley & Sons.

Halloun, I. (2006). *Inventories of Basic Conceptions* στο www.Halloun.net (12/06/2016)

Halloun L.A. & Hestenes, (1985). Common-sense concepts about motion*", Am. J. Phys*. 53, 1056-1065.

Hestenes, D. & Wells, M. (1992).A Mechanics Baseline Test. *T he Physics Teacher*, 30(3) 159-166.

Jones, M. G., Taylor, A. R. & Broadwell, B. (2009). Concepts of scale held by students with visual impairment. *Journal of Research in Science Teaching, 46*, 506-519.

Rosenquist M.L. and McDermott, L.C. (1987). "A conceptual approach to teaching kinematics*", Am. J. Phys. 55*, 407-415.

McDermott, L.C. & Shaffer, P.S. (1994). Somers 'Research as a guide for teaching introductory mechanics: An illustration in the context of the Atwood's machine", *Am. J. Phys*. 62, 46-55.

Trowbridge D.E. & McDermott, L.C. (1980). "Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension", *Am. J. Phys. 48*, 1020-1028.

Wild, T. A., Hilson, M. P. & Hobson, S. M. (2013). The conceptual understanding of sound by students with visual impairments. *Journal of Visual Impairment & Blindness, 107*, 107-116.

ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΗΣΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ ΜΑΘΗΤΡΙΩΝ ΣΤ' ΤΑΞΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ ΚΑΙ ΤΙΣ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ

Γεωργία Μπαμπάτσικου, Βάια Μπακάλη, Στέφανος Ασημόπουλος, Τριαντάφυλλος Τριανταφυλλίδης
ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη
Διεθνείς έρευνες έχουν δείξει ότι οι ιδέες μαθητών σχετικά με την οπτική και τις αναλογίες είναι συχνά ασύμβατες επιστημονικά, παρουσιάζοντας «ανθεκτικότητα» στην αλλαγή και μετά από διδασκαλία. Παρουσιάζονται οι ιδέες τεσσάρων μαθητών ηλικίας 12 ετών για έννοιες που σχετίζονται με την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και την ομοιότητα σχημάτων. Σκιαγραφώντας τις πορείες μάθησης από τη συμμετοχή των μαθητών σε μια ακολουθία διεπιστημονικών δραστηριοτήτων βασισμένων στις αρχές της *camera obscura*, αναδεικνύονται οι δυσκολίες που συνάντησαν κατά την ανακατασκευή των αρχικών ιδεών τους.

Abstract
International research has shown that students' ideas about concepts of optics and proportion are often scientifically incompatible and resistant to change with instruction. The alternative ideas of four twelve-year-olds about the rectilinear propagation of light and enlargements following a certain scale factor are presented here. The students participated in a series of interdisciplinary *camera obscura* based activities. The description of students' learning paths highlights the emerging difficulties during the reconstruction of their initial ideas.

1. Εισαγωγή

Η διεπιστημονική προσέγγιση συγγενών κλάδων προτείνεται για διδασκαλία με σκοπό να μην παρουσιάζεται κατακερματισμένη η γνώση στους μαθητές (Dewey 1990). Για την Φυσική η ύπαρξη φωτός προϋποθέτει μια πηγή φωτός και η διάδοσή του σε ομογενές μέσο είναι ευθύγραμμη. Για τις έννοιες της πηγής φωτός και της ευθύγραμμης διάδοσής του, παρά την πρόσκαιρη αποδοχή των επιστημονικών ιδεών από τους μαθητές και τις μαθήτριες κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, υπάρχει επιστροφή σε προηγούμενες ανθεκτικές στην αλλαγή ιδέες (Fetherstonhaugh & Happs 1988). Για τα Μαθηματικά η μεγέθυνση και η σμίκρυνση δισδιάστατων σχημάτων αποτελούν τον δυσκολότερο τύπο προβλημάτων λόγων και αναλογιών, καθώς οι μαθητές και οι μαθήτριες δυσκολεύονται να αντιληφθούν την πολλαπλασιαστική σύγκριση που υπάρχει (Lamon 1993). Οι συγκεκριμένες έννοιες περιλαμβάνονται στο ΔΕΠΠΣ και τα ΑΠΣ των δύο σχολικών αντικειμένων.
Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, η επιστημονική αντίληψη για το πώς γίνεται ορατό ένα αντικείμενο είναι δύσκολο να προσεγγιστεί από τους μαθητές και τις μαθήτριες, από τα μικρότερα ηλικιακά επίπεδα έως και την τριτοβάθμια εκπαίδευση (Blizak et al 2009). Στις συνήθεις ασύμβατες επιστημονικά ιδέες μαθητών και μαθητριών για τη φωτεινή πηγή σημαντική είναι αυτή που αφορά στην τοποθέτηση της φωτεινής πηγής σε ουδέτερη ή μακρινή θέση μέσα στο χώρο. Συχνά οι μαθητές και οι μαθήτριες διατείνονται ότι το φως είναι πανταχού παρόν και

δεν προέρχεται από συγκεκριμένη φωτεινή πηγή, ότι «κάτι» μεταφέρεται από το μάτι προς το αντικείμενο και εν τέλει το δεύτερο γίνεται ορατό ή ότι το φως είναι μια ξεχωριστή οντότητα μεταξύ της πηγής και των αποτελεσμάτων της. Στην περίπτωση που το μάτι έχει ενεργό ρόλο, απεικονίζουν τη διεύθυνση με μια γραμμή από το μάτι προς το αντικείμενο, με ή χωρίς βέλος φοράς (Selley 1996, Χαλκιά 2012). Ως εναλλακτική διδακτική προσέγγιση για την οπτική, σε σχέση με την τυπική διδασκαλία, προτείνεται η αλληλεπίδραση μαθητή με μαθητή, τόσο για την ανάδειξη των ιδεών τους όσο και για τη δυνατότητα τροποποίησής αυτών, λόγω των γνωστικών συγκρούσεων που θα προκύψουν από τις ιδέες και τις εμπειρίες τους (Fetherstonhaugh et al 1987, Fetherstonhaugh 1990).

Στο χώρο των Μαθηματικών, η αναλογική συλλογιστική έχει θεωρηθεί ορόσημο, ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Οι μαθητές και οι μαθήτριες αυτής της βαθμίδας δυσκολεύονται να αναγνωρίσουν την πολλαπλασιαστική φύση των προβλημάτων που σχετίζονται με μεγέθυνση και σμίκρυνση σχημάτων, σε αντίθεση με άλλου τύπου προβλήματα λόγων-αναλογιών, όπως τα προβλήματα μείξεων, όπου εντοπίζουν πιο εύκολα την πολλαπλασιαστική σχέση. Η συνήθης στρατηγική επίλυσης προβλημάτων λόγων-αναλογιών που χρησιμοποιούν είναι η οπτική ή προσθετική σκέψη, δηλαδή αυξάνουν ή μειώνουν τα μήκη των ευθύγραμμων τμημάτων. Η στρατηγική αυτή εντάσσεται στα κατώτερα επίπεδα κατανόησης των λόγων και αναλογιών (Lamon 1993).

Σκοπός αυτής της έρευνας ήταν, μέσω μιας διδακτικής ακολουθίας διεπιστημονικών δραστηριοτήτων, η ανάδειξη των ιδεών των μαθητών και των μαθητριών σχετικά με την οπτική και την ομοιότητα σχημάτων καθώς και η καταγραφή της πορείας αναδόμησης των αρχικών ιδεών τους. Πιο συγκεκριμένα, έγινε προσπάθεια να απαντηθούν δύο ερευνητικά ερωτήματα: α) ποιες είναι οι εννοιολογήσεις των μαθητών ως προς την οπτική (για τη φύση του φωτός, την ευθύγραμμη διάδοση και τη φωτεινή πηγή) και ως προς τις αναλογίες (για τους λόγους σχημάτων, την πολλαπλασιαστική σύγκριση) και β) πώς αλλάζουν οι εννοιολογήσεις αυτές βάσει του συγκεκριμένου υλικού διεπιστημονικής προσέγγισης.

Η διεπιστημονική χρήση μιας οπτικής διάταξης που βασίζεται στις αρχές της camera obscura γίνεται πρώτη φορά αν και μια δραστηριότητα κατασκευής camera obscura προτείνεται στο τετράδιο εργασιών των «Φυσικών» της Στ’ τάξης (σελ. 149-152). Η οπτική διάταξη κατασκευάστηκε με στόχο να λειτουργήσει ως κοινό πεδίο διαπραγμάτευσης εννοιών οπτικής (της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, της φωτεινής πηγής και της φύσης του φωτός) με τις έννοιες των λόγων και αναλογιών δισδιάστατων σχημάτων. Για αυτό το λόγο η φωτεινή πηγή δεν ήταν σημειακή αλλά δισδιάστατο “φωτεινό” γεωμετρικό σχήμα που μέσω μιας τρύπας το ανεστραμμένο είδωλό της σε μία οθόνη γίνονταν αντικείμενο θέασης.

2. Μεθοδολογία / Ερευνητικά ερωτήματα

Η μεθοδολογία της έρευνας δανείζεται στοιχεία από το διδακτικό πείραμα, το οποίο εντάσσεται στην κατηγορία των ερευνών σχεδιασμού. Η έρευνα σχεδιασμού είναι ένα μεθοδολογικό παράδειγμα που έχει αναπτυχθεί μέσω των Επιστημών Αγωγής, οι οποίες ασχολούνται με τις διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης και συνδέονται με άλλα πεδία, όπως η εκπαίδευση στις Θετικές Επιστήμες και η εκπαίδευση στα Μαθηματικά (Molina et al. 2007). Η οπτική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο σύνδεσης των δύο γνωστικών αντικειμένων αποτελούταν από παράλληλα επίπεδα σε σειρά: ενός ορθογώνιου πλέγματος φωτεινών πηγών (led), ενός πετάσματος με κυκλική τρύπα και μίας λευκής οθόνης. Τα τρία αυτά στοιχεία ήταν τοποθετημένα κατακόρυφα σε μία ράγα, με δυνατότητα σχετικής μετακίνησης. Το φως από τα κατ’ επιλογήν αναμμένα led, διερχόμενο από την κυκλική τρύπα του πετάσματος, γινόταν ορατό ως ανεστραμμένο είδωλο στην οθόνη, έχοντας τη μορφή του δισδιάστατου σχήματος που σχημάτιζαν τα led.

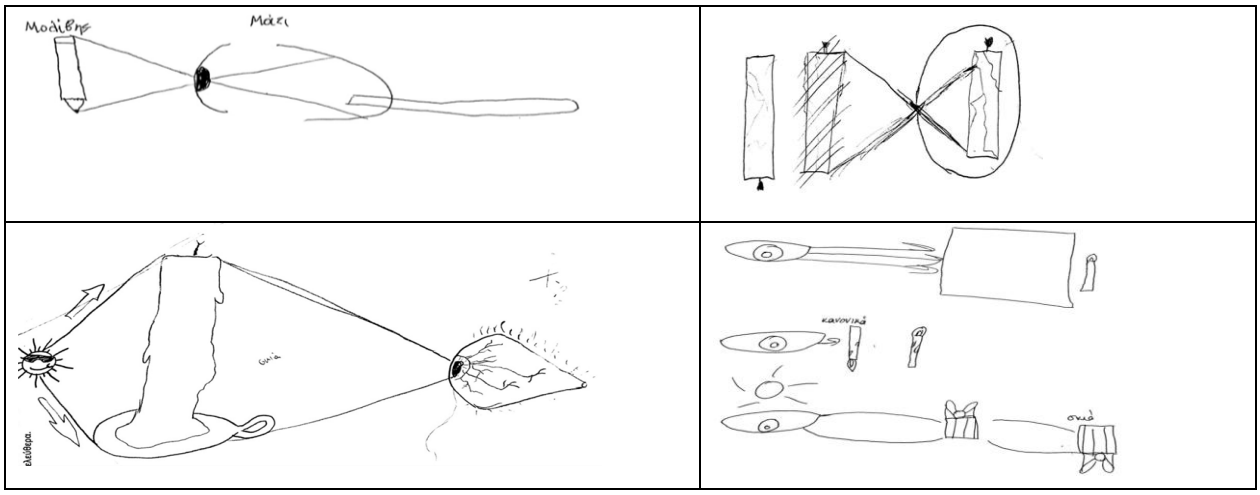
Στην έρευνα συμμετείχαν δύο ομάδες, τεσσάρων μαθητών η καθεμία, ηλικίας δώδεκα ετών, ενός 12/θέσιου δημοτικού σχολείου στο αστικό κέντρο μιας πόλης της Ελλάδας. Στη διάρκεια μιας εβδομαδιαίας παρατήρησης της τάξης από τη ερευνήτρια, με σκοπό την εξοικείωσή της με τους συμμετέχοντες, δεν παρατηρήθηκαν ιδιαίτερες γνωστικές διαφορές μεταξύ τους στις Φυσικές Επιστήμες και στα Μαθηματικά. Η τάξη είχε ήδη διδαχθεί τις υπό διαπραγμάτευση έννοιες των δύο γνωστικών αντικειμένων σύμφωνα με τα Αναλυτικά τους Προγράμματα. Σε κάθε τετράδα τα παιδιά χωρίστηκαν σε ζευγάρια, αφού η συμμετοχή σε μικρές ομάδες ενισχύει τις κοινωνικές διαδικασίες που συμβάλλουν θετικά στη μάθηση (Worlley & Proctor 2004). Πραγματοποιήθηκαν συνολικά επτά συναντήσεις διάρκειας ενός διδακτικού διώρου με τους μαθητές και τις μαθήτριες της κάθε τετράδας. Στην έρευνα συμμετείχαν η πρώτη συγγραφέας ως δασκάλα-ερευνήτρια, όπως απαιτεί το διδακτικό πείραμα, και μία μη συμμετοχική παρατηρήτρια. Τα δεδομένα αφορούσαν στις διατυπωμένες ιδέες των μαθητών και των μαθητριών γραπτού και απομαγνητοφωνημένου προφορικού λόγου. Επιπλέον, στη διαδικασία τριγωνοποίησης συμπεριλήφθηκαν ως δεδομένα οι σημειώσεις της παρατηρήτριας, οι σημειώσεις της ερευνήτριας και τέλος οι σημειώσεις κατά τη διάρκεια των αναστοχαστικών συνεδριών της ερευνήτριας με την παρατηρήτρια, οι οποίες ακολουθούσαν κάθε διδακτική συνεδρία. Οι αναστοχαστικές συνεδρίες εστίαζαν στις δυσκολίες και την πρόοδο των μαθητών και των μαθητριών, αλλά και στην ευστοχία του σχεδιασμού του διδακτικού υλικού που χρησιμοποιήθηκε στην κάθε συνεδρία. Οι μαγνητοφωνήσεις των διδακτικών συνεδριών αφορούσαν τόσο στην ολομέλεια όσο και κάθε ζευγάρι ξεχωριστά. Η προσέγγιση ποιοτικής ανάλυσης των δεδομένων ήταν αυτή της ερμηνευτικής φαινομενολογικής ανάλυσης, επιχειρώντας την ανάδειξη του νοήματος που προσδίδει ο κάθε μαθητής και μαθήτρια στις υπό διαπραγμάτευση έννοιες και αντικείμενα (Τσιώλης 2015). Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων αφορά μέρος από τη σειρά των επτά διδακτικών επεισοδίων για τη μία από τις δύο ομάδες.

3. Αποτελέσματα

Α) Διαγνωστική αξιολόγηση:

Η πρώτη συνάντηση με τους συμμετέχοντες είχε σκοπό την διαγνωστική αξιολόγηση σχετικά με τον τρόπο που γίνονται ορατά τα αντικείμενα. Στην Εικόνα 1, παρουσιάζονται τα έργα των τριών μαθητών και της μιας μαθήτριας.

Εικόνα 1: Σχέδια των μαθητών για τον τρόπο με τον οποίο γίνεται ορατό ένα αντικείμενο (διαγνωστική αξιολόγηση)



Είναι εμφανές ότι το μάτι διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαδικασία. Στα δύο πρώτα σχέδια, του Γιώργου και του Κώστα, η εστίαση αφορά στο ανεστραμμένο είδωλο, που προκύπτει από την εσωτερική δομή του ματιού. Τα αντικείμενα που χρησιμοποιούν (μολύβι, κερί) είναι τα «τυπικά» των αναπαραστάσεων που αφορούν την όραση. Οι γραμμές από τα άκρα των αντικειμένων δεν έχουν διεύθυνση με βέλος, ούτε δηλώνουν τι αφορούν. Επίσης, από τα δύο πρώτα σχέδια απουσιάζει η πηγή φωτός, καθώς ακόμη και το κερί δεν είναι αυτόφωτο αντικείμενο, αφού είναι σχεδιασμένο χωρίς φλόγα. Στο τρίτο σχέδιο, του Βασίλη, υπάρχει ο ήλιος από τον οποίο ξεκινούν δύο ακτίνες προς τα άκρα του σβησμένου κεριού και, σύμφωνα με την επεξήγηση του μαθητή, φτάνει στο μάτι η σκιά του αντικειμένου. Στο τελευταίο σχέδιο, της Ελένης, έχει ζωγραφίσει ένα μάτι από το οποίο ξεκινούν ακτίνες ευθύγραμμες προς μία επιφάνεια, πίσω από την οποία υπάρχει ένα κερί. Απουσιάζει η πηγή φωτός και ενώ χρησιμοποιεί ως αντικείμενο θέασης ένα αυτόφωτο αντικείμενο (κερί αναμμένο), δε φαίνεται να έχει τη θέση της πηγής φωτός. Στο δεύτερο μέρος του σχεδίου της προσπαθεί να απεικονίσει το ανεστραμμένο είδωλο, με απαρχή το μάτι, από όπου ξεκινά μία ακτίνα. Στο τρίτο μέρος του σχεδίου της υπάρχει ο ήλιος, ο οποίος όμως είναι σε ουδέτερη θέση και χωρίς εμφανή ενεργό ρόλο στη διαδικασία. Οι γραμμές που έχει τραβήξει δεν έχουν διεύθυνση, και δεν είναι ξεκάθαρο αν πρόκειται για ακτίνες, σκιά ή κάποια οντότητα. Η Ελένη φαίνεται να έχει συνδέσει το ανεστραμμένο είδωλο με την σκιά του αντικειμένου, την οποία έχει απεικονίσει εμφανώς ανάποδα.

Β) Διδακτικές συνεδρίες - Διαδρομές ανάπτυξης σκέψης των μαθητών για την οπτική:

Γιώργος: Αρχική ιδέα του Γιώργου ήταν ότι «το χαρτί της οθόνης λειτουργεί σαν αμφιβληστροειδής χιτώνας και αυτό κάνει να φαίνεται ανάποδα το σχήμα της φωτεινής πηγής». Αναφερόταν σε ακτίνες οι οποίες πήγαιναν ευθύγραμμα. Ισχυριζόμενος λεκτικά ότι «το φως πηγαίνει προς όλες τις κατευθύνσεις», οι χειρονομίες του έδειχναν σύγκλιση των ακτίνων από τα led στην τρύπα. Την τρύπα την παρομοίασε με συγκλίνοντα φακό. Ήταν σίγουρος ότι πρόκειται για ακτίνες και όχι για σκιά και το δικαιολόγησε ορθά. Την πορεία των ακτίνων την περιέγραψε με απαρχή την φωτεινή πηγή και έπειτα συγκέντρωση-σύγκλισή τους στη τρύπα και απώθησή τους, ακολουθώντας καθεμία ακτίνα τη δική της πορεία. Ο Γιώργος αναφερόταν συνολικά σε τέσσερις ακτίνες. Ως προς το ρόλο του ματιού, αναφέρθηκε σε ακτίνες που ξεκινούν από την πηγή και όχι από τα μάτια μας. Στη συνέχεια, συμφώνησε με την άποψη του Βασίλη ότι «από κάθε led δεν ξεκινά μόνο μία ακτίνα», σημειώνοντας ότι «οι ακτίνες κινούνται ευθύγραμμα και προς όλες τις κατευθύνσεις». Τη συγκέντρωση των ακτίνων και την μετέπειτα διάσπασή τους τη στήριξε στην ιδέα ότι «η τρύπα, αφού λειτουργεί σαν φακός, έχει μέσα κρύσταλλο-γυαλί». Έπειτα, παλινδρόμησε στην αναλογία του ματιού, θεωρώντας ότι η επιφάνεια της οθόνης έχει ρόλο αμφιβληστροειδή χιτώνα, λόγω του υλικού της. Από τις συγκρούσεις των συζητήσεων ο Γιώργος κατέληξε ότι «αφού η τρύπα δεν έχει τίποτα μέσα, οι ακτίνες θα συνεχίζουν την αρχική τους κατεύθυνση». Ξαναχρησιμοποίησε τη λέξη «ευθύγραμμα», αυτή τη φορά ορθά, καθώς εξήγησε το συνεχές της πορείας των ακτίνων και σημείωσε ότι «δεν υπάρχει ούτε διάσπαση ούτε απώθηση».
Κώστας: Η αρχική του ιδέα ήταν ότι «η σκιά ξεκινά από την πηγή, περνά από την τρύπα και καταλήγει ανάποδα στην οθόνη». Έπειτα, συμφώνησε με την σύγκλιση των ακτίνων που ειπώθηκε από τον Γιώργο, αλλά παλινδρόμησε στη σκιά, προσθέτοντας ότι το χρώμα του υλικού της επιφάνειας της τρύπας επηρεάζει την πορεία της σκιάς. Επηρεασμένος από την άποψη του Γιώργου για την πορεία των ακτίνων, αναίρεσε τη θέση του για τη σκιά και συμφώνησε ότι πρόκειται για ακτίνες, οι οποίες «βγαίνουν χιαστί». Ο Κώστας ως προς τον ρόλο των ματιών είπε ότι «δεν ελέγχεται η εικόνα από τα μάτια μας αλλά ότι η πηγή φωτός

παράγει ακτίνες». Για τον Κώστα οι ακτίνες ξεκινούσαν από την πηγή, συγκεντρώνονταν στην τρύπα και διασπόνταν διαγώνια, δηλαδή η ακτίνα από το επάνω δεξιά led αποτυπωνόταν στο κάτω αριστερά σημείο της οθόνης. Σε αυτή τη φάση του διδακτικού πειράματος έχει διατηρήσει την ιδέα περί ανάγκης ύπαρξης φωτεινής πηγής και ακτίνων, ωστόσο αναφέρεται σε μία ακτίνα από κάθε led καθώς και σε συγκέντρωση και διάσπασή τους. Η ιδέα του Κώστα για την τρύπα ήταν ότι είχε κρύσταλλο, σαν τον κρυσταλλικό χιτώνα. Έπειτα, ενώ συμφώνησε λεκτικά με την άποψη του Γιώργου για την συνεχή πορεία των ακτίνων, η εξήγησή του έδειχνε ότι εννοούσε τεθλασμένη πορεία των ακτίνων και όχι ευθύγραμμη, με σημείο αλλαγής την τρύπα.

Βασίλης: Ξεκίνησε με την ιδέα ότι φεύγει ακτίνα από την πηγή και βλέπουμε την σκιά ανάποδα στην οθόνη, ταύτισε δηλαδή την ακτίνα με την σκιά. Χρησιμοποιώντας εναλλάξ τις λέξεις «ακτίνα» και «σκιά», διαφώνησε με την ευθύγραμμη πορεία που ισχυρίστηκε ο Γιώργος και μίλησε για «διαγώνια πορεία». Λόγω των τεσσάρων σημείων που υπήρχαν στην επιφάνεια της οθόνης, ο Βασίλης απέρριψε την σκιά και αποφάσισε ότι πρόκειται για ακτίνες. Την έννοια της σκιάς την ταύτισε με το σκοτάδι και ένα δωμάτιο που δεν φωτίζεται. Επεξεργαζόμενος τη σκέψη του είπε ότι «για να υπάρχει σκιά χρειάζονται ακτίνες, άρα χρειάζεται πηγή φωτός και όχι σκιά». Στη συζήτηση περί του ρόλου του ματιού στη διαδικασία της οπτικής, ο Βασίλης ισχυρίστηκε ότι «κλείνοντας τα μάτια δεν παύει να υπάρχει το αντικείμενο, απλώς δεν έρχεται σήμα στον εγκέφαλο», και κατέληξε ότι οι ακτίνες προέρχονται από την πηγή φωτός. Ο Βασίλης ισχυρίστηκε ότι «υπάρχουν περισσότερες από μία ακτίνες από κάθε led», και ότι «αυτός είναι ο λόγος που βλέπουμε τα led». Σχετικά με την τρύπα, ο Βασίλης διαφώνησε με όλους και είπε ότι «η τρύπα είναι απλώς τρύπα και δεν έχει τίποτα μέσα». Ζήτησε να περάσουμε μια οδοντογλυφίδα για να δούμε αν σταματήσει, και με αυτήν την ενέργεια μετέπεισε τους τρεις συμμαθητές του. Ο Βασίλης ήταν αυτός που σημείωσε το πλήθος των ακτίνων από κάθε led, εξηγώντας ότι «κάποιες μόνο ακτίνες από κάθε led πηγαίνουν προς την τρύπα, περνούν από εκεί χωρίς να υφίστανται κάτι και συνεχίζουν μέχρι την οθόνη».

Ελένη: Η αρχική της ιδέα ήταν σύμφωνη με του Βασίλη, ότι «πρόκειται για σκιά». Ως προς τον ενεργό ή μη ρόλο του ματιού, ισχυρίστηκε ότι «δεν παράγει την εικόνα το σώμα μας, άρα κλείνοντας τα μάτια δεν αλλάζει κάτι». Επηρεασμένη από τη συζήτηση, η θέση της τροποποιήθηκε, μιλώντας πια για «ακτίνες από τα λαμπάκια, που ενώνονται στην τρύπα και διασπώνται», παίρνοντας τη μορφή του αρχικού σχήματος. Στο σημείο αυτό έχει ανατραπεί η ιδέα περί σκιάς και έχει υπογραμμισθεί η ανάγκη ύπαρξης φωτεινής πηγής και ακτίνων που προέρχονται από αυτήν, ωστόσο διατηρείται η έννοια της διάσπασης. Η πορεία των ακτίνων από την Ελένη περιγράφηκε ως ότι «μετά την ένωσή τους στην τρύπα, τα πάνω θα είναι κάτω και τα κάτω επάνω», διαφωνώντας με τις απόψεις των συμμαθητών της περί διαγώνιας και χιαστί πορείας. Έπειτα, υποστήριξε ότι «είναι περισσότερες από μία ακτίνες από κάθε led, γιατί κάποιες γίνονται ορατές και στην επιφάνεια που περιβάλλει την τρύπα». Ωστόσο, αναφέρθηκε σε «μεγάλη μάζα και όγκο ακτίνων γύρω από την τρύπα». Η Ελένη θεώρησε ότι «η τρύπα έχει μέσα λαμπάκια». Αφότου διαπίστωσε ότι η τρύπα δεν αποτελείται από κάτι, αναφέρθηκε και αυτή στο χρώμα της επιφάνειας της τρύπας, και σημείωσε ότι «αν ήταν μαύρο θα φαίνονταν πιο έντονα οι ακτίνες». Από την συζήτηση η Ελένη συμφώνησε τελικά με τον Γιώργο ότι «οι ακτίνες συναντιούνται στο σημείο της τρύπας αλλά δεν επηρεάζουν η μία την άλλη και συνεχίζουν την πορεία τους».

Συνοπτικά, και οι τέσσερις είχαν εξαρχής την ιδέα περί ανεστραμμένου αποτελέσματος στην οθόνη, το οποίο δηλώθηκε με εκφράσεις όπως «ανάποδα», ενώ η αιτιολόγηση αφορούσε στην «επεξεργασία» των ακτίνων από την τρύπα. Αν και χρησιμοποιούσαν την έκφραση «οι ακτίνες πηγαίνουν ευθύγραμμα», εννοούσαν, βάσει των χειρονομιών τους, ότι οι ακτίνες διένυαν τεθλασμένη διαδρομή, σχηματίζοντας γωνία στο σημείο της τρύπας. Η αντίληψη για

τον ενεργό ρόλο της τρύπας ως «συγκλίνοντα φακό» διατυπώθηκε ρητά και από τους τέσσερις, παράλληλα με άλλες εκφράσεις που εστίαζαν στη «σύγκλιση, διάσπαση και απώθηση των ακτίνων» κατά τη διέλευση τους μέσα από την τρύπα. Ο ενεργός ρόλος της τρύπας φάνηκε και από τις αναφορές στη λειτουργία της ως αμφιβληστροειδούς χιτώνα. Ως παράγοντες που επηρεάζουν τον ρόλο της τρύπας και οι μαθητές και η μαθήτρια συνέδεσαν το χρώμα του υλικού της επιφάνειας που την περιέβαλλε, την ποιότητα του υλικού, ενώ ένας θεώρησε ότι η τρύπα αποτελούταν από «κρύσταλλο και λαμπάκια». Σχετικά με τη μεγέθυνση και σμίκρυνση, οι αποστάσεις μεταξύ φωτεινής πηγής-τρύπας και τρύπας-οθόνης αρχικά μπέρδεψαν τους μαθητές, καθώς με την απομάκρυνση της οθόνης κάποιοι ανέφεραν ότι «θα μεγαλώσει» και κάποιοι ότι «θα μικρύνει» το ορθογώνιο παραλληλόγραμμο που σχημάτιζαν οι φωτεινές πηγές. Η διατήρηση, επομένως, των ιδιοτήτων του σχήματος κατά τη μεγέθυνση και σμίκρυνση ήταν αμφίβολη αρχικά. Οι μαθητές εξέφρασαν ότι «από ορθογώνιο παραλληλόγραμμο θα γινόταν τετράγωνο» και ότι «θα άλλαζε το μέγεθος των γωνιών του», βάσει της παραμόρφωσης που πίστευαν ότι θα υπάρξει, ως απόρροια της προσθετικής σκέψης με την οποία προσέγγισαν τα έργα των αναλογιών. Οι συνολικές ιδέες των τεσσάρων μαθητών που αναδείχθηκαν καθ' όλες τις συνεδρίες συνοψίζονται στον Πίνακα 1, όπου αναφέρονται και οι συγκεκριμένες φάσεις του διδακτικού πειράματος.

Πίνακας 1: Οι φάσεις του διδακτικού πειράματος και η πορεία ιδεών των συμμετεχόντων

Φάσεις διδακτικού πειράματος	**Πορεία συνολικών ιδεών των μαθητών**
1η συνάντηση: διαγνωστική αξιολόγηση εννοιών με ατομικές δραστηριότητες	Σύνδεση ρόλου ματιού και εγκεφάλου, εμπλοκή σκιάς που ξεκινά από το μάτι, απουσία πηγής φωτός, ακτίνες από το μάτι. Εναλλαγή προσθετικής και πολλαπλασιαστικής σκέψης
2η συνάντηση: ρόλος ματιού στην οπτική, πηγή φωτός, διατήρηση ή μη ιδιοτήτων σχήματος κατά μεγέθυνση/σμίκρυνση με την μετακίνηση της οθόνης	Ταύτιση σκιάς και ακτίνων, απόρριψη ρόλου ματιού, λειτουργία τρύπας ως αμφιβληστροειδής ή συγκλίνοντας φακός, επικράτηση ακτίνων έναντι σκιάς, προσθετική κυρίως σκέψη για όμοια σχήματα
3η συνάντηση: Ανάδειξη προσθετικής ή πολλαπλασιαστικής σκέψης στη μεγέθυνση/ σμίκρυνση	Σύγκριση προσθετικής και πολλαπλασιαστικής σκέψης, επικράτηση της δεύτερης, λόγοι μεταξύ σχημάτων
4η συνάντηση: Ενίσχυση πολλαπλασιαστικής σκέψης με όμοια σχήματα και λόγους μηκών-πλατών και εστίαση στη φωτεινή πηγή	Πολλαπλασιασμός και διαίρεση για όμοια σχήματα, γενίκευση από τη συγκεκριμένη φωτεινή πηγή σε φωτεινές πηγές του χώρου και σε ετερόφωτα αντικείμενα
5η συνάντηση: Τα όμοια σχήματα ως απόρροια της ευθύγραμμης διάδοσης	Κλάσμα και λόγος όμοιων σχημάτων, υποστήριξη ευθύγραμμης διάδοσης ακτίνων αλλά παλινδρόμηση στο ρόλο της οπής (συν. 2)
6η συνάντηση: Ρόλος τρύπας και οθόνης ως προς τη διάδοση του φωτός, μετασχηματισμοί στο επίπεδο	Τρόπος γραφής λόγων, διατήρηση ιδιοτήτων κατά τους μετασχηματισμούς, αιτιολόγηση ανεστραμμένου αποτελέσματος βάσει της ευθύγραμμης διάδοσης
7η συνάντηση: Τελική αξιολόγηση εννοιών με ατομικές δραστηριότητες	Συμπερίληψη φωτεινής πηγής, απουσία ρόλου ματιού, υποστήριξη ευθύγραμμης διάδοσης για το ανεστραμμένο αποτέλεσμα, διατήρηση ιδιοτήτων κατά τη μεγέθυνση/σμίκρυνση, εμπλοκή έννοιας εμβαδού, λόγοι όμοιων σχημάτων και γραφή

Γ) Τελική αξιολόγηση:

Στην τελική αξιολόγηση ο Γιώργος και ο Κώστας αναφέρθηκαν σε «πολλές ακτίνες, που ξεκινούν από την φωτεινή πηγή, διαδίδονται ευθύγραμμα, και επειδή διαδίδονται ευθύγραμμα όσες περνούν από την τρύπα της επιφάνειας γίνονται ορατές στην οθόνη». Και οι δύο μαθητές, ενώ ρητά μίλησαν για πολλές ακτίνες, στα σχέδιά τους είχαν μία ακτίνα από κάθε

led. Αντίθετα, ο Βασίλης σχεδίασε πολλές ακτίνες από κάθε led, προς διάφορες διευθύνσεις, οι οποίες διαδίδονταν ευθύγραμμα, και όσες από αυτές περνούσαν από την τρύπα κατέληγαν στην οθόνη και αντικατοπτρίζονταν ως «ανεστραμμένο είδωλο». Αντίστοιχα, και η Ελένη βασίστηκε στην ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και οι επεξηγήσεις της έδειχναν ότι δεν εννοεί τεθλασμένη πορεία. Η Ελένη, όπως και οι υπόλοιποι μαθητές εκτός του Βασίλη, σχεδίασε μία ακτίνα από κάθε led, ενώ λεκτικά αναφέρθηκε σε περισσότερες. Το φαινόμενο αυτό βασίζεται στην αρχή της οικονομίας, όπου παραλείπεται ο μεγάλος αριθμός των ακτίνων και απεικονίζονται μερικές, προς το αντικείμενο θέασης (Selley 1996).

4. Συμπεράσματα

Κατά τη διάρκεια της διδακτικής σειράς η αρχή της «ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός» εφαρμοζόταν από τους μαθητές χωρίς συνέχεια, μόνο έξω από την τρύπα, ενώ για την ερμηνεία της αντιστροφής ειδώλου αναδείχθηκαν διάφορες εξελισσόμενες ιδέες για το ρόλο της τελευταίας. Η αντιστροφή του ειδώλου ήταν προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών και της μαθήτριας, βάσει ενός πειράματος που είχαν πραγματοποιήσει με τον δάσκαλο της τάξης. Βασιζόμενοι σε αυτήν τη γνώση προσπαθούσαν να ερμηνεύσουν τον τρόπο με τον οποίο προκύπτει το ανεστραμμένο είδωλο. Η εννοιολόγηση από πλευράς των μαθητών και της μαθήτριας για τον ενεργό ρόλο της τρύπας καθώς και για τη μη ευθύγραμμη διάδοση των ακτίνων επιβεβαιώνει τα ευρήματα των Rice & Feher (1987). Αυτό που η συγκεκριμένη έρευνα προσθέτει είναι ότι οι μαθητές και η μαθήτρια ενέπλεξαν (ως παράγοντες που επηρεάζουν την πορεία του φωτός) το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένη η επιφάνεια της τρύπας, το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένη η επιφάνεια της οθόνης, καθώς και το χρώμα των δύο επιφανειών. Η αλληλεπίδραση μεταξύ των μαθητών και της μαθήτριας αλλά και με τα έργα στα οποία κλήθηκαν να ανταποκριθούν, στήριξαν τη μετάβαση από τον ενεργό στον μη ενεργό ρόλο της τρύπας, συμβάλλοντας στην πληρέστερη εφαρμογή της αρχής της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός, παρόλο που αυτό έχει παρατηρηθεί σε λίγους μόνο μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας (Guesné στο Osborne et al. 1993). Σχετικά με τα σχήματα της φωτεινής πηγής και της οθόνης, οι μαθητές και η μαθήτρια διαπίστωσαν σχετικά εύκολα ότι το μέτρο των γωνιών παραμένει αμετάβλητο κατά τη μεγέθυνση και σμίκρυνση, σε αντίθεση με τη διαγνωστική αξιολόγηση όπου δεν είχαν λάβει υπόψη τη σταθερότητα του μέτρου των γωνιών. Η αναγνώριση των σχημάτων ως ανάλογα επήλθε από τη μετάβαση από την προσθετική στην πολλαπλασιαστική σκέψη, κατά την αναφορά των μαθητών και της μαθήτριας στη μεγέθυνση και τη σμίκρυνση του σχήματος της φωτεινής πηγής. Αντίθετα, δυσκολεύτηκαν να διαπιστώσουν ότι τα μήκη όλων των ευθύγραμμων τμημάτων δύο σχημάτων με αναλογία συνδέονταν σε κάθε περίπτωση με τον ίδιο λόγο. Η έρευνα περιορίστηκε σε λίγα επεισόδια με έλλειψη επαρκούς χρονικού διαστήματος μεταξύ τους. Η άρση αυτών των περιορισμών θα επέτρεπε πιο ενδελεχή ανάλυση των ενδιάμεσων δεδομένων, βελτιώνοντας τις διδακτικές επιλογές της επόμενης συνάντησης. Έτσι θα προέκυπτε μια ισχυρότερη πρόταση διδακτικής ακολουθίας με διαφορετικού, ίσως, τύπου δραστηριότητες ή και διαφορετικής στόχευσης ερωτήσεις. Με την εφαρμογή μιας αντίστοιχης διδακτικής σειράς σε μικρότερης ηλικίας μαθητές, που δεν έχουν προσεγγίσει τις έννοιες βάσει των προγραμμάτων σπουδών, θα μπορούσε να διερευνηθεί αν οι ιδέες τους σχετίζονται με το εκπαιδευτικό υλικό, τις αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία ή και την αλληλεπίδραση μαθητών μεταξύ τους αλλά και με τον εκπαιδευτικό.

5. Βιβλιογραφία

Τσιώλης, Γ., (2015). Ανάλυση ποιοτικών δεδομένων: διλήμματα, δυνατότητες, διαδικασίες. Στο Πυργιωτάκης, Γ. & Θεοφιλίδης Χρ. (επιμ.), *Ερευνητική Μεθοδολογία στις Κοινωνικές Επιστήμες και στην Εκπαίδευση. Συμβολή στην επιστημολογική θεωρία και την ερευνητική πράξη* (σελ. 473-498). Αθήνα: Πεδίο

Χαλκιά, Κρ., (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Blizak, D., Chafiqi, F. & Kendil, D. (2009). Students misconceptions about light in Algeria. In *Education and Training in Optics and Photonics* (p. EMA5). Optical Society of America.

Dewey, J. (1990) *The School and Society*, University of Chicago Press.

Fetherstonhaugh, A. R. (1990). Misconceptions and light: A curriculum approach. *Research in Science Education, 20*(1), 105-113.

Fetherstonhaugh, T. & Happs, J. (1988). Countering fundamental misconceptions about light. *Research in Science Education, 18*(1), 211-219.

Fetherstonhaugh, A., Happs, J. & Treagust, D. (1987). Student misconceptions about light: a comparative study of prevalent views found in Western Australia, France New Zealand, Sweden and the United States. *Research in Science Education, 17*(1), 156-164.

Lamon, S. J. (1993). Ratio and proportion: Connecting content and children's thinking. *Journal for research in mathematics education*, 41-61.

Molina, M., Castro, E. & Castro, E. (2007). Teaching experiments within design research. *The International Journal of Interdisciplinary Social Sciences, 2*(4), 435-440.

Osborne, J. F., Black, P., Meadows, J. & Smith, M. (1993). Young children's (7- 11) ideas about light and their development. *International Journal of Science Education, 15*(1), 83-93.

Rice, K. & Feher, E. (1987). Pinholes and images: Children's conceptions of light and vision. I. *Science Education, 71*(4), 629-639.

Selley, N. J. (1996). Children's ideas on light and vision. *International Journal of Science Education, 18*(6), 713-723.

Worlley, A. & Proctor, R. M. (2005). A teaching experiment to foster the conceptual understanding of multiplication based on children's literature to facilitate dialogic learning.In *Proceedings of the AARE Conference 2004: Positioning Education and Research*. Australian Association for Research in *Proceedings of the AARE Conference 2004: Positioning Education and Research*. Australian Association for Research in Education.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΟΥ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΚΥΤΤΑΡΩΝ

Παναγιώτης Αλεξόπουλος[1], Ντία Γαλανοπούλου[1], Άννα Κουκά[2], Ευαγγελία Μαυρικάκη[3]

[1]ΔιΧηΝΕΤ, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[2]ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[3]Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη
Η διδασκαλία της Γενετικής, αναπόσπαστο τμήμα της διδασκαλίας της Βιολογίας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, παρουσιάζει δυσκολίες που οφείλονται τόσο στις προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών, όσο και σε εναλλακτικές ιδέες που εμφανίζονται στη διάρκεια της διδασκαλίας. Στην παρούσα εργασία μελετώνται, σε δείγμα 760 μαθητών της Γ' Γυμνασίου, οι εναλλακτικές ιδέες που αυτοί εμφανίζουν στο θέμα της διαφοροποίησης των κυττάρων. Με συνδυασμό ερωτήσεων κλειστού τύπου και ερώτησης αιτιολόγησης διαπιστώθηκε ότι, ενώ οι μαθητές κατανοούν σε ποσοστό 70% ότι τα διαφορετικά κύτταρα ενός ανθρώπου έχουν την ίδια γενετική πληροφορία, δεν κατανοούν ότι η έκφραση της γενετικής πληροφορίας (πρωτεΐνες) διαφέρει στα διαφορετικά κύτταρα με αποτέλεσμα την εμφάνιση εξειδικευμένων κυτταρικών χαρακτηριστικών.

Abstract
A study, concerning the understanding of the flow of genetic information, was conducted on a sample of 760 students of the third class of Middle School. Here, we present students' answers to a group of three close-ended questions followed by an open-ended justification question on cell differentiation. Although 70% of the students understand that all somatic cells possess the same genetic information, they cannot attribute the different structure and function of cells to the differential expression of this information to proteins, which are responsible for the specialized cellular characteristics.

1. Εισαγωγή

Σκοπός της διδασκαλίας της Βιολογίας (ειδικά στο Γυμνάσιο, με το οποίο κλείνει στην Ελλάδα ο κύκλος της υποχρεωτικής εκπαίδευσης) είναι να εξασφαλίσει στο μαθητή ένα σύνολο γνώσεων και δεξιοτήτων που θα του παρέχουν τη δυνατότητα τόσο να κατανοεί αυτά που συμβαίνουν στον οργανισμό του και στο περιβάλλον του, όσο και στο να αξιολογεί δεδομένα και να κάνει -ως πολίτης- συνειδητές επιλογές για θέματα της καθημερινής ζωής που αφορούν τον ίδιο αλλά και το κοινωνικό σύνολο στο οποίο ανήκει. Τα κεφάλαια με θέμα το γενετικό υλικό αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα της διδασκαλίας της Βιολογίας. Η αποτελεσματική διδασκαλία, ωστόσο, των κεφαλαίων αυτών δεν είναι εύκολο αντικείμενο για μια σειρά από λόγους:
α) Τις ιδέες που έχουν οι μαθητές για τα φυσικά φαινόμενα και τις βιολογικές διαδικασίες πριν καν τα διδαχθούν στο σχολείο. Οι προϋπάρχουσες αυτές αντιλήψεις είναι επίμονες και συχνά διατηρούνται και μετά τη διδασκαλία. Παράδειγμα αποτελεί η έννοια της κληρονομικότητας που,

σύμφωνα με μελέτη των Lewis και Kattmann, οι μαθητές αντιμετωπίζουν ως να πρόκειται για την κληρονόμηση υλικών αγαθών (Lewis & Kattmann 2004).
β) Εναλλακτικές ιδέες εμφανίζονται και ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας (Banet & Ayuso 2000), ίσως γιατί δεν δίνεται σημασία στα πολλαπλά επίπεδα οργάνωσης των βιολογικών δομών: οι μαθητές πρέπει να κινούνται συνεχώς μεταξύ μικρο- και μακρο-σκοπικού επιπέδου (Duncan & Reiser 2007). Να σημειωθεί ότι μερικές εναλλακτικές απόψεις είναι ίδιες με τις ιδέες που είχαν οι επιστήμονες σε παλαιότερες εποχές (Driver et al. 2000).
γ) Αλλά και η ορολογία, συχνά παρεμφερής, προκαλεί σύγχυση στους μαθητές. Είναι πιθανό η ερμηνεία που ο μαθητής δίνει στις λέξεις να μην είναι εκείνη που εννοεί ο δάσκαλος ή ο συγγραφέας του σχολικού βιβλίου.
δ) Τέλος, έχει αναφερθεί ότι οι έννοιες της Γενετικής ενδιαφέρουν τους μαθητές μόνο αν αφορούν την ανθρώπινη κληρονομικότητα και όχι αν τα παραδείγματα αφορούν ζώα ή φυτά (Αθανασίου 2009, Ζόγκζα 2009).
Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος ευρύτερης έρευνας που μελετά τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της Γ' Γυμνασίου και εστιάζει στην κατανόηση από τους μαθητές της ύπαρξης διαφορετικών κυττάρων στον ίδιο οργανισμό, δηλαδή κυττάρων με το ίδιο γενετικό υλικό που όμως έχουν διαφορετικά δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά καθώς σε αυτά συντίθενται διαφορετικά σετ πρωτεϊνών. Υπάρχουν ήδη μελέτες που υποδεικνύουν ότι η διαφοροποίηση των κυττάρων είναι, παρά τη σημασία της, ένα από τα δύσκολα θέματα κατά η διδασκαλία της Βιολογίας (Lewis et al. 2000, Wood-Robinson et al. 2000).

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά ερωτήματα

Με βασικό άξονα το Εγχειρίδιο Βιολογίας του Μαθητή της Γ' Γυμνασίου (Ενότητα 5.1. «Το γενετικό υλικό οργανώνεται σε χρωμοσώματα» και Ενότητα 5.2. «Η ροή της γενετικής πληροφορίας: Η δομή των νουκλεϊκών οξέων-Αποθήκευση της γενετικής πληροφορίας. Αντιγραφή του DNA-Διατήρηση και μεταβίβαση της γενετικής πληροφορίας. Μεταγραφή, μετάφραση-έκφραση της γενετικής πληροφορίας») (Μαυρικάκη κ.ά. 2008α), αλλά και τους στόχους που τίθενται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα, κατασκευάστηκε ερωτηματολόγιο για τη μελέτη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών του Γυμνασίου στο θέμα της ροής της γενετικής πληροφορίας. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε 22 ερωτήσεις κλειστού τύπου (σωστού-λάθους, πολλαπλής επιλογής, συμπλήρωσης κενού και διάταξης) και μια μόνο ανοικτού τύπου (αιτιολόγησης). Περιελάμβανε επίσης δημογραφικές ερωτήσεις (φύλο, επιρροή της οικογένειας, αυτοχαρακτηρισμό της απόδοσης) που έδωσαν ενδιαφέροντα συμπληρωματικά στοιχεία στην έρευνα. Το ερωτηματολόγιο, στην πρώτη του μορφή, δόθηκε δοκιμαστικά σε 40 μαθητές της Γ' Γυμνασίου και, μετά τις απαραίτητες τροποποιήσεις, διανεμήθηκε σε πάνω από 760 μαθητές, σε 12 σχολικές μονάδες, στην πλειοψηφία τους σχολεία της Αττικής.
Στην παρούσα μελέτη θα εκτεθεί μέρος των αποτελεσμάτων της ερευνητικής αυτής προσπάθειας και συγκεκριμένα οι απαντήσεις των μαθητών σε τρεις κλειστές ερωτήσεις τύπου «σωστό-λάθος-δεν γνωρίζω» σχετικές με τη διαφοροποίηση των κυττάρων, τις οποίες απαντήσεις κλήθηκαν να αιτιολογήσουν με μια ερώτηση ανοικτού τύπου (Σχήμα 1). Ο συνδυασμός των δυο τύπων ερωτήσεων δίνει τη δυνατότητα ανίχνευσης των αυθορμήτων αιτιολογήσεων που έδωσαν οι μαθητές. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που συλλέξαμε έγινε με το πρόγραμμα © IBM SPSS 21.

Σχήμα 1: Το εργαλείο συλλογής των δεδομένων των σχετικών με τις παρανοήσεις των μαθητών για την κυτταρική διαφοροποίηση

20. Στην εικόνα βλέπετε δυο διαφορετικούς τύπους κυττάρων ανθρώπου.

Α. Αν είχατε δυο κύτταρα συκωτιού από τον ίδιο άνθρωπο, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:
ίδια ☐ διαφορετική ☐ δε γνωρίζω ☐

Β. Αν είχατε ένα κύτταρο συκωτιού και ένα νευρικό κύτταρο από τον ίδιο άνθρωπο, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:
ίδια ☐ διαφορετική ☐ δε γνωρίζω ☐

Γ. Αν είχατε δυο κύτταρα συκωτιού από δυο διαφορετικούς ανθρώπους, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:
ίδια ☐ διαφορετική ☐ δε γνωρίζω ☐

Αιτιολογήστε τις απαντήσεις σας. ……...……..
…….

3. Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι τρεις ερωτήσεις κλειστού τύπου του εργαλείου συλλογής των δεδομένων παράλληλα με τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών σε αυτές.

Πίνακας 1: % ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις κλειστού τύπου (με έντονη γραφή οι σωστές απαντήσεις)

Ερώτηση 20	**Ίδια**	**Διαφορετική**	**Δε γνωρίζω**	**Απούσες τιμές**
Α. Αν είχατε δυο κύτταρα συκωτιού από τον ίδιο άνθρωπο, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:	**73,6**	16,8	8,5	1,0
Β. Αν είχατε ένα κύτταρο συκωτιού και ένα νευρικό κύτταρο από τον ίδιο άνθρωπο, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:	**39,0**	47,0	12,2	1,8
Γ. Αν είχατε δυο κύτταρα συκωτιού από δυο διαφορετικούς ανθρώπους, η γενετική πληροφορία σε αυτά θα ήταν:	10,4	**74,9**	13,0	1,7

Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1, στην πρώτη ερώτηση κλειστού τύπου οι μαθητές απαντούν σωστά σε ποσοστό 73,6%, μικρό σχετικά ποσοστό (16,8%) απαντά λανθασμένα, ενώ το 8,5% δηλώνει πως δε γνωρίζει την απάντηση.

Στη δεύτερη ερώτηση, σημαντικά μικρότερο ποσοστό (39%) των μαθητών απαντά σωστά, η πλειοψηφία (47%) απαντά λανθασμένα και το ποσοστό όσων καταφεύγουν στην επιλογή «δε γνωρίζω» αυξάνεται σε 12,2%. Φαίνεται, λοιπόν, να επικρατεί ανάμεσα στους μαθητές η άποψη ότι τα κύτταρα διαθέτουν μόνο την πληροφορία που απαιτεί η λειτουργία τους.
Τέλος, στην τρίτη ερώτηση, το ποσοστό των σωστών απαντήσεων ανεβαίνει και πάλι στο 74,9% (λανθασμένα απαντά το 10,4%, ενώ διατηρείται υψηλό το ποσοστό των μαθητών που επέλεξαν την επιλογή «δε γνωρίζω»). Πάντως, σε συνδυασμό και με τις απαντήσεις στην δεύτερη ερώτηση, οι μαθητές φαίνεται να κατανοούν ότι η γενετική πληροφορία διαφέρει από άνθρωπο σε άνθρωπο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, από τους 762 μαθητές που ερωτήθηκαν, απάντησαν σωστά και στις τρεις ερωτήσεις μόνο οι 213, δηλαδή ποσοστό 28%.
Συνολικά, αυτό που φαίνεται να μην κατανοούν οι μαθητές είναι ότι, όχι η ίδια η γενετική πληροφορία, αλλά η έκφραση της είναι που διαφέρει στα διαφορετικά κύτταρα του ίδιου ανθρώπου: όλα τα κύτταρα διαθέτουν το ίδιο γενετικό υλικό, δεν εκφράζονται όμως σε όλα τα κύτταρα, την ίδια χρονική στιγμή, τα ίδια γονίδια. Ανιχνεύεται, λοιπόν, και στους Έλληνες μαθητές η παρανόηση που έχουν ήδη ανιχνεύσει προηγούμενες μελέτες σύμφωνα με τις οποίες οι μαθητές πιστεύουν ότι οι διαφορετικοί τύποι κυττάρων περιέχουν μόνο τη γενετική πληροφορία που χρειάζονται για τη λειτουργία που εκτελούν (Banet & Ayuso 2000, Lewis et al. 2000). Αξίζει να σημειωθεί ότι το βιβλίο του Καθηγητή προτείνει στους διδάσκοντες των συγκεκριμένων ενοτήτων «ενδεικτικές διδακτικές ενέργειες» όπως «*να καθοδηγούν τους μαθητές να αναζητήσουν μέσα στο κύτταρο και να αναφέρουν τις χημικές ουσίες (μακρομόρια) που ευθύνονται για τα χαρακτηριστικά τους (κι αν κάποιοι μαθητές αναφερθούν στο γενετικό υλικό, να αξιοποιούν την απάντηση τους παρακάτω)*» ή «*να εξηγούν ότι οι πρωτεΐνες είναι τα μακρομόρια τα οποία κατεξοχήν σχετίζονται, άμεσα ή έμμεσα, με όλα τα χαρακτηριστικά των κυττάρων*» (Μαυρικάκη κ.ά. 2008β).
Ενδιαφέροντα αποτελέσματα έδωσε και η εν συνεχεία ερώτηση ανοικτού τύπου. Οι περισσότεροι μαθητές έδωσαν συγκεντρωτική ερμηνεία και στις τρεις επιμέρους ερωτήσεις. Ενδεικτικές είναι οι σωστές απαντήσεις: (α) *Η γενετική πληροφορία σε κάθε κύτταρο ενός ανθρώπου είναι ίδια, σε δύο διαφορετικούς διαφορετική (εκτός αν πρόκειται για μονοζυγωτικά δίδυμα)* ή (β) *Τα κύτταρα του ίδιου οργανισμού περιέχουν τις ίδιες πληροφορίες όλα, ανεξαρτήτως του ποιας πληροφορίας εκφράζουν.* (Παρατηρείστε ότι ο όρος «πρωτεΐνη» απουσιάζει από τις απαντήσεις αυτές). Στην πλειοψηφία τους, όμως, οι μαθητές έδωσαν είτε σωστές απαντήσεις με λανθασμένες αιτιολογήσεις, είτε λανθασμένες απαντήσεις που έκρυβαν ενδιαφέρουσες εναλλακτικές απόψεις. Στους Πίνακες 2, 3 και 4 καταγράφονται ενδεικτικά σωστές και λάθος ερμηνείες, που συνόδευαν τις απαντήσεις των μαθητών στις τρεις ερωτήσεις κλειστού τύπου. Είναι ενδιαφέρον ότι συχνά συναντάται η ίδια ερμηνεία να συνοδεύει σωστή και λάθος απάντηση.

Πίνακας 2: Αιτιολογήσεις των απαντήσεων στην ερώτηση 20[A]

Σωστές	• *τα κύτταρα στον ίδιο άνθρωπο από τα ίδια όργανα έχουν τις ίδιες ιδιότητες* • *...αφού εξετάζουμε κύτταρα από τον ίδιο άνθρωπο και στην ίδια περιοχή (περιοχή συκωτιού)* • *...γιατί τα κύτταρα εξυπηρετούν παρόμοιες λειτουργίες και βρίσκονται σε αντίστοιχες λογικά θέσεις* • *...γιατί τα κύτταρα λειτουργούν για τον ίδιο σκοπό*
Λάθος	• *...διότι δε γίνεται να υπάρχει η ίδια γενετική πληροφορίες επειδή υπάρχουν επιλεγμένες πληροφορίες που πάνε στο συκώτι από τον οργανισμό* • *...γιατί αφού δεν αναφέρεται ο χρόνος που κατασκευάστηκε το κάθε κύτταρο θα έχουν διαφορετική ημερομηνία και χαρακτηριστικά γεννήσεως*

Πίνακας 3: Αιτιολογήσεις των απαντήσεων στην ερώτηση 20Β

Σωστές	• *τα κύτταρα έχουν τις ίδιες γενετικές πληροφορίες και ανάλογα με το που βρίσκονται αλλάζουν μορφές* • *...επειδή τα νευρικά κύτταρα λειτουργούν ταυτόχρονα με τα κύτταρα του συκωτιού* • *...γιατί το νευρικό σύστημα είναι μέσα στον οργανισμό στον οποίο είναι και το συκώτι*
Λάθος	• *ανήκουν σε διαφορετικά όργανα άρα φυσιολογικό είναι...* • *τα δύο αυτά κύτταρα έχουν διαφορετικές λειτουργίες και χρησιμοποιούνται για διαφορετικούς σκοπούς...* • *εφόσον έχουν διαφορετικές ιδιότητες και λειτουργίες...* • *εκτελούν διαφορετικές λειτουργίες και βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις...* • *...διαφορετική διότι το καθένα έχει διαφορετικό σχεδιασμό* • *επειδή τα κύτταρα δεν είναι από το ίδιο όργανο του σώματος άρα η διαδικασία της αντιγραφής στο καθένα γίνεται κάπως διαφορετικά*

Πίνακας 4: Αιτιολογήσεις των απαντήσεων στην ερώτηση 20Γ

Σωστές	• *αν βάλουμε δύο κύτταρα συκωτιού διαφορετικών ανθρώπων θα διαπιστώσουμε ότι διαφέρουν π.χ. σε μέγεθος, DNA κυττάρων, χρώμα* • *δεν είχαν ίδιους γονείς ώστε να κληρονομήσουν το αντίστοιχο ίδιο DNA* • *εφόσον είναι διαφορετικός άνθρωπος τα κύτταρά του έχουν διαφορετική δομή* • *είναι διαφορετική γιατί είναι από διαφορετικούς ανθρώπους, αλλά μπορεί να είναι και ίδια γιατί όλοι έχουμε ίδιο συκώτι εκτός αν ο ένας έχει κάποιο πρόβλημα με το συκώτι άρα το κύτταρο μπορεί να αλλάξει* • *γιατί μπορεί ο ένας από τους δυο να έχει μια κληρονομική ασθένεια του συκωτιού*
Λάθος	• *ίδια καθώς παρόλο που είναι από διαφορετικούς ανθρώπους η γενετική πληροφορία είναι για το ίδιο όργανο* • *πιστεύω πως είναι ίδια γιατί έχουν τον ίδιο σκοπό* • *είναι ίδια γιατί έχουν την ίδια λειτουργία, κάνουν το ίδιο πράγμα, ανεξάρτητα από τον άνθρωπο στον οποίο βρίσκονται, άρα θα έχουν ίδιες γενετικές πληροφορίες* • *το DNA είναι ίδιο σε όλα τα άτομα, όμως αλλάζουν τα γονίδια* • *...διότι η διαδικασία της αντιγραφής είναι ίδια ανάμεσα στα ίδια όργανα*

Συμπερασματικά, οι κύριες εναλλακτικές ιδέες που καταγράφονται από τις απαντήσεις των μαθητών στην ανοικτή ερώτηση είναι: **τα διαφορετικά είδη κυττάρων έχουν διαφορετική γενετική πληροφορία γιατί έχουν διαφορετικές λειτουργίες** (και, επίσης, «γιατί βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις»), αλλά και: **η γενετική πληροφορία είναι ίδια σε διαφορετικούς ανθρώπους, αν πρόκειται για το ίδιο όργανο**. Αδυνατούν, λοιπόν, οι μαθητές να αναγνωρίσουν την έκφραση της γενετικής πληροφορίας σε συγκεκριμένες για κάθε κύτταρο πρωτεΐνες ως υπεύθυνη για τα διαφορετικά χαρακτηριστικά των κυττάρων.

Γεγονός είναι ότι η ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης δεν διδάσκεται αυτόνομα στη Γ' Γυμνασίου. Ωστόσο, οι παραπάνω εναλλακτικές ιδέες είναι πιθανόν να οφείλονται και σε παρανοήσεις σε βασικές έννοιες γύρω από τη ροή της γενετικής πληροφορίας. Η μελέτη μας έδειξε ότι:

- Μόνο το 58% των μαθητών γνωρίζει σωστά από τι αποτελείται το DNA
- Μόνο το 67% των μαθητών γνωρίζει σωστά τη σύσταση των πρωτεϊνών
- Μόνο το 56% των μαθητών γνωρίζει ότι η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων στο DNA καθορίζει τη σειρά των αμινοξέων στις πρωτεΐνες (Αλεξόπουλος 2015).

Έδειξε επίσης ότι οι μαθητές δεν διακρίνουν εύκολα γονίδια, χρωμοσώματα και DNA και, παρά τις πολλαπλές αναφορές στο σχολικό βιβλίο σε πρωτεΐνες συνδεδεμένες με συγκεκριμένες λειτουργίες του ανθρώπου, δεν γίνεται σαφής ο καθοριστικός ρόλος των πρωτεϊνών στη διαμόρφωση των κυτταρικών χαρακτηριστικών.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δείχνουν ότι μεγάλο ποσοστό μαθητών της Γ' Γυμνασίου δεν κατανοεί ότι η έκφραση του DNA (η ροή της γενετικής πληροφορίας) ακολουθεί την κατεύθυνση DNA→πρωτεΐνες. Ίσως η «ροή της γενετικής πληροφορίας» να είναι γι' αυτούς απλώς ένας εύηχος όρος. Γι' αυτό και, στην αλληλουχία των εννοιών που πρέπει να διδάσκονται, η ροή της γενετικής πληροφορίας είναι το πρώτο που θα πρέπει να αντιμετωπίζει η διδασκαλία της ενότητας. Η διδασκαλία θα πρέπει να εστιάζεται επίσης στο γεγονός ότι τα μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ενός κυττάρου οφείλονται στις πρωτεΐνες που το συγκεκριμένο κύτταρο διαθέτει, είναι δε σημαντικό να τονίζεται το γεγονός ότι δεν εκφράζεται σε πρωτεΐνες όλο το DNA (γονίδια) των κυττάρων την ίδια χρονική στιγμή και σε όλα τα κύτταρα. Έτσι, όλα τα κύτταρα ενός ανθρώπου έχουν μεν το ίδιο DNA, όχι όμως και τις ίδιες πρωτεΐνες και γι' αυτό όλα τα κύτταρα δεν έχουν τα ίδια μορφολογικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά.
Σαφείς οδηγίες προς αυτές τις κατευθύνσεις, αλλά και η διαρκής επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, που θα βασίζεται στον τρόπο που μαθαίνουν οι μαθητές και στις παρανοήσεις που εμφανίζονται κατά τη διδασκαλία, πιθανόν να αντιμετωπίσει αυτό και άλλα παρόμοια προβλήματα στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

5. Βιβλιογραφία

Αθανασίου, Κ. (2009). Εισαγωγή στις Βιολογικές Επιστήμες και η διδακτική τους. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Αλεξόπουλος, Π. (2015). Η κατανόηση της γενετικής πληροφορίας από τους μαθητές της Γ' Γυμνασίου. *Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης*, ΔιΧηΝΕΤ, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.

Ζόγκζα, Β. (2009). Θέματα Διδακτικής Βιολογίας. Διδασκαλία και μάθηση βιολογικών εννοιών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα.

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. & Καμπούρη, Α. (2008α). Βιολογία Γ' Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. & Καμπούρη, Α. (2008β). Βιολογία Γ' Γυμνασίου - Βιβλίο Εκπαιδευτικού. ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Banet, E. & Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at Secondary School: A strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education, 84,* 313-351.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (2000). Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών - Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών. Εκδόσεις Τυπωθήτω, Αθήνα.

Duncan, R.G. & Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching, 44,* 938-959.
Lewis, J. & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education, 26,* 195-206.
Lewis, J., Leach, L. & Wood-Robinson, C. (2000). What's in a cell?-Young people's understanding of genetic relationship between cells within an individual. *Journal of Biological Education, 34,* 129-132.

Wood-Robinson, C., Lewis, J. & Leach, J. (2000). Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological Education*, *35*, 29-36.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΕΠΟΙΘΗΣΕΙΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΗΜΕΙΑ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΚΑΙ ΛΥΚΕΙΟΥ

Χαρούλα - Ελευθερία Λαμπριανάκη[1], Ευαγγελία Μαυρικάκη[2], Κατερίνα Σάλτα[3]
[1]ΔιΧηΝΕΤ, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[2]ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[3]Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Ηλιούπολης

Περίληψη
Στην παρούσα έρευνα μελετώνται οι επιστημολογικές πεποιθήσεις μαθητών με βάση το θεωρητικό πλαίσιο του μοντέλου των επιστημολογικών θεωριών. Για το σκοπό αυτό, μεταφράστηκε και προσαρμόστηκε στα ελληνικά και στη Χημεία το ερωτηματολόγιο της Conley και χορηγήθηκε σε 257 μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ελαφρά εκλεπτυσμένες επιστημολογικές πεποιθήσεις μαθητών σχετικών με τη Χημεία που επηρεάζονται σημαντικά από την ηλικία, την κλίση και την επίδοσή τους. Επίσης, τα αποτελέσματα προσφέρουν στοιχεία για την προσέγγιση των επιστημολογικών πεποιθήσεων ως ένα σύστημα επιμέρους διαστάσεων, αλληλένδετων μεταξύ τους ως ένα είδος προσωπικής θεωρίας για τη γνώση και το «γνωρίζειν».

Abstract
In the present study, students' epistemological beliefs were investigated based on theoretical framework of the epistemological theories model. For this purpose, Conley's questionnaire was translated and adapted in Greek and in Chemistry and it was distributed to 257 students in Secondary Education. The results revealed mild sophisticated students' epistemological beliefs which are significantly affected by students' age, aptitude, and achievement. Moreover, the results provide indications to approach epistemological beliefs as a system of individual dimensions which are interconnected as a kind of personal theory about knowledge and knowing.

1. Εισαγωγή

Οι «επιστημολογικές πεποιθήσεις» αντανακλούν τις απόψεις του ατόμου σχετικά με το τι είναι η γνώση, πώς αυτή αποκτάται, ποιος είναι ο βαθμός της βεβαιότητάς της καθώς και ποια είναι τα όρια και τα κριτήρια που την καθορίζουν (Briell et al. 2011) και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαδικασία απόκτησης της γνώσης (Buehl & Alexander 2001). Ειδικότερα, πιο εκλεπτυσμένες πεποιθήσεις συνδέονται με καλύτερες επιδόσεις τόσο σε εργαστηριακές ασκήσεις όσο και σε μαθήματα (Green & Hood 2013). Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε πως τις τελευταίες δεκαετίες έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές έρευνες μέτρησης των επιστημολογικών πεποιθήσεων μαθητών διαφόρων ηλικιών καθώς αποτελούν σημαντικό αντικείμενο στην έρευνα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Kampa et. al. 2016). Όσον αφορά στο αντικείμενο της Χημείας, οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί είναι λίγες παρόλο που φαίνεται πως κάποιες από τις επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών δυσκολεύουν τη μάθησή της (Yildiran et. al. 2011). Η επιστημολογία σχετικά με τη Χημεία αφορά στην κατανόηση του πώς δομούνται οι ιδέες και η γνώση στη Χημεία και του

τρόπου που μαθαίνουμε, «γνωρίζειν», σχετικά με τις χημικές έννοιες και διαδικασίες (Chittleborough 2014).
Κύριες θεωρητικές προσεγγίσεις της προσωπικής επιστημολογίας αποτελούν τα αναπτυξιακά και τα πολυδιάστατα μοντέλα. Οι ερευνητές που εντάσσονται στο ρεύμα της αναπτυξιακής προσέγγισης (developmental approach) αντιμετωπίζουν την προσωπική επιστημολογία ως μια αυστηρά συνεκτική δομή (Hofer & Pintrich 1997) η οποία αναπτύσσεται ακολουθώντας διακριτές θέσεις (positions) (Perry, 1970), προοπτικές (perspectives) (Belenky et al. 1986), διακριτούς τρόπους του «γνωρίζειν» (ways of knowing) (Magolda 1992), διακριτά στάδια (stages) (Kitchener & King 1994) και διακριτές θεωρήσεις (views) (Kuhn 1991).

Πίνακας 2: Επιστημολογικά μοντέλα αναπτυξιακής προσέγγισης

Διανοητική και ηθική ανάπτυξη (Perry)	**Γυναικείοι τρόποι του «γνωρίζειν» (Belenky et al.)**	**Επιστημολογικός στοχασμός (Magolda)**	**Στοχαστική Κρίση (King & Kitchener)**	**Επιχειρηματολογικός λογισμός (Kuhn)**
Θέσεις	*Επιστημολογικές προοπτικές*	*Τρόποι του «γνωρίζειν»*	*Στάδια στοχαστικής κρίσης*	*Επιστημολογικές Θεωρήσεις*
Δυϊσμός	Σιωπή Προσλαμβάνουσα γνώση	Απόλυτο «γνωρίζειν»/γνώση	Προ-στοχαστική σκέψη	Απολυτότητα
Πολλαπλότητα	Υποκειμενική γνώση	Μεταβατικό «γνωρίζειν»/γνώση	Ημι-στοχαστική σκέψη	Πολλαπλότητα
Σχετικισμός	Διαδικαστική γνώση • Συνδεδεμένη • Ξεχωριστή	Ανεξάρτητο «γνωρίζειν»/γνώση		Αποτίμηση
Δέσμευση στα πλαίσια του σχετικισμού	Οικοδομούμενη γνώση	Πλαίσιο-εξαρτώμενο «γνωρίζειν»/γνώση	Στοχαστική σκέψη	

Στις αρχές της δεκαετίας του ’90 η Schommer πρότεινε μια πολυδιάστατη προσέγγιση που ενσωματώνει πέντε διαστάσεις ως ένα σύστημα περισσότερο ή λιγότερο ανεξάρτητων πεποιθήσεων (δηλαδή οι πεποιθήσεις μπορούν να αναπτυχθούν ασύγχρονα) (Hofer & Pintrich 1997). Συγκεκριμένα, η πρότασή της αποτελούσε ένα πιο ρευστό μοντέλο πεποιθήσεων που λειτουργούν ανεξάρτητα και όχι ιεραρχικά με ένα σχετικά προβλέψιμο τρόπο. Οι τρεις από τις προτεινόμενες διαστάσεις σχετίζονται με τη γνώση και οι άλλες δύο με την απόκτησή της. Στα τέλη της δεκαετίας του ’90, οι Hofer και Pintrich, οι οποίοι πίστευαν πως ο προσδιορισμός και η περιγραφή των επιστημολογικών πεποιθήσεων αποτελούν θέμα μείζονος σημασίας, παρουσίασαν ένα πλαίσιο στο οποίο οι ιδέες των μαθητών για τη γνώση και το «γνωρίζειν» οργανώνονται σε προσωπικές θεωρίες.
Η παρούσα εργασία περιγράφει έρευνα που στηρίζεται στο *μοντέλο των επιστημολογικών θεωριών* το οποίο περιγράφει τις επιστημολογικές πεποιθήσεις ως πολυδιάστατες, οργανωμένες λογικά και ενσωματωμένες σε προσωπικές θεωρίες από κάθε άτομο. Σε πρώτο επίπεδο οργάνωσης οι πεποιθήσεις αφορούν στη φύση της γνώσης και του «γνωρίζειν». Σε δεύτερο επίπεδο περιλαμβάνουν τις διαστάσεις «βεβαιότητα», «απλότητα» (φύση της

γνώσης), «προέλευση» και «τεκμηρίωση» (φύση του «γνωρίζειν») (Hofer & Pintrich 1997). Το μοντέλο προσαρμόστηκε στην επιστημονική γνώση και η διάσταση απλότητα διατυπώθηκε ως «ανάπτυξη» (Conley et al. 2004), στην οποία ενσωματώνονται πεποιθήσεις για τη γνώση είτε ως απόλυτη αλήθεια (απλοϊκές) είτε ως εξελισσόμενη και υπό συνεχή διερεύνηση (πιο εκλεπτυσμένες). Ως προς τη βεβαιότητα, απλοϊκές πεποιθήσεις αντικατοπτρίζουν πίστη σε μία σωστή απάντηση, ενώ πιο εκλεπτυσμένες δέχονται την ύπαρξη περισσοτέρων της μίας απάντησης. Στη διάσταση προέλευση, απλοϊκές πεποιθήσεις θεωρούν τη γνώση να κατέχεται και να προέρχεται από «αυθεντίες» και στη διάσταση τεκμηρίωση οι πιο εκλεπτυσμένες απόψεις για την αξιολόγηση ισχυρισμών στηρίζονται σε ενδείξεις και αποδείξεις.

2. Μεθοδολογία/ Ερευνητικά ερωτήματα

Στην έρευνα ακολουθήθηκε μια ποσοτική προσέγγιση η οποία οργανώθηκε με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποιες είναι οι επιστημολογικές πεποιθήσεις σχετικές με τη Χημεία μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης;
- Υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις επιστημολογικές πεποιθήσεις ανάλογα με παράγοντες όπως το φύλο των μαθητών, η ηλικία τους, οι κλίσεις τους και η ακαδημαϊκή τους επίδοση;
- Υπάρχει σχέση μεταξύ των τεσσάρων διαστάσεων των επιστημολογικών πεποιθήσεών τους;

Χρησιμοποιήθηκε μετάφραση και προσαρμογή στα ελληνικά και στο αντικείμενο της Χημείας του ερωτηματολογίου των Conley et al. (2004), το οποίο περιέχει 26 προτάσεις πεντάβαθμης κλίμακας τύπου Likert (1: απόλυτη διαφωνία έως 5: απόλυτη συμφωνία) που κατανέμονται σε τέσσερις υποκλίμακες (Πίνακας 2). Το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε 257 μαθητές (106 της Γ' τάξης Γυμνασίου και 151 της Γ' τάξης Λυκείου, 53% αγόρια και 47% κορίτσια) δημοσίων σχολείων της Αττικής. Η συμπλήρωση του διήρκησε περίπου 25 λεπτά.

Πίνακας 2: Παραδείγματα προτάσεων ανά διάσταση επιστημολογικών πεποιθήσεων

Διαστάσεις Conley, Pintrich, Vekiri & Harrison, (2004)	Παράδειγμα προτάσεων	Χαρακτηρισμός πεποιθήσεων	
		Απλοϊκή ή λιγότερο εκλεπτυσμένη	Πιο εκλεπτυσμένη
Προέλευση	Εάν διαβάσεις κάτι σε ένα βιβλίο Χημείας, τότε μπορείς να είσαι σίγουρος/η πως είναι σωστό.	5	1
Βεβαιότητα	Για την κάθε ερώτηση στη Χημεία υπάρχει μία μόνο σωστή απάντηση.	5	1
Ανάπτυξη	Νέες ανακαλύψεις μπορούν να αλλάξουν αυτά που οι χημικοί πιστεύουν πως είναι αλήθεια.	1	5
Τεκμηρίωση	Οι έγκυρες απαντήσεις στηρίζονται σε στοιχεία από πολλά και διαφορετικά πειράματα.	1	5

3. Αποτελέσματα

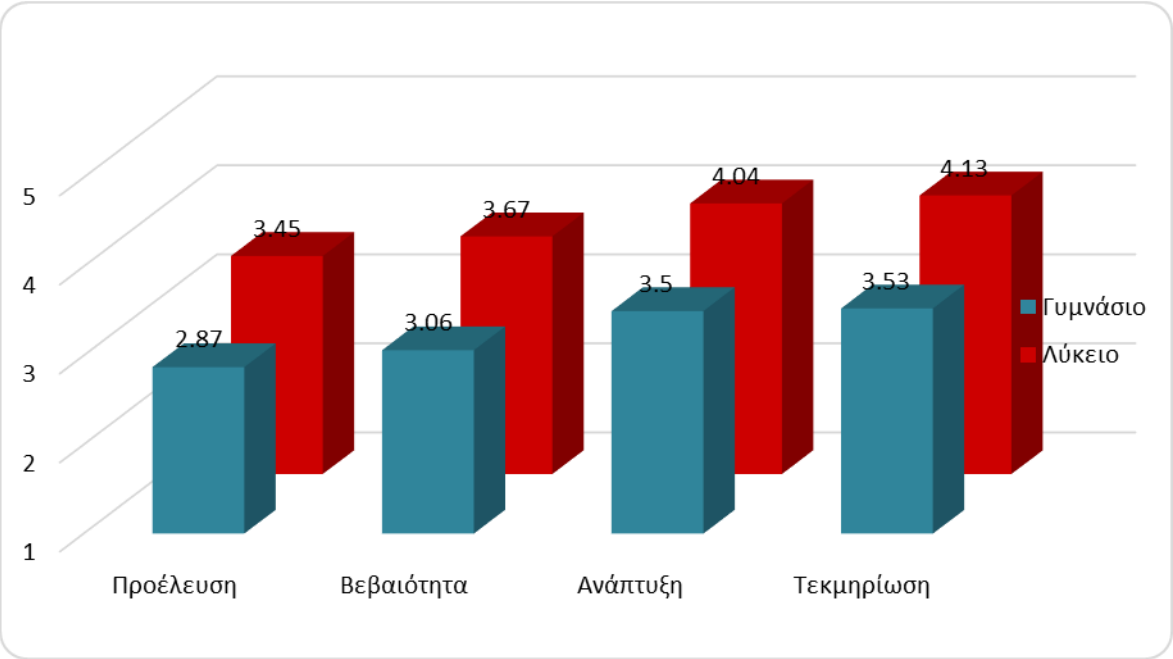
Στατιστικός έλεγχος αξιοπιστίας

Οι απαντήσεις των μαθητών σε κάθε πρόταση βαθμολογήθηκαν από 1 έως 5 και κατόπιν οι βαθμοί στις προτάσεις των διαστάσεων προέλευση και βεβαιότητα αντιστράφηκαν ώστε μεγαλύτερες τιμές να αντιστοιχούν σε πιο εκλεπτυσμένες πεποιθήσεις. Για όλες τις υποκλίμακες του ερωτηματολογίου, οι οποίες αντιστοιχούν σε τέσσερις διαστάσεις των επιστημολογικών πεποιθήσεων ο συντελεστής Cronbach α, που δείχνει την εσωτερική συνέπεια της κλίμακας, παίρνει τιμές μεγαλύτερες από την αποδεκτή τιμή 0,70.

Οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών

Οι τιμές των μέσων όρων (Μ.Ο.) μας επιτρέπουν να διαπιστώσουμε ότι στις διαστάσεις προέλευση (Μ.Ο.=3,21), βεβαιότητα (Μ.Ο.=3,42), ανάπτυξη (Μ.Ο.=3,82) και τεκμηρίωση (Μ.Ο.=3,88) οι μαθητές παρουσιάζουν σχετικά εκλεπτυσμένες πεποιθήσεις. Μέσω του ελέγχου του κριτηρίου *t* για ζευγαρωτά δείγματα (paired samples t-test) προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων όλων των ζευγών διαστάσεων, εκτός από το ζευγάρι ανάπτυξη – τεκμηρίωση. Η επίδραση της κάθε μιας από τις ανεξάρτητες μεταβλητές: ηλικία, φύλο, κλίση και επίδοση των μαθητών εξετάζεται είτε με τη χρήση του ελέγχου *t* δύο ανεξάρτητων δειγμάτων (independent samples t test) για τις μεταβλητές με 2 πληθυσμούς σύγκρισης, είτε με ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (One-way ANOVA) για τις μεταβλητές με περισσότερους από 2 πληθυσμούς.

Σχήμα 1: Γράφημα επιστημολογικών πεποιθήσεων μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου



Η επίδραση της ηλικίας των μαθητών και στις τέσσερις διαστάσεις των επιστημολογικών πεποιθήσεών τους βρέθηκε να είναι στατιστικά σημαντική. Μάλιστα με την αύξηση της ηλικίας οι πεποιθήσεις φαίνεται να είναι πιο εκλεπτυσμένες (Σχήμα 1). Και στις δύο

εκπαιδευτικές βαθμίδες (Γυμνάσιο και Λύκειο), οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών φαίνεται να είναι ανεξάρτητες από το φύλο τους. Στο Λύκειο, δεν βρέθηκε, επίσης, επίδραση της κλίσης και της επίδοσης των μαθητών στις επιστημολογικές πεποιθήσεις τους και για τις τέσσερις διαστάσεις τους. Στο Γυμνάσιο, υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση ανάμεσα στην κλίση και στις διαστάσεις προέλευση, βεβαιότητα και τεκμηρίωση με τους μαθητές που προτιμούν θετικές σπουδές να έχουν πιο εκλεπτυσμένες πεποιθήσεις από αυτούς που προτιμούν θεωρητικές. Ανάλογη ήταν και η επίδραση της επίδοσης των μαθητών Γυμνασίου στις διαστάσεις ανάπτυξη και τεκμηρίωση, με τους υψηλόβαθμους μαθητές να έχουν και πιο εκλεπτυσμένες πεποιθήσεις.

Συσχέτιση μεταξύ επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών

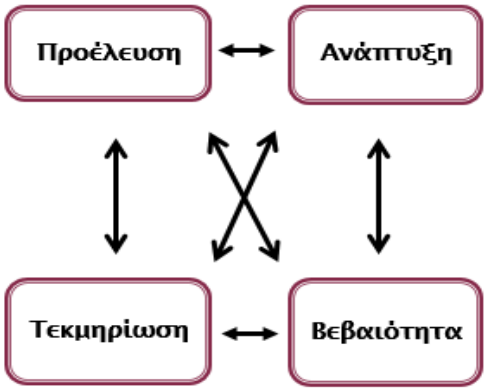
Οι δείκτες συσχέτισης Pearson μεταξύ των διαστάσεων των επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Φαίνεται ότι στο Γυμνάσιο υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα σε όλα τα ζεύγη διαστάσεων που προκύπτουν. Στο Λύκειο η συσχέτιση είναι μικρότερη καθώς εμφανίζεται μόνα στα μισά ζεύγη των διαστάσεων και πιο συγκεκριμένα στα εξής: «προέλευση» - «βεβαιότητα», «βεβαιότητα» - «ανάπτυξη» και «ανάπτυξη» - «τεκμηρίωση». Η διαφορετική αυτή εικόνα στη συσχέτιση των επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο μας δείχνει και το βαθμό συνεκτικότητας της θεωρίας των επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών και αναπαρίσταται στα Σχήματα 2 και 3.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα συσχέτισης μεταξύ των διαστάσεων επιστημολογικών πεποιθήσεων με το συντελεστή Pearson

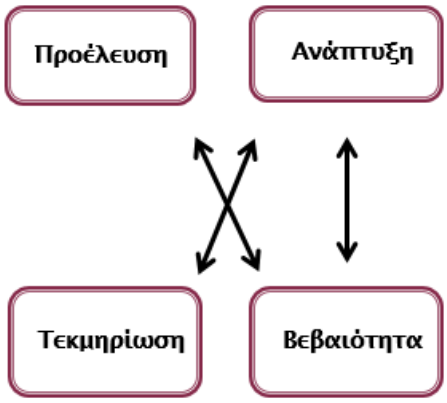
Εκπαιδευτική Βαθμίδα	Διαστάσεις επιστημολογικών πεποιθήσεων	Προέλευση	Βεβαιότητα	Ανάπτυξη	Τεκμηρίωση
Γυμνάσιο	Προέλευση		0,790**	0,596**	0,619**
	Βεβαιότητα	0,790**		0,680**	0,706**
	Ανάπτυξη	0,596**	0,680**		0,860**
	Τεκμηρίωση	0,619**	0,706**	0,860**	
Λύκειο	Προέλευση		0,545**	0,143	0,028
	Βεβαιότητα	0,545**		0,285**	0,127
	Ανάπτυξη	0,143	0,285**		0,542**
	Τεκμηρίωση	0,028	0,127	0,542**	

*** $p<0,001$*

Σχήμα 2. Αναπαράσταση συσχετίσεων μεταξύ διαστάσεων επιστημολογικών πεποιθήσεων μαθητών Γυμνασίου



Σχήμα 3. Αναπαράσταση συσχετίσεων μεταξύ διαστάσεων επιστημολογικών πεποιθήσεων μαθητών Λυκείου



4. Συμπεράσματα

Οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου και ιδιαίτερα για τις διαστάσεις ανάπτυξη και τεκμηρίωση μπορούν να χαρακτηριστούν ως ελαφρά εκλεπτυσμένες. Αυτό σημαίνει πως οι μαθητές αντιλαμβάνονται την επιστήμη της Χημείας ως εξελισσόμενη (ανάπτυξη) και πως αναγνωρίζουν τη σημασία των πειραμάτων στην ανάπτυξή της (τεκμηρίωση). Στις ίδιες διαστάσεις προέκυψαν οι πιο εκλεπτυσμένες πεποιθήσεις των μαθητών σε έρευνα για τις Φυσικές Επιστήμες (Conley et al. 2004) και για τη Φυσική (Παπακανάκης & Πνευματικός 2009). Επομένως, καθώς η Φυσική και η Χημεία εντάσσονται στις Φυσικές Επιστήμες μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι μαθητές αναπτύσσουν μια ενιαία προσωπική επιστημολογία για αυτές.

Όσον αφορά στους παράγοντες που δυνητικά σχετίζονται με τη διαμόρφωση των επιστημολογικών πεποιθήσεων η ηλικία φάνηκε να επιδρά σε όλες τις διαστάσεις τους. Άλλοι παράγοντες που βρέθηκαν να επιδρούν είναι οι κλίσεις και οι επιδόσεις των μαθητών Γυμνασίου, με τις πιο εκλεπτυσμένες επιστημολογικές πεποιθήσεις να σχετίζονται με υψηλές επιδόσεις, όπως και σε άλλες έρευνες (Conley et al. 2004). Αντίθετα, καθώς η ηλικία των

μαθητών αυξάνει οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών δεν επηρεάζονται από τις δύο μεταβλητές.

Επίσης, με βάση τις συσχετίσεις που προέκυψαν ανάμεσα στις τέσσερις διαστάσεις των επιστημολογικών πεποιθήσεων μπορούμε να υποστηρίξουμε πως οι επιστημολογικές πεποιθήσεις μπορούν να προσεγγιστούν ως ένα σύστημα επιμέρους διαστάσεων σημαντικά αλληλένδετων μεταξύ τους ως μια προσωπική θεωρία για τη γνώση και το «γνωρίζειν», η οποία όμως φαίνεται να χάνει τη συνοχή της με την αύξηση της ηλικίας των μαθητών.

Καθώς οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών εμπλέκονται στη διαδικασία απόκτησης γνώσης (Buehl & Alexander 2001), διδακτικές προσεγγίσεις που θα συμβάλλουν στην εκλέπτυνση πεποιθήσεων αναφορικά με το αν η γνώση βρίσκεται σε εξωτερικές αυθεντίες (προέλευση) ή σχετικά με τη σωστή απάντηση (βεβαιότητα) μπορεί να συμβάλουν σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών στο μάθημα της Χημείας.

5. Βιβλιογραφία

Παπακανάκης, Π., Πνευματικός, Δ. (2009). Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και Ζουπίδης, Α. (επιμέλεια), τόμος 6, σελ. 729 – 737, 2009. (ISBN 978-960-89650-4-1)

Belenky, M. R, Clinchy, B. M., Goldberger, N. R. & Tarule, J. M. (1986). *Women's ways of knowing: The development of self-voice and mind*. New York: Basic Books.

Briell, J., Elen, J., Verschaffel, L. & Clarebout, G. (2011). Personal epistemology: Nomenclature, conceptualisations, and measurement. In J. Elen, E. Stahl, R. Bromme & G. Clarebout (Eds.*), Links between beliefs and cognitive flexibility: Lessons learned* (pp.7-36). New York: Springer.

Buehl, M. M. & Alexander, P. A. (2001). Beliefs about academic knowledge. *Educational Psychology Review*, 13(4), 385-418.

Chittleborough, G. (2014). The Development of Theoretical Frameworks for Understanding the Learning of Chemistry. In I. Devetak, and S. A. Glazar (eds.), *Learning with Understanding in the chemistry classroom* (pp. 25-40). Springer Netherlands.

Conley, A. M., Pintrich, P. R., Vekiri, I. & Harrison, D. (2004). Changes in epistemological beliefs in elementary science students. *Contemporary educational psychology*, 29(2), 186-204.

Green, H. J. & Hood, M. (2013). Significance of epistemological beliefs for teaching and learning psychology: A review. *Psychology Learning & Teaching*, 12(2), 168-178.

Hofer, B.K. & Pintrich, P.R. (1997). The development of epistemological theories: Beliefs about knowledge and knowing and their relation to learning. *Review of Educational Research*, 67(1), 88-140.

Kampa, N., Neumann, I., Heitmann, P. & Kremer, K. (2016). Epistemological beliefs in science — a person-centered approach to investigate high school students' profiles. *Contemporary Educational Psychology*, 46, 81-93.

King, P. M & Kitchener, K. S. (1994). *Developing reflective judgment: Understanding and promoting intellectual growth and critical thinking in adolescents and adults*. San Francisco: Jossey-Bass.

Kuhn, D. (1991). The skills of argument. Cambridge, England: Cambridge University Press.

Magolda, M. B. B. (1992). *Knowing and reasoning in college: Gender-related patterns in students' intellectual development*. San Francisco: Jossey Bass.

Perry, William G., Jr. (1970), *Forms of Intellectual and Ethical Development in the College Years: A Scheme* (New York: Holt, Rinehart, and Winston); reprinted November 1998; Jossey-Bass; ISBN:0787941182.

Yildiran, D., Demirci, N., Tüysüz, M., Bektas, O. & Geban, Ö. (2011). Adaptation of an epistemological belief instrument towards chemistry and chemistry lessons. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 3718-3722.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΙΝΗΤΡΩΝ ΜΑΘΗΣΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Κατερίνα Σάλτα[1], Διονύσιος Κουλουγλιώτης[2]
[1]Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Ηλιούπολης
[2,]ΤΕΙ Ιονίων Νήσων

Περίληψη
Κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση (ανάδειξη και σύγκριση) των κινήτρων φοιτητών τριτοβάθμιας εκπαίδευσης για να μάθουν Χημεία και Φυσική χρησιμοποιώντας την ελληνική έκδοση του Ερωτηματολογίου Κινήτρων Φυσικών Επιστημών ΙΙ (SMQ II). Συμμετείχαν 281 φοιτητές από 3 ακαδημαϊκές ειδικότητες του Τ.Ε.Ι. Ιονίων Νήσων. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων ανέδειξαν υψηλότερα κίνητρα των φοιτητών για να μάθουν Χημεία από ότι Φυσική. Τα κίνητρα εξαρτώνται από την ακαδημαϊκή ειδικότητα των φοιτητών και φαίνεται να συνδέονται με τις εμπειρίες που αυτοί αναφέρουν για τα μαθήματα της Χημείας και της Φυσικής.

Abstract
This study aims at investigating the motivation to learn chemistry and physics among students of tertiary education by using the Greek version of the discipline-specific Science Motivation Questionnaire II (SMQ II). The participants were 281 students attending 3 academic specializations of T.E.I. of Ionian Islands. The results derived from the statistical analysis of the data showed that students had higher motivation to learn chemistry relative to physics. Students' motivations are depended on their specialization and it is likely to associate with the experience from the attendance of chemistry and physics reported by the students.

1. Εισαγωγή

Η συνεχώς αυξανόμενη σημασία της επιστήμης στην καθημερινή μας ζωή δεν ήταν ποτέ τόσο έντονη όσο σήμερα. Ως εκ τούτου, υπάρχει ανάγκη για επιστημονικά εγγράμματους πολίτες οι οποίοι θα είναι ενήμεροι ώστε να αποφασίζουν για θέματα που συνδέονται με τις Φυσικές Επιστήμες. Η τρέχουσα έρευνα δείχνει ότι η ενίσχυση των κινήτρων θα πρέπει να συνοδεύει την εννοιολογική αλλαγή για την προώθηση της δημόσιας κατανόησης της επιστήμης (Sinatra et al. 2014). Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των κινήτρων μαθητών και φοιτητών με το περιεχόμενο συγκεκριμένων επιστημονικών αντικειμένων αποτελεί σημαντικό καθοριστικό παράγοντα των επιδόσεών τους (Breen & Lindsay 2002). Ως εκ τούτου, είναι ενδιαφέρον και αναγκαίο να διερευνηθούν τα κίνητρα μαθητών και φοιτητών για να μάθουν Χημεία και Φυσική στη δευτεροβάθμια και την τριτοβάθμια εκπαίδευση.

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Το θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας έρευνας αποτελεί η κοινωνικο-γνωστική θεωρία η οποία ενσωματώνει έναν συνδυασμό προσεγγίσεων και δίνει έμφαση στις αμοιβαίες

αλληλεπιδράσεις μεταξύ ατομικών, συμπεριφορικών και κοινωνικών παραγόντων (Pintrich 2003). Το 1993 ο Pintrich και οι συνεργάτες του πρότειναν ένα μοντέλο εννοιολογικής αλλαγής για την περιγραφή της μάθησης κατά το οποίο οι γνωστικές δομές και αυτές των κινήτρων αλληλοεπηρεάζονται μεταξύ τους και την ίδια στιγμή επηρεάζονται και από το κοινωνικό πλαίσιο. Με τη σειρά τους, οι δύο δομές (γνωστικές και κίνητρα) θεωρείται ότι επηρεάζουν τη μάθηση και, ως εκ τούτου, τις επιδόσεις των μαθητών (Pintrich, 2000). Χρησιμοποιώντας αυτή τη προσέγγιση, ο Glynn και οι συνεργάτες του (2011) έχουν αναπτύξει και αξιολογήσει το Science Motivation Questionnaire II (SMQ II), μια πεντάβαθμη κλίμακα Likert 25 ερωτήσεων, για την αποτίμηση των πέντε συνιστωσών των κινήτρων. Η κάθε συνιστώσα των κινήτρων μετριέται με υποκλίμακα Likert 5 ερωτημάτων και αφορά:

- Τα εσωτερικά κίνητρα (ΕΚ), που αντανακλούν την εσωτερική ικανοποίηση από τη μάθηση.
- Τον αυτοπροσδιορισμό (ΑΠ), ο οποίος αναφέρεται στο κατά πόσο οι μαθητές και οι φοιτητές πιστεύουν ότι ελέγχουν τη μάθησή τους (Black and Deci 2000)
- Την αυτοαποτελεσματικότητα (ΑΑ), η οποία αναφέρεται στις πεποιθήσεις των μαθητών και φοιτητών σχετικά με τις επιδόσεις τους στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Lawson et al. 2007).
- Τα κίνητρα σταδιοδρομίας (ΚΣ), που αναφέρονται στις προσδοκίες για μια επαγγελματική σταδιοδρομία σχετική με τις Φυσικές Επιστήμες
- Τα κίνητρα βαθμών (ΚΒ), τα οποία σχετίζονται με στόχους για υψηλές ακαδημαϊκές επιδόσεις.

Η παρούσα έρευνα διεξήχθη στο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι.) Ιονίων Νήσων. Συμμετείχαν εθελοντικά 281 φοιτητές (105 αγόρια - 176 κορίτσια) τριών ακαδημαϊκών ειδικοτήτων: 95 φοιτητές από Τεχνολογίες Φυσικού Περιβάλλοντος (ΠΕΡ), 93 από Τεχνολογία Τροφίμων (ΤΡΟΦ) και 93 από Συντήρηση Πολιτισμικής Κληρονομιάς (ΣΥΝΤ). Οι φοιτητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν τις σχετικές με τη Χημεία και τη Φυσική ελληνικές εκδόσεις του Ερωτηματολογίου Κινήτρων (ΕΚΧ και ΕΚΦ αντίστοιχα). Το εν λόγω ερωτηματολόγιο περιέχει 25 ερωτήσεις πεντάβαθμης κλίμακας Likert, αποτελεί μετάφραση από την Αγγλική του SMQ II και η εγκυρότητα του για χρήση στον ελληνικό μαθητικό πληθυσμό έχει ήδη ελεγχθεί (Salta & Koulougliotis 2015).
Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 16 ερωτήσεις αποτίμησης των εμπειριών των φοιτητών στα μαθήματα Χημεία και Φυσική του Λυκείου (Εμπειρία-Λ) αλλά και του Τ.Ε.Ι (Εμπειρία-ΤΕΙ). Οι φοιτητές κλήθηκαν να αποτιμήσουν: τους καθηγητές, τα βιβλία, τα εργαστήρια και τη συνολική τους διδακτική εμπειρία για το κάθε μάθημα και την κάθε βαθμίδα με ερωτήσεις τετράβαθμης κλίμακας Likert.
Τα προγράμματα σπουδών των τριών ακαδημαϊκών ειδικοτήτων (ΠΕΡ, ΤΡΟΦ, ΣΥΝΤ) σχετίζονται τόσο με το γνωστικό αντικείμενο της Χημείας όσο και με εκείνο της Φυσικής αλλά σε διαφορετικό βαθμό. Συγκεκριμένα, τα μαθήματα του προγράμματος σπουδών της ειδικότητας ΠΕΡ είναι περίπου εξ' ίσου μοιρασμένα στα δύο ευρύτερα γνωστικά αντικείμενα της Χημείας και της Φυσικής ενώ εκείνα των δύο άλλων ειδικοτήτων (ΤΡΟΦ και ΣΥΝΤ) είναι σε αρκετά μεγαλύτερο βαθμό σχετιζόμενα με τη Χημεία.
Τόσο ο σχεδιασμός, όσο η διεξαγωγή της έρευνας και η ανάλυση των δεδομένων καθοδηγήθηκαν από τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

1) Ποια είναι τα κίνητρα των φοιτητών Τ.Ε.Ι. για να μάθουν Χημεία και Φυσική;

2) Διαφέρουν τα κίνητρα των φοιτητών Τ.Ε.Ι. να μάθουν Φυσική με τα κίνητρά τους να μάθουν Χημεία;

3) Διαφέρουν τα κίνητρα των φοιτητών των Τ.Ε.Ι. για να μάθουν Χημεία και Φυσική ανάλογα με την κατεύθυνση σπουδών τους;

4) Σχετίζονται τα κίνητρα των φοιτητών των Τ.Ε.Ι. για να μάθουν Χημεία και Φυσική με τις εμπειρίες τους από τα μαθήματα αυτά τόσο στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση όσο και στην Τριτοβάθμια;

3. Αποτελέσματα

Οι απαντήσεις των φοιτητών σε κάθε ερώτηση των κλιμάκων μέτρησης κινήτρων να μάθουν Φυσική και Χημεία βαθμολογήθηκαν με τιμές από 0 έως 4, δίνοντας ένα εύρος τιμών για την κάθε υποκλίμακα από 0 έως 20. Αρχικά, από την ανάλυση των δεδομένων μας προέκυψε ότι η αξιοπιστία (εσωτερικής συνέπειας) των ΕΚΧ και ΕΚΦ για το δείγμα των φοιτητών, όπως μετριέται με το δείκτη Cronbach α που οι τιμές του παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, είναι κατά πολύ μεγαλύτερες από την αποδεκτή τιμή 0,70. Οι τιμές αυτές είναι συγκρίσιμες με τις τιμές προηγούμενων ερευνών με διαφορετικές εκδόσεις του ίδιου ερωτηματολογίου (Glynn et al. 2011, Salta & Koulougliotis 2015).

Πίνακας 1: Αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας για τα Ερωτηματολόγια Κινήτρων

Υποκλίμακες κινήτρων	**Αξιοπιστία ΕΚΦ (Cronbach α)**	**Αξιοπιστία ΕΚΧ (Cronbach α)**
Εσωτερικά κίνητρα	0.853	0.845
Αυτοπροσδιορισμός	0.864	0.849
Αυτοαποτελεσματικότητα	0.890	0.910
Κίνητρα σταδιοδρομίας	0.882	0.892
Κίνητρα βαθμών	0.881	0.897

Όσον αφορά για τις κλίμακες των εμπειριών των φοιτητών για το κάθε ένα από τα μαθήματα Φυσικής και Χημείας στο Λύκειο και στο Τ.Ε.Ι., οι φοιτητές χαρακτήρισαν τις εμπειρίες τους από τους καθηγητές, τα βιβλία, τα εργαστήρια και τη συνολικά από το μάθημα επιλέγοντας μια από τις 4 επιλογές: πολύ αρνητική, αρνητική, θετική, πολύ θετική για κάθε ερώτηση, Οι επιλογές αυτές βαθμολογήθηκαν με τιμές από 1 έως 4. Με διερευνητική ανάλυση παραγόντων εξήχθη μια μονοπαραγοντική λύση με 4 ερωτήσεις να αποτελούν μια κλίμακα πιθανού εύρους τιμών από 4 έως 16 που εξηγεί ικανοποιητικό ποσοστό της διακύμανσης των τιμών (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Διερευνητική ανάλυση παραγόντων και αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας για τις κλίμακες εμπειριών των φοιτητών από τα μαθήματα Φυσικής και Χημείας.

	Εμπειρία από το μάθημα της Φυσικής στο Λύκειο (4 ερωτήσεις)	Εμπειρία από το μάθημα της Φυσικής στο Τ.Ε.Ι. (4 ερωτήσεις)	Εμπειρία από το μάθημα της Χημείας στο Λύκειο (4 ερωτήσεις)	Εμπειρία από το μάθημα της Χημείας στο Τ.Ε.Ι. (4 ερωτήσεις)
Kaiser-Meyer-Olkin δείκτης για την καταλληλότητα της ανάλυσης	0,810	0,812	0,803	0,774

Ιδιοτιμή 1ου παράγοντα	2,701	2,737	2,686	2,579
Ιδιοτιμή 2ου παράγοντα	0,496	0,480	0,505	0,640
Ποσοστό διακύμανσης που ερμηνεύεται από τον παράγοντα	67,53%	68,44%	67,14%	64,47%
Cronbach α	0,838	0,845	0,836	0,813

Στον Πίνακα 2 περιγράφονται και τα αποτελέσματα της αξιοπιστίας εσωτερικής συνέπειας και για τις 4 κλίμακες εμπειριών των φοιτητών από τα μαθήματα Φυσικής και Χημείας. Οι τιμές του δείκτη Cronbach α είναι και στις 4 κλίμακες κατά πολύ μεγαλύτερες από την αποδεκτή τιμή 0,70.

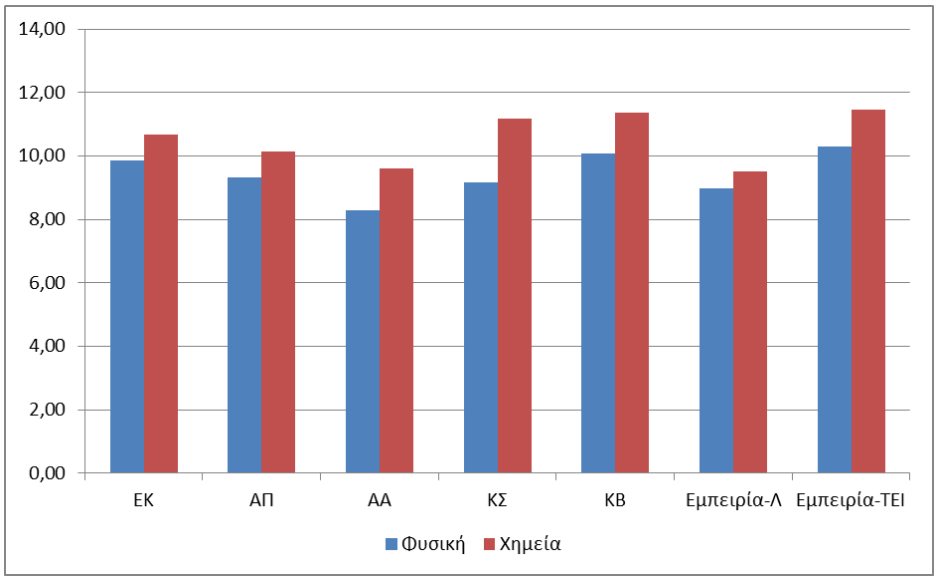
Τα περιγραφικά στατιστικά για όλες τις μεταβλητές παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Από τα περιγραφικά στατιστικά φαίνεται ότι οι φοιτητές Τ.Ε.Ι. έχουν περιορισμένα κίνητρα για να μάθουν Φυσική και Χημεία καθώς οι μέσοι όροι τους είναι σχετικά χαμηλοί στις περισσότερες των περιπτώσεων. Αντίθετα δεν αναφέρουν πολύ αρνητικές εμπειρίες και από τα δύο μαθήματα τόσο στο Λύκειο όσο και στο Πανεπιστήμιο.

Πίνακας 3: Περιγραφικά στατιστικά για τις μεταβλητές κινήτρων και εμπειριών των φοιτητών

Μεταβλητές	**Μάθημα Φυσικής**			**Μάθημα Χημείας**		
	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Εύρος τιμών	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Εύρος τιμών
Εσωτερικά κίνητρα	9,85	4,57	0-20	10,65	4,55	0-20
Αυτοπροσδιορισμός	9,31	4,39	0-20	10,16	4,29	0-20
Αυτοαποτελεσματικότητα	8,32	4,49	0-20	9,62	4,78	0-20
Κίνητρα σταδιοδρομίας	9,18	4,60	0-20	11,15	4,84	0-20
Κίνητρα βαθμών	10,10	4,98	0-20	11,37	5,22	0-20
Εμπειρίες από το μάθημα στο Λύκειο	9,01	3,15	4-16	9,54	3,24	4-16
Εμπειρίες από το μάθημα στο Τ.Ε.Ι.	10,29	2,99	4-16	11,45	2,79	4-16

Με έλεγχο του κριτηρίου *t* για ζευγαρωτά δείγματα (paired samples t-test) προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσων όρων όλων των ζευγών των συνιστωσών κινήτρων στις συγκρίσεις με βάση το γνωστικό αντικείμενο (Φυσική - Χημεία), αλλά και μεταξύ των εμπειριών τους από τα μαθήματα στο Λύκειο (Εμπειρία-Λ) και στο Τ.Ε.Ι. (Εμπειρία-ΤΕΙ). Συγκεκριμένα, για όλες τις υποκλίμακες οι φοιτητές εμφανίζουν υψηλότερα κίνητρα για να μάθουν Χημεία σε σχέση με Φυσική και θετικότερες εμπειρίες από το μάθημα της Χημείας και στις δύο εκπαιδευτικές βαθμίδες, με επίπεδο εμπιστοσύνης 95% (Σχήμα 1).

Σχήμα 1: Συγκρίσεις με βάση το γνωστικό αντικείμενο



Η επίδραση της ακαδημαϊκής ειδίκευσης των φοιτητών στα κίνητρα τους εξετάζεται με τη χρήση της ανάλυσης διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (One-way ANOVA) και σε όλες τις περιπτώσεις κινήτρων τόσο για το μάθημα της Φυσικής, όσο και για το μάθημα της Χημείας φαίνεται να υπάρχει επίδραση είτε με p <0,05 ή με p <0,001. Οι δείκτες που πιστοποιούν την ύπαρξη αυτής της επίδρασης δίνονται στον Πίνακα 4.

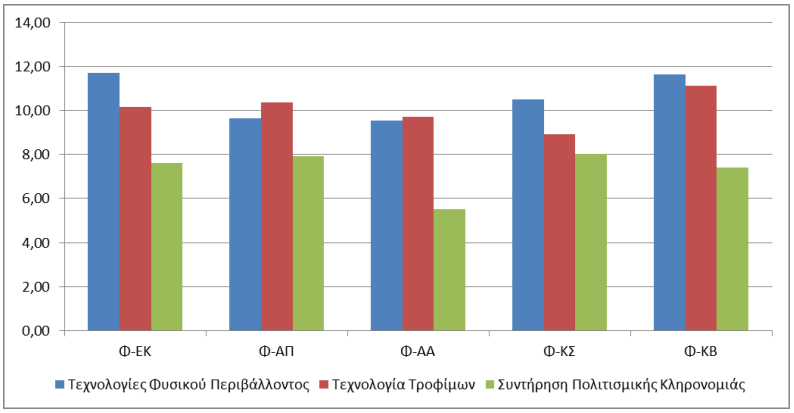
Πίνακας 4: Αποτελέσματα One-Way ANOVA για την ύπαρξη επίδρασης της ακαδημαϊκής ειδίκευσης των φοιτητών στα κίνητρα τους να μάθουν Φυσική και Χημεία

Υποκλίμακες κινήτρων	**Φυσική**	**Χημεία**
Εσωτερικά κίνητρα	F (2, 277) = 21.930, p <0,001	F (2, 278) = 18.090, p <0,001
Αυτοπροσδιορισμός	F (2, 277) = 7.768, p <0.05	F (2, 277) = 5.177, p <0.05
Αυτοαποτελεσματικότητα	F (2, 277) = 28.153, p <0,001	F (2, 277) = 24.019, p <0,001
Κίνητρα σταδιοδρομίας	F (2, 277) = 6.876, p <0.05	F (2, 277) = 14.366, p <0,001
Κίνητρα βαθμών	F (2, 277) = 21.901, p <0,001	F (2, 277) = 17.940, p <0,001

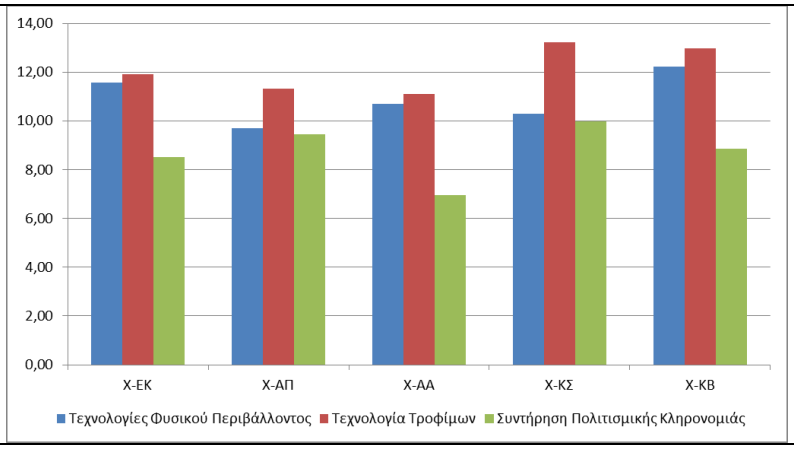
Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται γραφικά οι διαφορές στα κίνητρα των φοιτητών να μάθουν Φυσική και Χημεία ανάλογα με την κατεύθυνση σπουδών που ακολουθούν κατά τη φοίτησή τους στο Τ.Ε.Ι. Ιονίων Νήσων. Φαίνεται ότι οι τάσεις στις διαφορές στα κίνητρα είναι διαφορετικές με το μάθημα της Φυσικής να είναι συνολικά πιο δημοφιλές μεταξύ των φοιτητών της ειδικότητας Τεχνολογίες Φυσικού Περιβάλλοντος και εκείνο της Χημείας μεταξύ των φοιτητών της Τεχνολογίας Τροφίμων.

Σχήμα 2: Συγκρίσεις για τα κίνητρα των φοιτητών να μάθουν (α) Φυσική και (β) Χημεία ανάλογα με την ειδικότητα σπουδών τους

α



β



Τα κίνητρα των φοιτητών να μάθουν Φυσική παρουσιάζουν θετικές και στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις με τις εμπειρίες τους από το μάθημα της Φυσικής στο Λύκειο αλλά πολύ περισσότερο στο Τ.Ε.Ι. όπως φαίνεται από τους δείκτες Pearson στον Πίνακα 5. Παρόμοια, θετικές, στατιστικά σημαντικές αλλά μεγαλύτερες είναι οι συσχετίσεις μεταξύ των κινήτρων των φοιτητών να μάθουν Χημεία και των εμπειριών τους από τα μαθήματα της Χημείας (Πίνακας 5).

Πίνακας 5: Δείκτες συσχέτισης Pearson μεταξύ των μεταβλητών.

	Εμπειρία από το μάθημα της Φυσικής στο Λύκειο	Εμπειρία από το μάθημα της Φυσικής στο Τ.Ε.Ι.	Εμπειρία από το μάθημα της Χημείας στο Λύκειο	Εμπειρία από το μάθημα της Χημείας στο Τ.Ε.Ι.
Εσωτερικά κίνητρα (Φ)	0,366**	0,441**		
Αυτοπροσδιορισμός (Φ)	0,140*	0,292**		
Αυτοαποτελεσματικότητα (Φ)	0,373**	0,475**		
Κίνητρα σταδιοδρομίας (Φ)	0,184*	0,290**		
Κίνητρα βαθμών (Φ)	0,296**	0,424**		
Εσωτερικά κίνητρα (Χ)			0,383**	0,617**
Αυτοπροσδιορισμός (Χ)			0,145*	0,324**

Αυτοαποτελεσματικότητα (Χ)			0,488**	0,607**
Κίνητρα σταδιοδρομίας (Χ)			0,296**	0,418**
Κίνητρα βαθμών(Χ)			0,411**	0,492**

*p <0.05, ** p <0.001

4. Συμπεράσματα

Τα κίνητρα των φοιτητών του Τ.Ε.Ι. Ιονίων Νήσων να μάθουν Φυσική και Χημεία κυμαίνονται από ελαφρώς χαμηλά (αυτοαποτελεσματικότητα για το μάθημα της Φυσικής) έως ελαφρώς υψηλά (κίνητρα βαθμών για το μάθημα της Χημείας). Σε όλες τις περιπτώσεις τα κίνητρα είναι χαμηλότερα από αυτά που έχουν καταγραφεί στην έρευνα του Glynn και των συνεργατών του (2011) σε φοιτητές στην Αμερική με και χωρίς ειδίκευση στις Φυσικές Επιστήμες.

Και στα δύο μαθήματα παρουσιάζεται η ίδια τάση: χαμηλότερα κίνητρα για να μάθουν οι φοιτητές είναι της αυτοαποτελεσματικότητας δηλ. εκείνα που σχετίζονται με τις πεποιθήσεις τους για τις επιδόσεις τους στα μαθήματα και υψηλότερα κίνητρα είναι εκείνα που σχετίζονται με την απόκτηση καλών βαθμών. Όμως, οι φοιτητές φάνηκε να έχουν υψηλότερα κίνητρα για να μάθουν Χημεία σε σχέση με τη Φυσική και στις πέντε κλίμακες κινήτρων, τάση που φαίνεται να σχετίζεται με τη μεγαλύτερη εξοικείωση τους και τις θετικότερες εμπειρίες τους στο μάθημα της Χημείας σε σχέση με αυτό της Φυσικής.

Οι θετικές συσχετίσεις που παρουσιάζουν τα κίνητρα των φοιτητών να μάθουν Φυσική και Χημεία με τις εμπειρίες τους από τα μαθήματα αυτά στο Λύκειο και στο Τ.Ε.Ι. κυμαίνονται από πολύ ασθενείς έως αρκετά ισχυρές. Τη χαμηλότερη συσχέτιση παρουσιάζει το κατά πόσο οι φοιτητές πιστεύουν ότι ελέγχουν τη μάθησή τους (ΑΠ) στα μαθήματα της Φυσικής με τις εμπειρίες τους από αυτά στο Λύκειο και την υψηλότερη τα εσωτερικά κίνητρα να μάθουν Χημεία με τις εμπειρίες τους από τα μαθήματα Χημείας στο Τ.Ε.Ι. Σε όλες τις περιπτώσεις οι συσχετίσεις είναι ασθενέστερες με τις εμπειρίες των φοιτητών από τα μαθήματα στο Λύκειο και ισχυρότερες από τα μαθήματα στο Τ.Ε.Ι. Επομένως, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι πιο πρόσφατες εμπειρίες από τα μαθήματα καθορίζουν περισσότερο τα κίνητρα των φοιτητών να μάθουν Φυσική και Χημεία.

Τα κίνητρα των φοιτητών για να μάθουν Φυσική και Χημεία εμφανίζουν εξάρτηση από την ειδικότητα σπουδών τους. Συγκεκριμένα όσον αφορά στη Φυσική παρατηρούνται τα εξής: οι φοιτητές της ειδίκευσης ΠΕΡ έχουν στατιστικά υψηλότερα κίνητρα σε σχέση με εκείνους της ΣΥΝΤ σε όλες τις υποκλίμακες κινήτρων. Οι φοιτητές ΤΡΟΦ παρουσιάζουν παρόμοια κίνητρα με εκείνα των φοιτητών ΠΕΡ σε τρεις υποκλίμακες κινήτρων (ΑΠ, ΑΑ, ΚΒ) και παρόμοια κίνητρα σταδιοδρομίας (ΚΣ) με εκείνα των φοιτητών ΣΥΝΤ. Το γεγονός ότι οι φοιτητές της ειδίκευσης ΠΕΡ παρουσιάζουν συνολικά σχετικά αυξημένα κίνητρα για να μάθουν Φυσική σε σχέση με εκείνους των δύο άλλων ειδικοτήτων είναι πιθανό να σχετίζεται με δύο παράγοντες: Ο πρώτος αφορά στο περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών στο Τ.Ε.Ι. το οποίο στην ειδικότητα ΠΕΡ είναι σε μεγαλύτερο βαθμό συσχετισμένο με τη Φυσική σε σύγκριση με εκείνο των δύο άλλων ειδικοτήτων. Ο δεύτερος αφορά στην κατεύθυνση σπουδών την οποία οι φοιτητές ακολούθησαν στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση δεδομένου ότι οι φοιτητές ΠΕΡ στο μεγαλύτερο ποσοστό τους (περίπου 53%) προέρχονται από την Τεχνολογική Κατεύθυνση (όπου η Χημεία δεν είναι βασικό μάθημα) και μόνο το 18% από την Θετική η οποία περιλαμβάνει τη Χημεία ως βασικό μάθημα. Από την άλλη πλευρά οι φοιτητές της ειδίκευσης ΤΡΟΦ προέρχονται σε ποσοστά 47% και 34% από την Τεχνολογική και τη Θετική κατεύθυνση αντίστοιχα και η συντριπτική πλειοψηφία των φοιτητών ΣΥΝΤ

(80%) προέρχεται από τη Θεωρητική κατεύθυνση (όπου τόσο η Φυσική όσο και η Χημεία δεν είναι βασικά μαθήματα).
Όσον δε αφορά στη Χημεία παρατηρούνται τα εξής: οι φοιτητές της ειδίκευσης ΤΡΟΦ έχουν στατιστικά υψηλότερα κίνητρα σε σχέση με εκείνους της ΣΥΝΤ σε όλες τις υποκλίμακες κινήτρων. Οι φοιτητές ΠΕΡ παρουσιάζουν παρόμοια κίνητρα με εκείνους της ΤΡΟΦ σε τρεις υποκλίμακες κινήτρων (ΕΚ, ΑΑ, ΚΒ) και με εκείνους της ΣΥΝΤ στις άλλες δύο (ΑΠ, ΚΣ). Το γεγονός ότι οι φοιτητές της ειδίκευσης ΤΡΟΦ παρουσιάζουν σχετικά αυξημένα κίνητρα για να μάθουν Χημεία σε σχέση με εκείνους των δύο άλλων ειδικοτήτων είναι πιθανόν να σχετίζεται αφενός με το περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών τους στο Τ.Ε.Ι. που είναι πιο πολύ συσχετισμένο με τη Χημεία παρά με τη Φυσική και αφετέρου με την κατεύθυνση σπουδών που ακολούθησαν στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση καθώς όπως αναφέρθηκε παραπάνω προέρχονται κατά ένα αρκετά μεγαλύτερο ποσοστό (34% έναντι 18% και 1% για τους φοιτητές ΠΕΡ και ΣΥΝΤ αντίστοιχα) από τη Θετική κατεύθυνση.
Οι φοιτητές της ειδίκευσης ΣΥΝΤ εμφανίζουν συνολικά χαμηλότερα κίνητρα για να μάθουν τόσο Χημεία όσο και Φυσική σε σχέση με εκείνους των δύο άλλων ειδικοτήτων, πράγμα που πιθανόν σχετίζεται με το γεγονός ότι προέρχονται κατά πλειοψηφία από τη Θεωρητική κατεύθυνση σπουδών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.
Τέλος, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μπορούν να συγκριθούν με εκείνα τα οποία παρατηρήθηκαν μεταξύ του Ελληνικού μαθητικού πληθυσμού (Γυμνάσιο – Λύκειο) με χρήση του ίδιου ερευνητικού εργαλείου για το μάθημα της Χημείας (Σάλτα & Κουλουγλιώτης 2015, Salta & Koulougliotis 2015). Παρατηρήθηκε ότι τα κίνητρα των φοιτητών για να μάθουν Χημεία είναι στατιστικά χαμηλότερα με εκείνα των μαθητών σε τρεις υποκλίμακες (ΕΚ, ΑΑ, ΚΒ) και παρόμοια σε μία (ΑΠ). Οι φοιτητές εμφανίζουν σε σχέση με τους μαθητές υψηλότερα κίνητρα μόνο στην υποκλίμακα των κινήτρων σταδιοδρομίας (ΚΣ) πράγμα που πιθανόν συνδέεται με το γεγονός ότι ηλικιακά είναι πιο κοντά στο σημείο έναρξης της επαγγελματικής τους ζωής.

5. Βιβλιογραφία

Σάλτα Κ. & Κουλουγλιώτης Δ. (2015) Τι κινητοποιεί τους μαθητές για να μάθουν Χημεία; στο Ψύλλος Δημ., Μολοχίδης Αν. & Καλλέρη Μ. (επιμέλεια). Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, σελ. 172-178.

Black A. E. and Deci E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: a self-determination theory perspective. Science Education, 84, 740-756.

Breen, R. & Lindsay, R. (2002). Different Disciplines Require Different Motivations for Student Success. *Research in Higher Education*, 46, 693-725.

Glynn S. M., Brickman P., Armstrong N. & Taasoobshirazi G. (2011). Science Motivation Questionnaire II: Validation with science majors and nonscience majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 1159-1176.

Lawson A. E., Banks D. L. and Logvin M. (2007). Self-efficacy, reasoning ability, and achievement in college biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 706-724.

Pintrich P. R. (2003). A motivational science perspective on the role of student motivation in learning and teaching contexts. *Journal of Educational Psychology*, 95, 667-686.

Pintrich P. R. (2000). An achievement goal perspective on issues in motivation terminology, theory, and research. *Contemporary Educational Psychology*, 25, 92-104.

Pintrich P. R., Marx R. W. and Boyle R. A. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-199.

Salta K. & Koulougliotis D. (2015). Assessing motivation to learn chemistry: adaptation and validation of Science Motivation Questionnaire II with Greek secondary school. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 237-250.

Sinatra, G. M., Kienhues, D. & Hofer B. K. (2014). Addressing Challenges to Public Understanding of Science: Epistemic Cognition, Motivated Reasoning, and Conceptual Change. *Educational Psychologist*, 49, 123-138.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΦΥΛΟΥ ΣΤΟΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΕΓΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟ

Γιώργος Καράογλου[1], *Κωνσταντίνος Κώτσης*[2]
[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Στην εργασία διερευνάται ο επιστημονικός εγγραμματισμός ενήλικων πολιτών με παράγοντα διαφοροποίησης το φύλο τους. Οι ενήλικοι πολίτες, 448 γυναίκες και 464 άνδρες από την ευρύτερη περιοχή των νομών Δράμας και Καβάλας, απαντούν σε δώδεκα ερωτήσεις κλειστού τύπου της μορφής Σωστό – Λάθος που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν σε διεθνείς έρευνες με στόχο τη διερεύνηση του επιστημονικού εγγραμματισμού. Τα αποτελέσματα δείχνουν μια οριακή στατιστικά σημαντική διαφορά στους μέσους όρους των ορθών απαντήσεων για τους άνδρες. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων στηρίζεται στον μικρότερο αριθμό γυναικών που επιλέγουν την τεχνολογική και θετική κατεύθυνση σπουδών στο Λύκειο και κατά συνέπεια τις σχολές θετικών και τεχνολογικών επιστημών.

Abstract

In this research paper the scientific literacy of adult citizens with their sex as the differentiated factor is examined. 448 females and 464 males from the broader area of the prefectures of Drama and Kavala have answered twelve closed-type questions in the form of “True-False” which have been used in the past for international surveys having as a target the research of the scientific literacy. The results show a statistically marginal difference regarding the average of correct responses in men. The interpretation of the results is based on the comparatively smaller number of women who choose the Technology and Science Direction during Senior High School, hence the university departments of Science and Technology.

1. Εισαγωγή

Στη σχέση του επιστημονικού εγγραμματισμού με το φύλο τα αποτελέσματα των ερευνών εμφανίζονται συγκεχυμένα, ενώ δεν υπάρχουν στοιχεία που να αποδεικνύουν την ύπαρξη βιολογικών παραγόντων οι οποίοι δικαιολογούν διαφορετικές επιδόσεις των δύο φύλων σε επιστημονικά ζητήματα και ιδιαίτερα σε θέματα που αφορούν τα μαθηματικά, (Sharma & Meighan 1980; Zeldin & Pajares 2000; Caplan & Caplan, 2005). Μεταξύ των χωρών του ΟΟΣΑ στο διαγωνισμό PISA 2006 τα αγόρια εμφανίζουν υψηλότερο μέσο όρο επιδόσεων σε θέματα που αφορούν τις φυσικές επιστήμες σε σύγκριση με τα κορίτσια, με τη διαφορά να εμφανίζεται στατιστικά σημαντική. Μόνο στην Ελλάδα και την Τουρκία τα κορίτσια εμφανίζουν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη μέση επίδοση από τα αγόρια. Από τις είκοσι επτά χώρες που συμμετείχαν στο διαγωνισμό PISSA το 2006 και δεν άνηκαν στον ΟΟΣΑ στις τέσσερις τα αγόρια εμφανίζουν θετική στατιστικά σημαντική διαφορά ενώ τα κορίτσια

σε δώδεκα, (OECD 2007). Οι επιδόσεις των γυναικών εμφανίζονται χαμηλότερες από αυτές των ανδρών σε πολλές έρευνες όπως των Hayes & Tariq, 2000. Σε όλη τη σειρά ερευνών του National Science Board από το 1992 έως και το 2012 οι γυναίκες εμφανίζουν χαμηλότερες επιδόσεις σε σύγκριση με αυτές των ανδρών σε θέματα επιστημονικού εγγραμματισμού στις φυσικές επιστήμες. Διαφέρουν όμως τα αποτελέσματα στα θέματα που αφορούν αποκλειστικά τη βιολογία όπου οι επιδόσεις των γυναικών είναι σε όλες τις έρευνες λίγο υψηλότερες σε σχέση με αυτές των ανδρών, (National Science Board, 2014).
Οι άνδρες στην τελευταία έρευνα του ευρωβαρόμετρου δείχνουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον (σε ποσοστό 64%) σε θέματα που αφορούν την επιστήμη και την τεχνολογία από τις γυναίκες (σε ποσοστό 44%). Οι άνδρες επίσης αισθάνονται περισσότερο ενημερωμένοι σε θέματα επιστήμης και τεχνολογίας (σε ποσοστό 49%), από τις γυναίκες (σε ποσοστό 33%) (Special Eurobarometer 2013). Την τελευταία δεκαετία διαφαίνεται μια τάση υπερεκπροσώπισης των γυναικών μεταξύ των φοιτητών της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, κυρίως στους τομείς της εκπαίδευσης και της υγείας και πρόνοιας. Στον τομέα των θετικών επιστημών υπάρχει μια ισορροπία στο σύνολο των ευρωπαϊκών χωρών ενώ οι διαφορές μεταξύ των χωρών είναι μεγάλες, (European Higher Education Area 2012).

2. Μεθοδολογία

Στόχος της έρευνας είναι η μελέτη της επίδρασης του φύλου των συμμετεχόντων στην επίδοση τους σε ερωτήσεις επιστημονικού εγγραμματισμού και στο προσωπικό ενδιαφέρον τους για πληροφόρηση σε θέματα επιστήμης και τεχνολογίας.
Στην έρευνα συμμετείχαν 912 ενήλικοι πολίτες διαφόρων μορφωτικών επιπέδων και ενασχολήσεων, με διαφορετικά ενδιαφέροντα, εργασιακό και κοινωνικό περιβάλλον από την ευρύτερη περιοχή Δράμας και Καβάλας. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα ερωτηματολόγια παραδόθηκαν στους συμμετέχοντες και συμπληρώθηκαν από αυτούς σε κάποιο διάλειμμα στο χώρο εργασίας τους. Στις περιπτώσεις που δεν υπήρχε η δυνατότητα για την άμεση συμπλήρωση του ερωτηματολόγιου οι συμμετέχοντες το επέστρεφαν σε προκαθορισμένη χρονικά συνάντηση.
Το ερωτηματολόγιο στοχεύει στη διερεύνηση του επιστημονικού εγγραμματισμού των πολιτών. Αποτελείται από δώδεκα ερωτήσεις κλειστού τύπου της μορφής Σωστού – Λάθους καθώς και μια ερώτηση που διερευνά το ενδιαφέρον τους για πληροφόρηση σε θέματα επιστήμης και τεχνολογίας που επηρεάζουν την καθημερινότητα. Οι ερωτήσεις εμφανίζονται επανειλημμένα σε έρευνες με αντικείμενο τον επιστημονικό εγγραμματισμό των πολιτών (National Science Board 2014, National Science Board 2012, Stockmayer & Bryant 2012).

3. Αποτελέσματα

Στον πίνακα 1 φαίνονται τα % ποσοστά ανδρών και γυναικών που ανήκουν σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης.

Πίνακας 1: % Ποσοστό ανδρών – γυναικών σε κάθε μορφωτικό επίπεδο

Μόρφωση	**Άνδρες**	**Γυναίκες**
ΓΥΜΝΑΣΙΟ	12,5%	13,8%
ΛΥΚΕΙΟ	41%	43,2%
ΑΤΕΙ	12%	12,5%
ΑΕΙ	34,5%	30,5%

Από τους 579 πολίτες που δήλωσαν ότι παρακολούθησαν μια κατεύθυνση σπουδών στο Λύκειο 286 ήταν γυναίκες και 293 άνδρες. Στον πίνακα 2 φαίνονται τα % ποσοστά από τις ομάδες των ανδρών και των γυναικών που επέλεξαν να παρακολουθήσουν την κάθε κατεύθυνση σπουδών

Πίνακας 2: % Ποσοστό ανδρών – γυναικών ανά κατεύθυνση σπουδών

Κατεύθυνση Σπουδών	**Άνδρες**	**Γυναίκες**
Θετική	40%	21%
Τεχνολογική	42%	31%
Θεωρητική	18%	48%

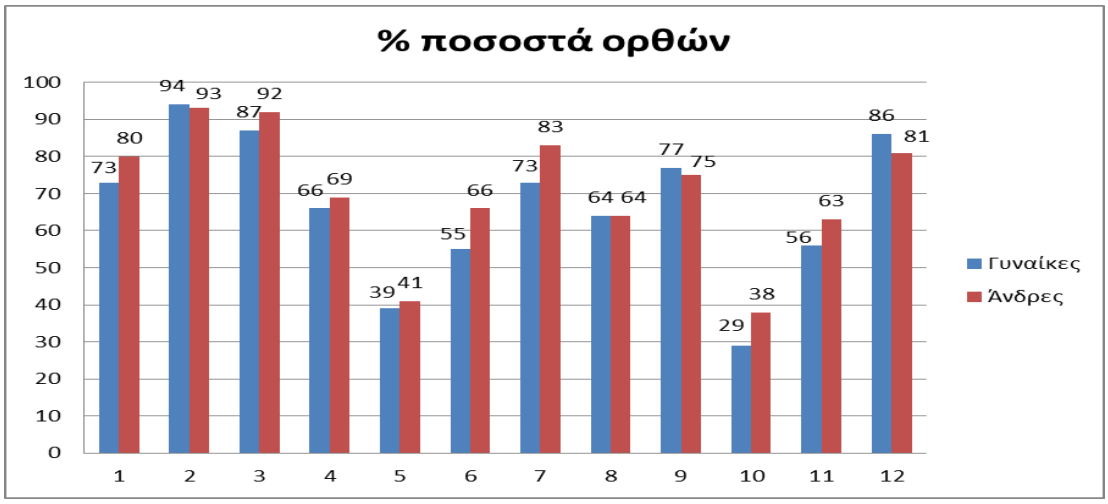
Στον πίνακα 3 παρατίθενται οι ερωτήσεις που διερευνούν τον επιστημονικό εγγραμματισμό με τα ποσοστά ορθών απαντήσεων που αντιστοιχούν σε άνδρες και γυναίκες.

Πίνακας 3: Ερωτήσεις και % ποσοστά ορθών απαντήσεων για Γυναίκες και Άνδρες

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	*ΓΥΝΑΙΚΕΣ*	*ΑΝΔΡΕΣ*
Το ραδιενεργό γάλα μπορεί να γίνει ασφαλές με το βρασμό	73%	80%
Η ηλιακή ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του δέρματος	94%	93%
Ο θερμός αέρας ανέρχεται	87%	92%
Τα ηλεκτρόνια είναι μικρότερα από τα άτομα	66%	69%
Τα αντιβιοτικά σκοτώνουν τους ιούς και τα βακτήρια	39%	41%
Όλη η ραδιενέργεια είναι αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας	55%	66%
Ο Ήλιος περιστρέφεται γύρω από τη Γη	73%	83%
Τα μελλοντικά παιδιά ενός γυμνασμένου ανθρώπου θα κληρονομήσουν τα οφέλη της σωματικής του άσκησης	64%	64%
Οι πρώτοι άνθρωποι έζησαν την ίδια εποχή με τους δεινόσαυρους	77%	75%
Η τρύπα του όζοντος είναι η κύρια αιτία για την υπερθέρμανση της γης	29%	38%
Το οξυγόνο που αναπνέουμε προέρχεται από τα φυτά	56%	63%
Στο ήπαρ παράγονται τα ούρα	86%	81%

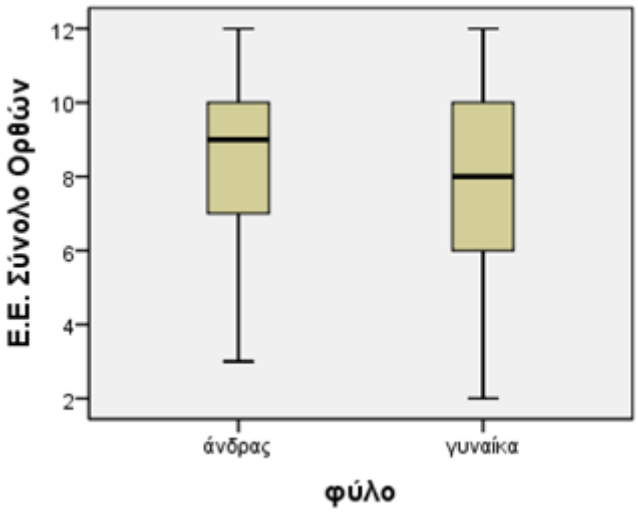
Στον σχήμα 1 φαίνονται τα ποσοστά των ορθών απαντήσεων σε κάθε ερώτηση για άνδρες και γυναίκες.

Σχήμα 1: Διαγραμματική αναπαράσταση % ποσοστών ορθών απαντήσεων ανά φύλο



Στη συνέχεια διερευνάται αν οι μέσοι όροι του συνόλου των ορθών απαντήσεων στις ερωτήσεις που αφορούν τον επιστημονικό εγγραμματισμό είναι ίσοι στους άνδρες και τις γυναίκες του δείγματος.
Οι μέσοι όροι των ορθών απαντήσεων ανέρχονταν σε 7,94 ερωτήσεις για τις γυναίκες και 8,40 για τους άνδρες.
Στο διάγραμμα των θηκογραμμάτων του σχήματος 2 που φαίνονται οι κατανομές των ορθών απαντήσεων, παρατηρείται μεγαλύτερη διασπορά στις γυναίκες με τη διάμεσο να βρίσκεται σε χαμηλότερη τιμή σε σχέση με τους άνδρες.

Σχήμα 2: Κατανομές των ορθών απαντήσεων σε σχέση με το φύλο.



Με τη χρήση του μη παραμετρικού τεστ Mann-Whitney U ελέγχονται οι διαφορές στις διαμέσους των ορθών απαντήσεων με παράγοντα διαφοροποίησης το φύλο των συμμετεχόντων. Στα αποτελέσματα εμφανίζεται στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ ανδρών και γυναικών $Z= -3,26$ με $p<.05$, με τους άνδρες να έχουν υψηλότερο μέσο όρο κατατάξεων (Mean Rank=484,2) από τις γυναίκες (Mean Rank=427,8).

Πίνακας 4: Έλεγχος των διαμέσων των ορθών απαντήσεων στις δύο κατηγορίες ερωτήσεων με το μη παραμετρικό τεστ Mann-Whitney U

			Ε.Ε. Σύνολο Ορθών
Mann-Whitney U			91085,500
Wilcoxon W			191661,500
Z			-3,261
Asymp. Sig. (2-tailed)			,001
Monte Carlo Sig. (2-tailed)	Sig.		,001[a]
	99% Confidence Interval	Lower Bound	,000
		Upper Bound	,002

Στη συνέχεια γίνεται μελέτη της τάσης για πληροφόρηση σε θέματα σχετικά με την επιστήμη και την τεχνολογία με παράγοντα διαφοροποίησης το φύλο των συμμετεχόντων. Στον πίνακα 5, παρουσιάζονται τα % ποσοστά για το ενδιαφέρον πληροφόρησης σε θέματα επιστήμης και τεχνολογίας σε σχέση με το φύλο των συμμετεχόντων.

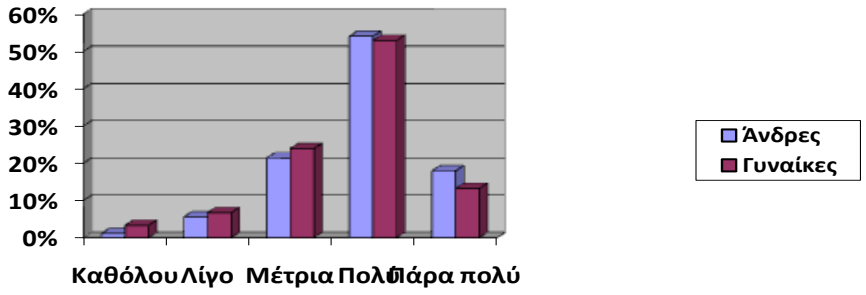
Πίνακας 5: Ποσοστά εκδήλωσης ενδιαφέροντος σε θέματα επιστήμης και τεχνολογίας σε σχέση με το φύλο των συμμετεχόντων

Φύλο	**Με ενδιαφέρει να πληροφορούμαι για θέματα επιστήμης και τεχνολογίας που επηρεάζουν τη ζωή**				
	Καθόλου	***Λίγο***	***Μέτρια***	***Πολύ***	***Πάρα πολύ***
Άνδρες	1,1%	5,6%	21,4%	54%	17,9%
Γυναίκες	3,3%	6,7%	23,9%	52,9%	13,2%

Το 71,9% των ανδρών και το 66,1% των γυναικών δηλώνουν μεγάλο ή πολύ μεγάλο ενδιαφέρον. Η μεγαλύτερη απόκλιση στα ποσοστά εμφανίζεται στην εκδήλωση πολύ μεγάλου ενδιαφέροντος όπου οι άνδρες υπερτερούν.

Στο διάγραμμα του σχήματος 3 αποδίδονται γραφικά τα ποσοστά για το ενδιαφέρον των πολιτών σε θέματα επιστήμης και τεχνολογίας σε συνάρτηση με το φύλο.

Σχήμα 3: Γραφική απεικόνιση των ποσοστών εκδήλωσης ενδιαφέροντος σε σχέση με το φύλο για θέματα επιστήμης και τεχνολογίας



Για την στατιστική επεξεργασία των δεδομένων ποσοτικοποιήθηκε το ενδιαφέρον σε επιστημονικά και τεχνολογικά θέματα σύμφωνα με την παρακάτω κλίμακα: 1-καθόλου, 2-λίγο, 3-μέτριο, 4-πολύ, 5-πάρα πολύ.
Από τα δεδομένα του πίνακα 6 προκύπτει ότι οι άνδρες να εμφανίζουν υψηλότερο μέσο όρο για το ενδιαφέρον στην επιστήμη και την τεχνολογία.

Πίνακας 6: Μέσοι όροι για το ενδιαφέρον σε σχέση με το φύλο

	Φύλο	**Πλήθος Συμμετεχόντων**	**Μέσος Όρος**
Ενδιαφέρον στην επιστήμη και την τεχνολογία	Άνδρες	463	3,82
	Γυναίκες	448	3,66

Στον έλεγχο για την ύπαρξη στατιστικά σημαντικής διαφοράς στα παραπάνω αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο χ-τετράγωνο. Τα αποτελέσματα στον πίνακα 7 δείχνουν την εμφάνιση οριακά στατιστικά σημαντικής διαφοράς για το ενδιαφέρον πληροφόρησης σε θέματα που αφορούν την επιστήμη και την τεχνολογία μεταξύ ανδρών και γυναικών αφού, χ^2 (4, N=911) = 9,755, με p=0,045

Πίνακας 7: Κριτήριο χ-τετράγωνο για την ανίχνευση στατιστικά σημαντικής διαφοράς στους μέσους όρους του ενδιαφέροντος σε θέματα επιστήμης για το ζεύγος Άνδρες – Γυναίκες

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,755[a]	4	,045
Likelihood Ratio	10,005	4	,040
Linear-by-Linear Association	7,895	1	,005
N of Valid Cases	911		

a. 0 cells (,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 9,84.

4. Συμπεράσματα

Οι μέσοι όροι των ανδρών στις ορθές απαντήσεις των ερωτήσεων επιστημονικού εγγραμματισμού εμφανίζονται υψηλότεροι από τους αντίστοιχους των γυναικών. Η κατανομή των ορθών απαντήσεων που αντιστοιχεί στους άντρες είναι περισσότερο συσπειρωμένη με τη διάμεσο να βρίσκεται σε υψηλότερη τιμή. Τα αποτελέσματα της έρευνας έρχονται σε αντίθεση με τα στοιχεία από τον διαγωνισμό Pisa 2006 με αντικείμενο τις φυσικές επιστήμες όπου τα κορίτσια στην Ελλάδα εμφάνισαν υψηλότερη μέση επίδοση από τα αγόρια με στατιστικά σημαντική διαφορά, (OECD 2007), αλλά συμφωνούν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών όπου οι γυναίκες εμφανίζουν χαμηλότερες επιδόσεις σε σύγκριση με αυτές των ανδρών σε θέματα επιστημονικού εγγραμματισμού όπως των Hayes & Tariq, 2000, καθώς και όλη τη σειρά ερευνών του National Science Board από το 1992 έως και το 2012. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων αποδίδεται στον μικρότερο αριθμό γυναικών σε σχέση με τον αντίστοιχο των αγοριών που επιλέγουν τελικά την τεχνολογική κατεύθυνση σπουδών στο Λύκειο (Καράογλου & Κώτσης 2015; Χαραλαμπίδου 2008), και κατ επέκταση τον μικρότερο αριθμό γυναικών φοιτούν σε πανεπιστημιακές σχολές θετικών επιστημών (Ρούνη κ.α 2006, Κοταρινού 2004). Παρά τις καλές επιδόσεις των κοριτσιών στο γυμνάσιο στα αντικείμενα των φυσικών επιστημών (OECD, 2007), το σχολικό περιβάλλον, οι εκπαιδευτικές πολιτικές, αλλά και η στάση και οι προσδοκίες των εκπαιδευτικών ενθαρρύνουν τους παραδοσιακούς ρόλους στα δύο φύλα (Arnot, 2006), έτσι η διαδικασία της κοινωνικοποίησης και τα σεξιστικά στερεότυπα διαφοροποιούν τις εκπαιδευτικές και επαγγελματικές επιλογές τους (Eccles, 1994). Άμεση συνέπεια είναι η ενασχόληση μικρότερου αριθμού γυναικών σε επιστημονικούς τομείς που περιλαμβάνουν τεχνολογία μαθηματικά και φυσικές επιστήμες (Hill at al., 2010) με αρνητικό αποτέλεσμα στον επιστημονικό εγγραμματισμό τους.

5. Βιβλιογραφία

Καράογλου, Γ. & Κώτσης, Κ. (2015). Επιστημονικός εγγραμματισμός ενήλικων πολιτών και ο ρόλος της κατεύθυνσης σπουδών στο Λύκειο. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 8(1-2), 21-33. http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete

Κοταρινού Π., (2004). «Φύλο και Μαθηματικά» Διπλωματική Εργασία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα

Ρούνη Π., Κόκλα Θ., Κατσακιώρη Π., Τσολάκη Μ., Pourrat Y., (2006). «Διερεύνηση των αιτιών για τη χαμηλή προσέλκυση φοιτητριών στα Πολυτεχνεία και την αργή εξέλιξή τους στο επάγγελμα του μηχανικού» http://tinyurl.com/y3xkscv

Χαραλαμπίδου Μ., (2008). «Το φαινόμενο της υπο-αντιπροσώπευσης των κοριτσιών στις τεχνολογικές σχολές. Συγκριτική μελέτη της Σχολής των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Ηλεκτρονικών Υπολογιστών του ΑΠΘ και της Σχολής της Ελληνικής Φιλολογίας του ΑΠΘ», http://tinyurl.com/q3jy73w

Arnot M., (2006). “Freedom’s Children: A gender perspective on the education of the learner-citizen”, Review of Education 52, 67–87

Caplan, B. J. & Caplan, J. P., (2005). “The Perseverative Search for Sex Differences in Mathematics Ability”, in: Gallacher, M. A. & Kaufman, C. J., (Edit.), Gender Differences in Mathematics. An Integrative Psychological Approach, Cambridge University Press,.

Eccles J., (1994). "Understanding Women's Educational and Occupational Choices", Psychology of Women Quarterly 18, 585-609

Hayes, B. C. & Tariq, V. N., (2000). Gender differences in scientific knowledge and attitudes toward science: A comparative study of four Anglo-American nations. Public Understanding of Science, 9, 433-448.

Hill C., Corbett C., Rose A., (2010). "Why So Few? Women in Science, Technology, Engineering, and Mathematics" AAUW

National Science Board (2014). Science & engineering indicators 2014 Arlington, VA: National Science Board (NSB-14-01).

National Science Board (2012). Science & engineering indicators 2012 Arlington, VA: National Science Board (NSB-12-01).

Organization for Economic Co-operation and Development, (2007). PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World

Sharma, S. & Meighan, R., (1980). ''Schooling and Sex Roles: the case of GCE ''O'' level mathematics'', British Journal of Sociology of Education, Vol. 1, No. 2, pp. 193-205

Special Eurobarometer 401 (2013). Responsible Research and Innovation (RRI), Science and Technology. http://ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_401_en.pdf

Stocklmayer, S. M. & Bryant, C., (2012). Science and the Public - What should people know? International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement, 2:1, 81-101

The European Higher Education Area in 2012: Bologna Process Implementation Report http://www.ehea.info/Uploads/%281%29/Bologna%20Process%20Implementation%20Report.pdf

Zeldin, A. & Pajares, F., (2000) ''Against the Odds: Self-Efficacy Beliefs of Women in Mathematical, Scientific and Technological Careers'', American Educational Research Journal, Vol. 37, No. 1, pp. 215-246

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ ΣΤΗΝ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ ΕΝΟΣ/ΜΙΑΣ ΜΑΘΗΤΗ/ΤΡΙΑΣ ΣΕ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΤΑΥΡΟΥ.

Κατερίνα Γεωργακούδη, Κρυσταλλία Χαλκιά
ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη
Η εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες (φ.ε.) αποτελεί προτεραιότητα των κρατών-μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς συνδέεται με την οικονομική τους ανάπτυξη. Η έρευνα επικεντρώθηκε σε μαθητές/τριες της Στ' δημοτικού μίας υποβαθμισμένης περιοχής, του Ταύρου. Βασίστηκε σε ημιδομημένες συνεντεύξεις, και τα αποτελέσματά της φανερώνουν ότι οι μαθητές/τριες, αν και δηλώνουν ότι ενδιαφέρονται για το μάθημα των φ.ε., δεν εμπλέκονται σε εξωσχολικές δραστηριότητες ούτε φιλοδοξούν να απασχοληθούν στο μέλλον σε επαγγέλματα σχετικά με αυτές. Καθοριστική φαίνεται να είναι η στάση των γονέων τους για τις φ.ε.

Abstract
E.U. is aiming at the enhancement of science education due to its benefits both to the economy and to the society. The research focused on sixth grade students of Tavros, a municipality mainly referring to financially and socially marginalized population, and was based on semi-structured interviews. The analysis of the data reveal that, even though the students are interested in science courses, they do not get involved in extracurricular activities, nor they envisage themselves of being science professionals. Their parents' indifference about science is crucial for the students' perspective.

1. Εισαγωγή

Πολλά παιδιά στον Ευρωπαϊκό χώρο μεγαλώνουν σε συνθήκες φτώχειας, έχοντας μειωμένη πρόσβαση στην ποιοτική εκπαίδευση (TÁRKI 2010). Επιπλέον, τα παιδιά αυτά συχνά έχουν φτωχά ερεθίσματα από το οικογενειακό τους περιβάλλον, οπότε το μορφωτικό «κεφάλαιο» που «κληρονομούν» είναι περιορισμένο. Το στοιχείο αυτό, εν πολλοίς, καθορίζει την επίδοση τους στο σχολείο, ενώ παράλληλα τους κάνει να προσαρμόζουν τις φιλοδοξίες τους ώστε αυτές να απαντούν ρεαλιστικά στις συνθήκες και στις προσδοκίες του κοινωνικοπολιτισμικού τους περιβάλλοντος (Ρούσσος κ.ά. 2008, Σαλάς 2010). Ως αποτέλεσμα όλων των παραπάνω, τα παιδιά αυτά υποεκπαιδεύονται και δεν αποκτούν επαρκείς γνώσεις και δεξιότητες για την αντιμετώπιση ζητημάτων κρίσιμων για την καθημερινότητά τους.
Τα ανωτέρω επιβεβαιώνονται και από τα στατιστικά δεδομένα της ελληνικής απογραφής του 2011 (ΕΛΣΤΑΤ 2011), τα οποία αναδεικνύουν τη συσχέτιση που υπάρχει μεταξύ του κοινωνικοπολιτισμικού πλαισίου στο οποίο μεγαλώνει ένας μαθητής και την μετέπειτα δυνατότητα του ίδιου να σπουδάσει. Πιο συγκεκριμένα, τα ποσοστά φοίτησης σε ανώτερες ή ανώτατες σχολές ήταν πολύ μικρότερα για τους μαθητές που προέρχονται από χαμηλά

κοινωνικά στρώματα (π.χ. μαθητές από το Πέραμα ή τον Ταύρο) σε σχέση με τους μαθητές από πλούσια περιβάλλοντα (π.χ. Κηφησιά).
Η Ε.Ε., έχοντας αναγνωρίσει το φαινόμενο της ανισότητας των εκπαιδευτικών ευκαιριών, αποφάσισε να επικεντρώσει το ενδιαφέρον της στην υποστήριξη της εκπαίδευσης αυτών των πληθυσμών (EC 1995). Ιδιαίτερη έμφαση, μάλιστα, δόθηκε στην εκπαίδευση τους στις φ.ε. και στην τεχνολογία. Στο περιεχόμενο της «Λευκής Βίβλου για την εκπαίδευση και την κατάρτιση» της Ε.Ε., τονίζεται πως στη σημερινή εποχή (εποχή στην οποία τα πεδία αυτά επιδρούν εν πολλοίς και στα κοινωνικά δρώμενα, π.χ. περιβαλλοντικά ζητήματα) άτομα που έχουν απομείνει επιστημονικά και τεχνολογικά αναλφάβητοι είναι πρακτικά πολίτες που δεν κατέχουν τις απαραίτητες δεξιότητες προκειμένου να παρακολουθούν τις εξελίξεις και να συμμετέχουν ενεργά στη λήψη αποφάσεων. Το γεγονός αυτό θέτει για τον ευρωπαϊκό χώρο αφενός ζητήματα δημοκρατικής λειτουργίας αφετέρου διαμορφώνει μια κοινωνία δύο ταχυτήτων, όπου μια μερίδα των ευρωπαίων πολιτών μένει στο περιθώριο και δεν μπορεί να προσφέρει στην κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη των κρατών (EC 1995). Το τελευταίο αποτελεί μείζον ζήτημα για την Ε.Ε. και για το λόγο αυτό η ίδια έθεσε ως στόχο τη σταδιακή αύξηση του ανθρώπινου δυναμικού σε επαγγέλματα σχετικά με τις φ.ε. και την τεχνολογία και τη διεύρυνσή του προς τις κοινωνικά λιγότερο προνομοιούχες ομάδες. Τα επαγγέλματα αυτά θεωρείται ότι κατ' εξοχήν συμβάλλουν στην οικονομική ανάπτυξη και την ανταγωνιστικότητα των κρατών μελών της Ε.Ε.
Ωστόσο, έρευνες αναδεικνύουν πως τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τις φ.ε. έχει μειωθεί (Archer at al 2013, Logan & Skamp 2008). Συγκεκριμένα το 2005, ο ΟΟΣΑ κατέγραψε μείωση στα ποσοστά των μαθητών/τριών που ακολουθούν σπουδές στο πεδίο των φ.ε., ενώ συνέστησε στις κυβερνήσεις να λάβουν σοβαρά υπόψη τους το δεδομένο αυτό και να κάνουν περισσότερο ελκυστικό το αντίστοιχο μάθημα (Ainley & Ainley 2011).
Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, τέσσερις παράμετροι καταδεικνύουν την πιθανότητα να απασχοληθούν οι μαθητές/τριες μελλοντικά σε επαγγέλματα σχετικά με τις φ.ε. Οι παράμετροι αυτές αναφέρονται: α) στην ανάπτυξη της θετική στάσης των μαθητών/τριών για τις φ.ε. (Hong et al. 2013), β) στις φιλοδοξίες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών/τριών (Archer et al. 2013, Osborne et al. 2009), γ) στο είδος των εξωσχολικών δραστηριοτήτων με τις οποίες εμπλέκονται (Jacobs et al. 1998, Simpkins et al. 2005) και δ) στη στάση των γονέων τους για τις φ.ε. (Gilmartin & Aschbacher 2006, Keller & Whiston 2008). Σημαντικές φαίνεται να είναι οι ηλικίες έως 13 ετών, καθώς έρευνες έχουν δείξει ότι τα ερεθίσματα που έχουν λάβει τα παιδιά έως τότε, είναι καθοριστικά για τη μετέπειτα στάση και τις φιλοδοξίες τους για ένα πεδίο (Osborne et al. 2009).

2. Μεθοδολογία

Αντικείμενο της παρούσας έρευνας είναι η σκιαγράφηση του κατά πόσο οι ανωτέρω παράμετροι απαντώνται σε έναν μαθητικό πληθυσμό μιας υποβαθμισμένης αστικής περιοχής. Πιο συγεκκριμένα, αποτελεί μία μελέτη περίπτωσης (Robson 2007) της κοινωνικής ομάδας των μαθητών/τριων του Ταύρου. Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν για αυτόν τον μαθητικό πληθυσμό ήταν:
Οι μαθητές και οι μαθήτριες του δείγματος:

- *Παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τις φ.ε.;*
- *Αντιμετωπίζουν δυσκολίες στο μάθημα και αν ναι ποιες;*
- *Συμμετέχουν ενεργά σε εξωσχολικές δραστηριότητες σχετικές με τις φ.ε.;*
- *Έχουν φιλοδοξίες, τόσο αυτοί/ες όσο και οι γονείς τους, να ακολουθήσουν στο μέλλον επαγγέλματα σχετικά με τις φ.ε.;*

- *Το οικογενειακό τους πλαίσιο εκφράζει ενδιαφέρον για τις φ.ε. και είναι υποστηρικτικό στη μαθησιακή τους πορεία;*

Αναλυτικότερα, το δείγμα της έρευνας ήταν είκοσι μαθητές από το 2ο Δημοτικό σχολείο Ταύρου, δώδεκα κορίτσια και οκτώ αγόρια, που ελήφθησαν με τυχαία δειγματοληψία από δύο τμήματα της Στ' τάξης. Έξι από τα παιδιά του δείγματος, δε μιλούσαν με ευχέρεια την ελληνική γλώσσα, καθώς δεν ήταν η μητρική τους (οι γονείς τους ήταν οικονομικοί μετανάστες: μουσουλμάνοι της Θράκης, Ινδοί και Πακιστανοί).
Η συλλογή των δεδομένων έγινε με τη διαδικασία των ημιδομημένων συνεντεύξεων (Cohen & Manion 2000) και η ανάλυσή τους μέσω της ποιοτικής ανάλυσης περιεχομένου (Mayring 2000).

3. Αποτελέσματα

Α) Το μάθημα των φ.ε.: Οι φ.ε. είναι το μάθημα που φαίνεται να προτιμούν οι περισσότεροι μαθητές/τριες του δείγματος (15/20 το ανέφεραν ως ένα από τα αγαπημένα τους). Ωστόσο, στην ερώτηση «τι σου αρέσει περισσότερο στο μάθημα αυτό;», αρκετοί (9/20) ανέφεραν, αόριστα, πως τους αρέσει «να μαθαίνουμε καινούρια πράγματα» και «οι συζητήσεις που κάνουμε με το δάσκαλο». Επτά στους είκοσι (7/20) ανέφεραν ότι τους αρέσουν «τα πειράματα», παρά το γεγονός ότι δήλωσαν πως σπάνια κάνουν πειράματα στην τάξη. Τα πειράματα αυτά ήταν πειράματα στα οποία οι μαθητές είχαν εστιάσει στις εντυπωσιακές πτυχές τους (π.χ. αλλαγή του χρώματος δείκτη σε ένα πείραμα οξέων – βάσεων), χωρίς να μπορούν να τις συνδέσουν με έννοιες ή ερμηνείες του φαινομένου (π.χ. τι είναι ο δείκτης και τι καταδεικνύει η αλλαγή του χρώματός του). Οι περισσότεροι/ες (14/20) αντιλαμβάνονταν τις σχέσεις του μαθήματος των φ.ε. με την καθημερινή τους ζωή, αναφέροντας σχετικά παραδείγματα από τη Χημεία («μάθαμε ότι η οδοντόπαστα είναι βάση και ότι διαλύει τα οξέα των τροφών» ή «Ξέρουμε πώς να αντιδράσουμε αν μας τσιμπήσει μια μέλισσα») ή την Φυσική (π.χ. από το κεφάλαιο της θερμότητας ανέφεραν: «έμαθα ότι το σώμα μας έχει το χειμώνα υψηλότερη θερμοκρασία από το περιβάλλον και ότι φοράμε μάλλινα ρούχα για να διατηρούμαστε ζεστοί»).
Τα μεγαλύτερα εμπόδια που αναφέρουν οι μαθητές/τριες σχετικά με το μάθημα των φ.ε. είναι η αποστήθιση, η δυσκολία κατανόησης των κειμένων των σχολικών εγχειριδίων, καθώς και η δυσκολία κατανόησης των «σύνθετων εννοιών» και των όρων που χρησιμοποιούνται από το/τη δάσκαλο/α όταν διδάσκει φ.ε. («Με δυσκολεύουν τα μπερδεμένα λόγια της δασκάλας και το να μαθαίνω απ' έξω»).

Β) Οι εξωσχολικές δραστηριότητες: Οι μαθητές/τριες δεν καταπιάνονται συστηματικά με εξωσχολικές δραστηριότητες σχετικές με τις φ.ε.. Οι περισσότεροι (17/20) έχουν ασχοληθεί με απλές επιστημονικές διαδικασίες (π.χ. έχουν κάνει συλλογή από κοχύλια ή πέτρες), αλλά φαίνεται να είναι ελλιπώς εξασκημένοι/ες σε πιο σύνθετες (π.χ. διενέργεια μιας μικρής έρευνας). Δεκατρείς από τους είκοσι (13/20) έχουν κάνει κάποιο απλό πείραμα στο σπίτι. Μία μόνο μαθήτρια έχει κάνει κάποιο πείραμα πιο σύνθετο, το οποίο δεν περιλαμβανόταν στο σχολικό βιβλίο («άναψα μια λάμπα χρησιμοποιώντας ένα λεμόνι αντί μπαταρίας»). Η μαθήτρια αυτή είχε ιδιαίτερα θετική στάση ως προς τις φ.ε. και μάλιστα επιθυμούσε να γίνει επιστήμονας. Η συντριπτική πλειονότητα (15/20) των μαθητών/τριών δεν έχει ασχοληθεί με κάποιο επιστημονικό επιτραπέζιο του εμπορίου και δεν έχει επισκεφτεί, εκτός σχολικού πλαισίου, μουσεία φ.ε..

Γ) Οι φιλοδοξίες παιδιών και γονέων: Οι μαθητές/τριες του δείγματος δεν φαίνεται να έχουν φιλοδοξίες, προκειμένου να ακολουθήσουν επαγγέλματα σχετικά με τις φ.ε. (οι 14/20 επιλέγουν επαγγέλματα άλλης φύσεως, π.χ. για τα αγόρια τα πιο δημοφιλή επαγγέλματα είναι

αστυνομικός ή στρατιωτικός και για τα κορίτσια τα καλλιτεχνικά επαγγέλματα). Αναφορικά με τις φιλοδοξίες των γονέων τους, τα περισσότερα παιδιά (11/20), είτε δεν ήξεραν τι θα ήθελαν οι γονείς τους να γίνουν όταν μεγαλώσουν είτε ανέφεραν ότι δεν τους κατευθύνουν και τους προτρέπουν να επιλέξουν το επάγγελμα της αρεσκείας τους. Από εκείνους, ωστόσο, τους γονείς που εκφράζουν τις φιλοδοξίες τους, μόνο λίγοι (3/20) επιθυμούν το παιδί τους να ακολουθήσει κάποιο επάγγελμα σχετικό με τις φ.ε. (και οι τρεις γονείς μάλιστα ήθελαν το παιδί τους να γίνει γιατρός, στοιχείο που μάλλον σχετίζεται με τη δυνατότητα του παιδιού τους να ξεφύγει από την κοινωνική τάξη στην οποία ανήκει, παρά με το γνήσιο ενδιαφέρον της οικογενείας για τις φ.ε.).

Δ) Οι στάσεις των γονέων: Οι περισσότεροι γονείς των παιδιών του δείγματος (14/20) δεν φανερώνουν μέσα από τις ενέργειές τους το έμπρακτο ενδιαφέρον τους για τις φ.ε. Αν και ενδιαφέρονται για τις σχολικές υποχρεώσεις των παιδιών τους, δεν ρωτούν συγκεκριμένα για το μάθημα των φ.ε. (εστιάζουν μόνον στη γλώσσα και στα μαθηματικά). Επιπλέον, δεν καλλιεργούν το ενδιαφέρον των παιδιών τους μέσα από το καθημερινό τους «παράδειγμα», εφόσον οι ίδιοι δεν παρακολουθούν ντοκιμαντέρ και δε διαβάζουν εκλαϊκευμένα περιοδικά ή βιβλία σχετικά με τις φ.ε..

Ε) Διαφορές παιδιών που δεν μιλούν με ευχέρεια τα ελληνικά: Αναφορικά με τα αποτελέσματα των μαθητών/τριών που δε μιλούν με ευχέρεια τα ελληνικά (6/20), διαφορές εντοπίστηκαν στις φιλοδοξίες των γονέων τους, οι οποίες φαίνεται να είναι χαμηλότερες από εκείνες των υπολοίπων. Είναι χαρακτηριστικό ότι από τους/τις τέσσερις μαθητές/τριες του δείγματος που ανέφεραν ότι οι γονείς τους θα ήθελαν για τους ίδιους να πάνε σε κάποιο ΕΠΑΛ, οι τρεις ανήκαν σε αυτή την ομάδα μαθητών. Επιπλέον διαφορές εντοπίστηκαν και στα ερεθίσματα που λαμβάνουν οι μαθητές αυτοί σχετικά με τις φ.ε. από το οικογενειακό περιβάλλον τους, τα οποία φαίνεται να είναι ακόμη πιο περιορισμένα. Παρ' ότι στους μαθητές αρέσουν τα πειράματα, όλοι/ες τους ανέφεραν ότι δεν έχουν κάνει κάποιο πείραμα στο σπίτι τους. Δεν επισκέπτονται μουσεία φ.ε. εκτός σχολείου και δεν έχει τύχει να παίξουν ποτέ κάποιο επιστημονικό επιτραπέζιο. Αναφορικά με το μάθημα των φ.ε., κυρίαρχη δυσκολία αυτών των μαθητών, με το δεδομένο ότι οι ίδιοι δεν μιλούν με ευχέρεια τα ελληνικά, είναι ο επιστημονικός λόγος. Τέλος, τα αποτελέσματα των μαθητών/τριών της ομάδας ως προς τη στάση των γονέων τους απέναντι στις φ.ε. ομοιάζουν με εκείνα των υπολοίπων. Οι περισσότεροι γονείς δε ρωτούν για το μάθημα των φ.ε., δεν παρακολουθούν ντοκιμαντέρ και δε διαβάζουν εκλαϊκευμένα επιστημονικά περιοδικά ή βιβλία.

4. Συμπεράσματα

Όπως έδειξαν τα αποτελέσματα, οι μαθητές/τριες του δείγματος εκδηλώνουν ενδιαφέρον για τις φ.ε. Παρά ταύτα το ενδιαφέρον αυτό φαίνεται να είναι επιφανειακό, αφού αφενός οι μαθητές στέκονται στις εντυπωσιακές πτυχές του μαθήματος (π.χ. πειράματα, χωρίς να εμβαθύνουν στις σχετικές έννοιες ή τις ερμηνείες τους) αφετέρου οι πτυχές αυτές δεν τους «εμπνέουν» προκειμένου να ασχοληθούν περαιτέρω με δραστηριότητες σχετικές με τις φ.ε. ούτε τους «γεννούν» φιλοδοξίες ώστε να ακολουθήσουν επαγγέλματα σχετικά με αυτές.
Παράλληλα, το οικογενειακό πλαίσιο των μαθητών δεν εμπλουτίζει με ερεθίσματα το ανωτέρω ενδιαφέρον, ενώ η έλλειψη φιλοδοξιών από μέρους τους πιθανώς να μαρτυρά την συμμόρωση των «προοπτικών» τους στα δεδομένα του κοινωνικοπολιτισμικού περιβάλλοντος μιας υποβαθμισμένης περιοχής. Μήπως τα όρια του Ταύρου καθορίζουν τα όρια των ονείρων των κατοίκων του και γίνονται τελικά «συρματοπλέγματα»; Μήπως, δηλαδή, αυτοί οι τέσσερις προαναφερθέντες παράγοντες της βιβλιογραφίας είναι εν πολλοίς κοινωνικά καθορισμένοι; Αν ναι, κατά πόσο η ισότητα των εκπαιδευτικών ευκαιριών που

επιδιώκει η Ε.Ε. και η εμπλοκή των λιγότερο προνομοιούχων (ή ακόμη και των «εκτός των τειχών» πληθυσμών) είναι στόχοι εφικτοί, με βάση τις υπάρχουσες δομές (Barton 1998); Ενισχύει το εκπαιδευτικό μας σύστημα την πρόσβασή τους στην κοινωνία και τα αγαθά της (π.χ. μόρφωση) ή αναπαράγει τις δομές της και διασφαλίζει την ομαλή λειτουργία ενός συστήματος;

Υπό το πρίσμα όλων των παραπάνω, φαίνεται πως οι περισσότεροι μαθητές/τριες του δείγματος δεν προβλέπεται να αποτελέσουν μελλοντικό δυναμικό στα επαγγέλματα σχετικά με τις φ.ε.. Εάν επιθυμούμε, ωστόσο, την ένταξη στην επιστημονική κοινότητα ανθρώπων από όλα τα κοινωνικοπολιτισμικά πλαίσια (συμπεριλαμβανομένων και πληθυσμών από τα χαμηλά κοινωνικά στρώματα, όπως οι μαθητές του Ταύρου), με τα συνεπαγόμενα οφέλη για την ίδια την επιστήμη, την κοινωνία και τους πολίτες της, η πολιτεία οφείλει να λάβει σοβαρά υπόψη της τον κοινωνικοπολιτισμικό παράγοντα και να χαράξει ανάλογες πολιτικές (π.χ. διαμόρφωση Α.Π., εκπαίδευση εκπαιδευτικών). Σκοπός πρέπει να είναι η δυνατότητα προσαρμογής της εκπαιδευτικής πράξης στις ανάγκες του εκάστοτε πληθυσμού, προκειμένου να διασφαλιστεί η ισοδύναμη ένταξη όλων στο εκπαιδευτικό σύστημα και ειδικότερα στα μαθήματα των φ.ε..

5. Βιβλιογραφία

Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ), *Απογραφή 2011*. http://www.statistics.gr/el/statistics/pop

Ρούσσος, Σ., Παπαθεοδώρου, Θ., Σπυριδάκης, Μ. & Κουτσούκου, Η. (2008). *Πολιτικές και οικονομικές επιπτώσεις της σχολικής διαρροής σε τοπικό επίπεδο. Ζητήματα συμμετοχής σε πολιτικούς θεσμούς και ένταξης στην αγορά εργασίας.* Έρευνα του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου.

Σαλάς, Α. (2010). Ευρύτεροι κοινωνικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη μαθηματική επίδοση. Μύθοι, στερεότυπα και η κατασκευή της αποτυχίας. Διπλωματική εργασία. http://www.math.uoa.gr/me/dipl/dipl_salas.aris.pdf

Cohen, L. & Manion, L. (2000). *Μεθοδολογία εκπαιδευτικής έρευνας.* Αθήνα: Μεταίχμιο.

Robson, C. (2007). Η έρευνα του πραγματικού κόσμου: Ένα μέσο για κοινωνικούς επιστήμονες και επαγγελματίες ερευνητές. Αθήνα: Gutenberg.

Ainley, M. & Ainley, J. (2011). Student engagement with science in early adolescence: The contribution of enjoyment to students' continuing interest in learning about science. *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 4-12.

Archer, L., Osborne, J., DeWitt J., Dillon J., Wong B. & Willis B. (2013). *Aspires young people's science and career aspirations, age 10-14*. Design & production ASPIRES Project (Science and Career aspirations: age 10-14), https://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/education/research/aspires/ASPIRES-final-report-December-2013.pdf

Barton, C. A. (1998). Teaching science with homeless children: pedagogy, representation, and identity. *Journal of research in science teaching*, 35(4), 379-394.

European Commission. (1995). *Teaching and learning — Towards the learning society.* Commission White Paper. http://ec.europa.eu/white-papers/index_en.htm

Gilmartin, S. K., Li, E. & Aschbacher, P. (2006). The relationship between secondary students' interest in physical science or engineering, science class experiences, and family contexts: Variations by gender and race/ethnicity. *Journal of Women and Minorities in Science and Engineering*, 12(2–3), 179-207.

Hong, Z. R., Lin, H. S., Wang, H. H., Chen, H. T. & Yang, K. K. (2013). Promoting and scaffolding elementary school students' attitudes toward science and argumentation through a science and society intervention. *International Journal of Science Education*, 35(10), 1625-1648.

Keller, B.K. & Whiston, S.C. (2008). The role of parental influences on young adolescents' career development. *Journal of Career Assessment*, 16(2), 198-217.

Logan, M. &Skamp, K. (2008). Engaging students in science across the primary secondary interface: Listening to the students' voice. *Research in science education*, 38(4), 501-527.

Mayring, P. (2000). Qualitative Content Analysis. *Forum: qualitative social research*. http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1089/2385

Osborne, J., Simon, S. & Tytler, R. (2009). *Attitudes Toward Science: An Update. American Educational Research Association*. San Diego, California. http://science.teachingjournalclub.org/wp-content/uploads/2012/06/Attitudes- Toward-Science-OsborneSimon-Tytler.pdf . - http://science.teachingjournalclub.org/wp-content/uploads/2012/06/Attitudes- Toward-Science-OsborneSimon-Tytler.pdf .

Simpkins, S. D., Davis-Kean, P. E. & Eccles, J. S. (2005). Parental socialization and children's engagement in information technology activities. *Applied Developmental Science*, 9, 14-30.

TÁRKI. (2010). *Child Poverty and Child Well-Being in the European Union*. Budapest, Hungary: TÁRKI Social Research Institute.

ΑΝΤΙΛΑΜΒΑΝΟΜΕΝΗ ΑΥΤΟ-ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΚΙΝΗΤΡΑ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Ευστάθιος Ξαφάκος[1], Λάμπρος Παπαδήμας, [2], Χρήστος Μπαντάνης[2], Αναστάσιος Μαράτος [2], Αποστολία Μπέκα[2]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
[2]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Η παρούσα εμπειρική μελέτη διερευνά τις απόψεις 122 εν ενεργεία εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίο δίδασκαν στην Ε' και Στ' τάξη, απέναντι στο αίσθημα αυτο-αποτελεσματικότητας και τα εσωτερικά κίνητρά τους ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής, την πιθανή συσχέτιση μεταξύ των δύο αυτών εξαρτημένων μεταβλητών, καθώς επίσης την υποστήριξη που λαμβάνουν από τη σχολική μονάδα, στην οποία υπηρετούν, για την αποτελεσματικότερη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής. Τα αποτελέσματα καταγράφουν τη θετική γνώμη των δασκάλων απέναντι στην αντιλαμβανόμενη αυτο-αποτελεσματικότητα και τα εσωτερικά κίνητρά τους, αλλά αρνητική ως προς την υποστήριξή τους, καθώς επίσης βρέθηκε σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στα εσωτερικά κίνητρα των δασκάλων και το αίσθημα της αυτο-αποτελεσματικότητάς τους.

Abstract

This empirical study investigates the views of 122 primary in-service school teachers, who they were teaching in the fifth and sixth grade, towards their sense of self-efficacy and intrinsic motivation to teach Physics, the possible association between these two variables, as well as the support that they receive from the school unit. The results record the positive school teachers' opinion towards their perceived self-efficacy and intrinsic motivation, but negative opinion for their support, and it was also found a significant positive correlation between teachers' intrinsic motivation and their sense of self-efficacy.

1. Εισαγωγή

Η μέχρι τώρα έρευνα μάς δείχνει ότι η συμπερίληψη ψυχολογικών παραγόντων θεωρείται αναγκαία για τη συστηματική μελέτη της διαδικασίας της διδασκαλίας και μάθησης και για αυτόν τον λόγο ο ρόλος του αισθήματος της αυτο-αποτελεσματικότητας των εκπαιδευτικών ως προς το διδακτικό έργο τους, μεταξύ άλλων, έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της ακαδημαϊκής κοινότητας (Britner & Pajares 2006, Barros et al. 2007, Klassen et al. 2011). Ο όρος «αυτο-αποτελεσματικότητα», προερχόμενος από τη κοινωνιο-γνωστική θεωρία του Bandura (1977), αναφέρεται στις πεποιθήσεις των υποκειμένων αναφορικά με τις ατομικές ικανότητές τους στο να οργανώσουν τις απαραίτητες ενέργειες, για να παραγάγουν ένα συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Στο εκπαιδευτικό πλαίσιο ορίζεται ως «οι αντιλήψεις των

εκπαιδευτικών αναφορικά με την ικανότητά τους να διδάξουν με επιτυχία» (Tschannen-Moran & Woolfolk Hoy 2001 στο Kim & Cho 2014). Σχετικές έρευνες έχουν δείξει ότι οι απόψεις των εκπαιδευτικών ως προς την αυτο-αποτελεσματικότητά τους στη διδασκαλία έχουν θετική επίδραση στην εφαρμογή αποτελεσματικών διδακτικών πρακτικών (Woolfolk & Hoy 1990 στο Kim & Cho 2014).

Επιπρόσθετα, η σύγχρονη Ψυχολογία εστιάζει στα κίνητρα των εκπαιδευτικών (Schunk 1991), διότι αποτελούν έναν εξίσου σημαντικό παράγοντα, αφού συμβάλλουν σημαντικά στο αίσθημα επιτυχίας, αυτο-αποτελεσματικότητας (Huangfu 2012) και ικανοποίησης των εκπαιδευτικών ως προς το διδακτικό έργο τους (Levesque et al. 2004 στο Fernet et al. 2008). Τα αυτόνομα κίνητρα (autonomous motivations), τα οποία διακρίνονται σε εσωτερικά και εξωτερικά (intrinsic και extrinsic) ορίζονται ως η ελευθερία ενός ατόμου να ρυθμίζει την απόφασή του στην εκδήλωση μιας συμπεριφοράς (Fernet et al 2008 στο Kim & Cho 2014) και ανάγονται στη θεωρία του αυτο-προσδιορισμού (self-determination theory) (Deci & Ryan 1985). Σύμφωνα με τους Levesque, Blais & Hess (2004 στο Fernet et al. 2008), τα κίνητρα των εκπαιδευτικών θεωρούνται πολύ σημαντικά για την επίδοσή τους στον χώρο εργασίας, διότι οι εκπαιδευτικοί, οι οποίοι έχουν υψηλά κίνητρα, είναι πιο ενεργοί στην εργασία τους, πετυχημένοι και περισσότερο ικανοποιημένοι. Επιπρόσθετα, έχει βρεθεί θετική συσχέτιση μεταξύ των κινήτρων και του αισθήματος της αυτο-αποτελεσματικότητας των εκπαιδευτικών (Fernet et al. 2008, Huangfu 2012).

Στο διεθνές πλαίσιο έχει διερευνηθεί η αυτο-αποτελεσματικότητα ως προς τη διδασκαλία της Φυσικής από τους Barros et al (2010), οι οποίοι κατασκεύασαν μία κλίμακα μέτρησής της. Στο ελληνικό πλαίσιο έχει διερευνηθεί από τον Πνευματικό (2015), η έρευνα του οποίου έδειξε ότι το αίσθημα της αυτο-αποτελεσματικότητας των εκπαιδευτικών προβλέπει την εφαρμογή της ανακαλυπτικής μάθησης από τους ίδιους. Επίσης, έχει διερευνηθεί από τους Mavrikaki & Athanasiou (2011) ως προς το μάθημα της Βιολογίας, των οποίων η εμπειρική μελέτη έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί αισθάνονται σε μεγάλο βαθμό αποτελεσματικοί. Φαίνεται, λοιπόν, ότι δεν έχει μελετηθεί επαρκώς στο ελληνικό πλαίσιο η διερεύνηση του αισθήματος της αυτο-αποτελεσματικότητας των δασκάλων ως προς τη διδασκαλία, συγκεκριμένα, του μαθήματος της Φυσικής, όπως ακόμη και τα εσωτερικά κίνητρά τους σχετικά με το εν λόγω μάθημα.

Στόχοι *της έρευνας:*

- Η διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών αναφορικά με το αίσθημα της αυτο-αποτελεσματικότητάς τους ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής.
- Η διερεύνηση των απόψεών τους αναφορικά με τα εσωτερικά κίνητρά τους ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής.
- Η διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με την υποστήριξη που έχουν, η οποία αφορά στο μάθημα της Φυσικής.
- Η διερεύνηση πιθανής συσχέτισης μεταξύ αυτο-αποτελεσματικότητας εσωτερικών κινήτρων τους και υποστήριξης.
- Η διερεύνηση πιθανής διαφοροποίησης μεταξύ δημογραφικών - ατομικών παραγόντων και αυτο-αποτελεσματικότητας και εσωτερικών κινήτρων των εκπαιδευτικών ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής (φύλο, ηλικία, επιλογή θετικής ή θεωρητικής κατεύθυνσης σπουδών στο Λύκειο).

2. Μεθοδολογία

Πρόκειται για ποσοτική έρευνα. Το ερωτηματολόγιο αυτο-αναφοράς συμπληρώθηκε από 122 εκπαιδευτικούς που υπηρετούν σε Δημοτικά σχολεία διαφόρων περιοχών της ελληνικής επικράτειας. Για την επιλογή των εκπαιδευτικών ακολουθήθηκε η «βολική» δειγματοληψία (convenience sampling) (Robson 2007).

Στην πρώτη ενότητα του ερωτηματολογίου χρησιμοποιήθηκαν ανεξάρτητες μεταβλητές σχετικές με δημογραφικούς και ατομικούς παράγοντες, καθώς επίσης οι εκπαιδευτικοί ερωτήθηκαν ποια κατεύθυνση σπουδών είχαν επιλέξει στο Λύκειο (θεωρητική ή θετική). Επίσης, κλήθηκαν να καταγράψουν την άποψή τους σχετικά με τα σχολικά εγχειρίδια της Φυσικής του Δημοτικού.

Η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει συνολικά 14 προτάσεις. Υιοθετήθηκαν επτά (7) προτάσεις, που αφορούν την αυτο-αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής από την κλίμακα των Barros et al (2010), οι οποίες προσαρμόστηκαν στα ελληνικά, τρεις (3) προτάσεις για τα εσωτερικά κίνητρά τους (Fernet et al. 2008), οι οποίες προσαρμόστηκαν για τη διδασκαλία της Φυσικής και τέσσερις (4) δηλώσεις για την υποστήριξη που λαμβάνουν (μέσα, υλικά, συμβουλές κλπ.) λαμβάνοντας υπόψη τις διαπιστώσεις της διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας. Η κλίμακα ήταν τύπου Likert με πεντάβαθμη διαβάθμιση.

Πίνακας 1. Ερωτηματολόγιο

Αυτο-αποτελεσματικότητα (self-efficacy) (α=.82)
1. Συναντώ δυσκολίες στο να εξηγήσω στους μαθητές πώς λειτουργούν τα πειράματα Φυσικής (R).
2. Όταν ένας μαθητής έχει πρόβλημα στην κατανόηση μιας έννοιας στο μάθημα της Φυσικής, εγώ συνήθως γνωρίζω πώς να τον βοηθήσω να την κατανοήσει καλύτερα.
3. Θεωρώ πως είμαι αποτελεσματικός/ή στην εκτέλεση πειραματικών δραστηριοτήτων.
4. Είμαι πάντα σε θέση να απαντήσω σε ερωτήσεις των μαθητών σχετικά με τη Φυσική.
5. Βρίσκω συνεχώς καλύτερους και πιο αποτελεσματικούς τρόπους, για να διδάξω Φυσική στους μαθητές μου
6. Είμαι σε θέση να συνδυάζω το ακαδημαϊκό μου υπόβαθρο με την ικανότητά μου να παρακινώ και ενθαρρύνω τους μαθητές κατά τη διάρκεια του μαθήματος της Φυσικής.
7. Αισθάνομαι ικανός και καταρτισμένος να διδάξω Φυσική στους μαθητές μου
Εσωτερικά κίνητρα (α=.835)
1.Μου αρέσει να διδάσκω Φυσική
2. Θεωρώ ότι η διδασκαλία της Φυσικής αποτελεί ένα ευχάριστο έργο
3. Μου αρέσει να κάνω πειράματα Φυσικής μαζί με τους μαθητές μου
Υποστήριξη (α=.66)
1. Το σχολείο, στο οποίο υπηρετώ, διαθέτει και παρέχει υλικά για πειράματα Φυσικής
2. Στο σχολείο, που υπηρετώ, υπάρχει συνεργασία μεταξύ των εκπαιδευτικών των μεγάλων τάξεων (Ε-ΣΤ τάξη) για τη διδασκαλία της Φυσικής
3. Ο/Η σχολική σύμβουλος μού παρέχει τις κατάλληλες συμβουλές και οδηγίες για τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής
4. Διεξάγονται αρκετά συχνά επιμορφωτικά σεμινάρια, στην περιφέρεια που εργάζομαι, για τη διδασκαλία της Φυσικής

Δείγμα

Το δείγμα αποτέλεσαν 122 εκπαιδευτικοί δάσκαλοι. Τα δημογραφικά – ατομικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευτικών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1).

Πίνακας 2. Δημογραφικά στοιχεία των εκπαιδευτικών

	N=122	%
Φύλο		
Άνδρας	55	45.1
Γυναίκα	67	54.9
Ηλικία		
<30	20	16.2
31-40	32	26.2
41-50	37	30.3
51<	33	27.0
Σχέση εργασίας		
Αναπληρωτής	16	13.1
Μόνιμος	106	86.9
Μεταπτυχιακό στις ΦΕ		
ΝΑΙ	8	6.6
ΟΧΙ	114	93.4
Κατεύθυνση σπουδών		
Θεωρητική	64	52.5
Θετική-Τεχνολογική	58	47.5

3. Αποτελέσματα

Η κλίμακα της αυτο-αποτελεσματικότητας υπολογίστηκε ως μέσος όρος των απαντήσεων στις συγκεκριμένες ερωτήσεις και εμφανίζει στο δείγμα Μέση Τιμή=4,09. Συνεπώς εκφράζεται σαφής συμφωνία, αν και ποσοστό (30%) των εκπαιδευτικών δηλώνει ξεκάθαρα ότι διαθέτει υψηλό αίσθημα αυτο-αποτελεσματικότητας ως προς τη διδασκαλία της Φυσικής (score>4,5). Η δεύτερη κλίμακα των εσωτερικών κινήτρων εμφανίζει στο δείγμα Μέση Τιμή=4,49, καθώς ακόμη το ποσοστό σαφούς συμφωνίας είναι πιο υψηλό (62,3%) (score>4,5). Όσον αφορά στην υποστήριξη, οι δάσκαλοι φαίνεται ότι κρατούν σαφή αρνητική στάση (ΜΤ=2,6).
Βρέθηκε, επίσης, σημαντική θετική συσχέτιση ανάμεσα στα εσωτερικά κίνητρα των δασκάλων και το αίσθημα αυτο-αποτελεσματικότητάς τους (r= .628), εύρημα το οποίο επιβεβαιώνεται από άλλες έρευνες, στις οποίες, όμως, το target group ήταν διαφορετικό (Fernet et al, 2008; Kim & Cho, 2014) (Πίνακας 3). Επιπρόσθετα, βρέθηκε ασθενής θετική συσχέτιση μεταξύ της υποστήριξης, των εσωτερικών κινήτρων και της αυτο-αποτελεσματικότητας, (r= .249) και (r= .231) αντίστοιχα.

Πίνακας 2. Μέσες τιμές (Μ), τυπικές αποκλίσεις (Τ.Α.), δείκτες εσωτερικής συνοχής και Bivariate συσχετίσεις μεταξύ των βασικών μεταβλητών της μελέτης

	Μ	**Τ.Α.**	**ΑΑ**	**ΕΚ**	**Υ**
ΑΑ	4.09	.62	(α=.82)		
ΕΚ	4.49	.67	.628**	(α=.835)	
Υ	2.59	.93	.249**	.231*	(α=.66)

*ΑΑ= Αντιλαμβανόμενη Αυτο-αποτελεσματικότητα, ΕΚ=Εσωτερικά Κίνητρα, Υ=Υποστήριξη

Σύγκριση των μέσων όρων ανάμεσα στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών αναφορικά με τη γνώμη τους για τα σχολικά βιβλία Φυσικής και τις υπό εξέταση εξαρτημένες μεταβλητές (ανάλυση διακύμανσης - One-Way Anova), έδειξε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ως προς τα εσωτερικά κίνητρα [F(4,117)=5,167, p=0,001] και την αυτο - αποτελεσματικότητα [F(4,117)=7,128, p<0,001]. Οι εκπαιδευτικοί, οι οποίοι είχαν θετική γνώμη για τα σχολικά βιβλία (είναι εύκολα και εύχρηστα τα βιβλία για τους εκπαιδευτικούς), φαίνεται ότι διακατέχονται σε μεγαλύτερο βαθμό από εσωτερικά κίνητρα (ΜΤ=4,69 έναντι ΜΤ=4,11 αυτών που διαφώνησαν), ενώ διακατέχονταν σε μεγαλύτερο βαθμό και από το αίσθημα αυτο-αποτελεσματικότητας (ΜΤ=4,4 έναντι ΜΤ=3,2 αυτών που διαφώνησαν). Επιπρόσθετα η ανάλυση T-test δεν υπέδειξε διαφοροποίηση μεταξύ της επιλογής κατεύθυνσης σπουδών στο Λύκειο και των εξαρτημένων μεταβλητών.

Πίνακας 4. Σύγκριση μέσων όρων μεταξύ της άποψης των εκπαιδευτικών για τα σχολικά εγχειρίδια και των εξαρτημένων μεταβλητών της μελέτης

	Σ (N=46)		ΜΣ (N=39)		ΟΔ ΟΣ (N=21)		ΜΔ (N=13)		Δ (N=3)	
Στάσεις	Μ	ΤΑ	Μ	ΤΑ	Μ	ΤΑ	Μ	ΤΑ	Μ	ΤΑ
ΕΚ	**4.4**	.45	3.97	.57	3.99	.77	3.72	.55	3.23	.54
ΑΑ	**4.69**	.49	4.58	.67	4.33	.71	3.87	.67	4.11	1.01

*Σ=Συμφωνώ, ΜΣ=Μάλλον συμφωνώ, ΟΔ ΟΣ=Ούτε διαφωνώ ούτε συμφωνώ, ΜΔ=Μάλλον διαφωνώ, Δ=Διαφωνώ, ΕΚ=Εσωτερικά κίνητρα, ΑΑ=Αντιλαμβανόμενη αυτο-αποτελεσματικότητα

4. Συμπεράσματα

Οι δάσκαλοι φαίνεται ότι αισθάνονται αποτελεσματικοί ως προς τη διδασκαλία του μαθήματος της Φυσικής, εύρημα το οποίο συγκλίνει με τα αποτελέσματα των Mavrikaki & Athanasiou (2011) (έρευνα σε βιολόγους), καθώς επίσης έχουν υψηλά εσωτερικά κίνητρα. Επίσης, η ισχυρή θετική συσχέτιση μεταξύ εσωτερικών κινήτρων και αυτο-αποτελεσματικότητας δείχνει ότι τα εσωτερικά κίνητρα επηρεάζουν το αίσθημα της αυτό-αποτελεσματικότητάς τους, δηλαδή όσο αρέσει στους εκπαιδευτικούς η διδασκαλία της Φυσικής, τόσο περισσότερο αισθάνονται και αποτελεσματικοί.

Επιπρόσθετα, οι εκπαιδευτικοί δηλώνουν ότι δεν έχουν την κατάλληλη υποστήριξη, όπως ακόμη η υποστήριξη φαίνεται να συσχετίζεται θετικά με την αυτο-αποτελεσματικότητα και

τα εσωτερικά κίνητρα, ευρήματα τα οποία ενισχύουν την αναγκαιότητα για την παροχή υποστηρικτικών δομών και συνθηκών στους εκπαιδευτικούς εντός της σχολικής μονάδας. Προτάσεις όπως η διεξαγωγή ενδοσχολικών επιμορφωτικών σεμιναρίων σε συστηματική βάση, η παροχή υλικών για το μάθημα της Φυσικής, όπως ακόμη και η υποστήριξη από τον/τη Σχολικό Σύμβουλο θεωρούνται αναγκαίες.
Ενδιαφέρον, επίσης, εύρημα αποτελεί το γεγονός ότι όσοι εκπαιδευτικοί θεωρούν εύκολο το σχολικό βιβλίο, τόσο περισσότερο απολαμβάνουν τη διδασκαλία της Φυσικής, αισθανόμενοι παράλληλα περισσότερο αποτελεσματικοί. Επομένως, φαίνεται ότι το σχολικό εγχειρίδιο αποτελεί παράγοντα αύξησης των εσωτερικών κινήτρων και της αντιλαμβανόμενης αυτο-αποτελεσματικότητάς τους.

5. Βιβλιογραφία

Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioural change. *Psychological Review, 84(2)*, 191-215.

Baros, M.A., Laburú, C.E. & F.R. da Silva (2010). An instrument for measuring self-efficacy beliefs of secondary school physics teachers. *Procedia Social and Behavioral Sciences, 2*, 3129-3133.

Britner, S. L. & Pajares, F. (2006). Sources of Science Self-Efficacy Beliefs of Middle School Students. Journal of Research in Science Teaching, *43*(5), 485-499.

Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behaviour*. New York: Plenum.

Fernet, C., Senécal, C., Guay, F., Marsh, H.,& Dowson, M. (2008).The Work Tasks Motivation Scale for Teachers (WTMST). *Journal of Career Assessment, 16*(2), 256–279.

Huangfu, W. (2012). Effects of EFL teachers' self-efficacy on motivational teaching behaviors. *Asian Social Sciences, 8*(15), 68-74.

Kim, H. & Cho, Y. (2014). Preservice teachers' motivation, teacher efficacy, and expectation of reality shock. *Asia-pacific Journal of Teacher Education, 42*(1), 67-81.

Klassen, R. M., Tze, V. M. C., Betts, S. M. & Gordon, K. A. (2011). Teacher efficacy research 1998–2009: Signs of progress or unfulfilled promise. *Educational Psychology Review, 23*(1), 21-43.

Mavrikaki, E. & Athanasiou, K. (2011). Development and Application of an Instrument to Measure Greek Primary Education Teachers' Biology Teaching Self-efficacy Beliefs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 7*(3), 203-213.

Πνευματικός, Δ. (2015). Ποιοι εκπαιδευτικοί εφαρμόζουν ανακαλυπτική μάθηση και διαδικαστική γνώση στις Φυσικές Επιστήμες; Ο ρόλος της αυτο-επάρκειας των εκπαιδευτικών. Στο Ψύλλος, Δημ., Μολοχίδης, Αν. & Καλλέρη, Μ. (Επιμ.). Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση-Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, σελ. 114-120. http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr/wordpress/wp-content/uploads/2016/11/9o-ENEFET.Praktika.2nd-edition.ISBN_.pdf. Ημερομηνία πρόσβασης:12/5/17

Robson, C. (2007). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου-Ένα μέσον για κοινωνικούς επιστήμονες και επαγγελματίες ερευνητές*. Αθήνα: Gutenberg-Γιώργος & Κώστας Δαρδανός.

Schunk, D.H. (1991). Self-Efficacy and Academic Motivation. *Educational Psychologist, 26*(3): 201-231.

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΣΕ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΜΥΘΙΑ ΤΟΥ CHARLES PERRAULT

Δήμητρα Καζαντζίδου, Κωνσταντίνος Κώτσης
ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη εξετάζει την ακρίβεια του περιεχομένου των παραμυθιών του Charles Perrault ως προς τις Φυσικές Επιστήμες. Η Ποιοτική Ανάλυση Περιεχομένου χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση επτά παραμυθιών. Τα κείμενα εξετάστηκαν, ώστε να εντοπιστούν και να καταγραφούν τα λάθη και οι ανακρίβειες στις Φυσικές Επιστήμες καθώς και οι εναλλακτικές ιδέες που μπορεί να δημιουργήσουν στα παιδιά. Τα λάθη και οι ανακρίβειες οργανώθηκαν σε σύστημα τεσσάρων κατηγοριών. Τα αποτελέσματα παρέχουν στους εκπαιδευτικούς τις μη σωστές αναπαραστάσεις των φυσικών εννοιών και φαινομένων στα παραμύθια. Τέλος, παρουσιάζονται προτάσεις για αξιοποίηση των βιβλίων αυτών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Abstract

This study examines the scientific accuracy of fairytales written by Charles Perrault. Qualitative Content Analysis was conducted to review the content of seven fairytales. Their texts were analyzed to identify and record the errors and inaccuracies in science. About four categories of errors and inaccuracies were formed. For each category, the possible alternative ideas were also presented. The results and the conclusions provide the educators with the recorded inaccuracies about science concepts and phenomena together with recommendations on how these misrepresentations could be addressed.

1. Εισαγωγή

Η παιδική λογοτεχνία αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο στη διαθεματική διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Trundle et al. 2008). Τα παιδικά βιβλία, μυθοπλασίας και μη μυθοπλασίας, φαίνεται πως αυξάνουν τα μαθησιακά αποτελέσματα στον τομέα της ανάγνωσης και γραφής αλλά και της Φυσικής (Morrow et al. 1997, Rice 2002).

Χαρακτηριστική διαφορά μεταξύ των πηγών μυθοπλασίας και μη μυθοπλασίας αποτελεί η μεταφορά (transportation) του αναγνώστη στον κόσμο της αφήγησης (Gerrig 1993). Ο αναγνώστης μεταφέρεται (transport) στην ιστορία μυθοπλασίας όταν οπτικοποιεί τα γεγονότα, συνδέεται συναισθηματικά με τους χαρακτήρες, δεν αντιλαμβάνεται άλλα γεγονότα που διαδραματίζονται στον χώρο της ανάγνωσης, και όταν έχει συγκεκριμένες προτιμήσεις για την έκβασή της (Green & Brock 2000). Η μεταφορά του αναγνώστη σχετίζεται με την μείωση της ικανότητάς του να αξιολογεί κριτικά τις πληροφορίες που παρέχει η ιστορία (Gerrig & Rapp 2004) και να έχει πρόσβαση στην προηγούμενη γνώση του (Gerrig 1989). Συνεπώς, τα λάθη και οι ανακρίβειες στις ιστορίες μπορούν να λειτουργήσουν ως μέσο παραπληροφόρησης για τον κόσμο.

Εμπειρικές μελέτες κατέληξαν πως τα λάθη και οι ανακρίβειες στα παιδικά βιβλία, ιδιαίτερα στα βιβλία μυθοπλασίας, δημιουργούν εναλλακτικές ιδέες στα παιδιά (Mayer 1995, Rice

2002). Στην έρευνα της Mayer (1995), τα παιδιά έμαθαν νέα στοιχεία για τις φάλαινες από το βιβλίο μυθοπλασίας. Ωστόσο, οικοδόμησαν και μερικές εναλλακτικές ιδέες, όπως ότι οι φάλαινες πηδούν από τις λίμνες στους ωκεανούς. Η έρευνα της Rice (2002) κατέληξε σε ανάλογα συμπεράσματα. Αν και τα παιδιά είχαν προηγούμενη γνώση για τις φάλαινες και τη συμπεριφορά τους, δεν μπόρεσαν να εντοπίσουν τις ανακρίβειες στο βιβλίο.

Αναλύσεις περιεχομένου σε βιβλία παιδικής λογοτεχνίας κατέγραψαν λάθη και ανακρίβειες στις Φυσικές Επιστήμες. Οι περισσότερες ερευνητές, ωστόσο, εστίασαν στην ακρίβεια της αναπαράστασης ενός μόνο θέματος, για παράδειγμα της Σελήνης (Trundle et al. 2008). Επιπλέον, στην πλειοψηφία των ερευνών το δείγμα ήταν κυρίως βιβλία γνώσης φυσικής (science trade books) (π.χ. Schussler 2008). Τα παιδιά, ωστόσο, έρχονται σε επαφή και με άλλα είδη παιδικής λογοτεχνίας, όπως τα παραμύθια.

Φαίνεται, μάλιστα, πως και τα παραμύθια οδηγούν στη δημιουργία εναλλακτικών ιδεών. Οι μαθητές, για παράδειγμα, μετά την ανάγνωση του παραμυθιού Goldilocks and the Three Bears, σχημάτισαν εναλλακτικές ιδέες για την θερμοκρασία και τον όγκο (McClelland & Krockover 1996). Όσον αφορά τα παραμύθια, αυτά των Andersen, Perrault, και αδερφών Grimm θεωρούνται ιδιαίτερα δημοφιλή καθώς έχουν μεταφραστεί σε πολλές γλώσσες (Zipes 2015). Η ακρίβεια, μάλιστα, του περιεχομένου τους έχει εξεταστεί ως προς τις Περιβαλλοντικές (Kazantzidou & Kotsis in press), αλλά όχι ως προς τις Φυσικές Επιστήμες.

Η παρούσα έρευνα, λοιπόν, έχει σκοπό να εντοπίσει τα λάθη και τις ανακρίβειες σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών στα παραμύθια του Charles Perrault καθώς και τις εναλλακτικές ιδέες που μπορεί να δημιουργήσουν στα παιδιά. Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

i. Ποιες είναι οι ανακρίβειες και τα λάθη σε έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών στο κείμενο των παραμυθιών; Ως λάθη ορίζονται οι εκφράσεις που δείχνουν εσφαλμένη αντίληψη για φαινόμενα και έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Ως ανακρίβειες ορίζονται οι εκφράσεις που χρησιμοποιούνται και στην καθημερινή ζωή και αναπαριστούν με διαφορετικό τρόπο τις επικρατούσες επιστημονικές απόψεις.

ii. Ποιες εναλλακτικές ιδέες θα μπορούσαν να δημιουργηθούν στα παιδιά ως αποτέλεσμα αυτών των λαθών και ανακριβειών;

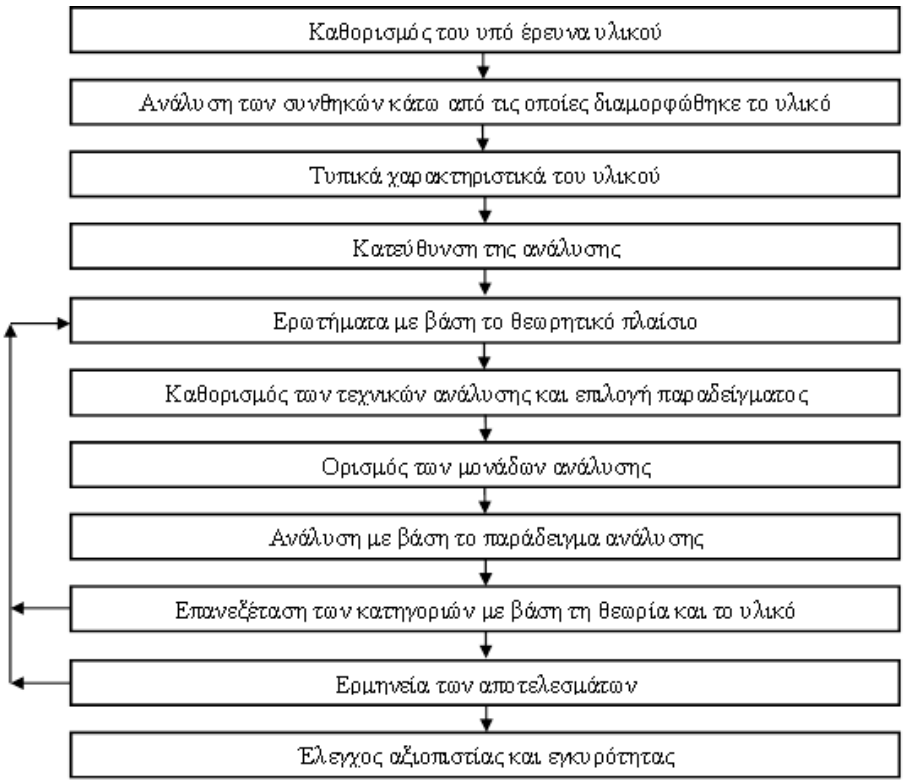
2. Μεθοδολογία

Η ερευνητική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Ποιοτική Ανάλυση Περιεχομένου, όπως περιγράφεται από τον Philipp Mayring (2014) (Σχήμα 1). Η ανάλυση έγινε με τη διαδικτυακή εφαρμογή QCAmap (http://www.qcamap.org).

Για τον καθορισμό του δείγματος, χρησιμοποιήθηκε η δειγματοληψία σκοπιμότητας με ποιοτικά και ποσοτικά κριτήρια. Επιλέχθηκαν οι βιβλιοθήκες για τη συλλογή των βιβλίων, καθώς το υλικό τους διατίθεται δωρεάν σε άτομα όλων των ηλικιών. Αρχικά, έγινε αναζήτηση με τον όρο «Perrault» στον κατάλογο της Δημοτικής Βιβλιοθήκης Βέροιας και του Δικτύου Βιβλιοθηκών Δήμου Θεσσαλονίκης. Έπειτα, δημιουργήθηκε μια λίστα με τους τίτλους των βιβλίων που εντοπίστηκαν, την ηλικία των παιδιών που απευθύνεται το καθένα, και το έτος έκδοσης. Επειδή πολλά βιβλία είχαν τον ίδιο τίτλο, επιλέχθηκαν αρχικά αυτά που περιείχαν ένα μόνο παραμύθι ώστε να συμπεριληφθούν πολλοί εκδοτικοί οίκοι. Με βάση την ηλικία των παιδιών και το έτος έκδοσης, επιλεγόταν κάθε φορά το βιβλίο που απευθυνόταν σε μεγαλύτερης ηλικίας παιδιά και εκδόθηκε πιο πρόσφατα. Ορίστηκε αυτό το κριτήριο, καθώς τα βιβλία που προορίζονται για μικρότερης ηλικίας παιδιά είναι πιο περιεκτικά και σύντομα, με αποτέλεσμα να παραλείπονται σημαντικά στοιχεία της πλοκής (O'Sullivan 2005, 2010). Στη συνέχεια, έγινε καταγραφή των τίτλων των παραμυθιών που περιέχονται σε συλλογές και επιλέχθηκαν τα παραμύθια που δεν εντοπίστηκαν να κυκλοφορούν σε

μεμονωμένα βιβλία. Το τελικό δείγμα, λοιπόν, περιλάμβανε επτά παραμύθια του Perrault, έξι από μεμονωμένα βιβλία και ένα από βιβλίο με συλλογή παραμυθιών, που κυκλοφόρησαν την περίοδο 1993 με 2010, και απευθύνονταν σε παιδιά, προσχολικής και σχολικής ηλικίας.

Σχήμα 1: Τα στάδια της έρευνας



Όσον αφορά τα τυπικά χαρακτηριστικά, μελετήθηκε το κείμενο των παραμυθιών, το οποίο ήταν μεταφρασμένο στα ελληνικά. Αν και η συγγραφή των παραμυθιών από τον Perrault έγινε στα Γαλλικά, τέσσερα από τα παραμύθια της έρευνας είχαν ως αρχική γλώσσα τα Γαλλικά και τα υπόλοιπα τρία τα Αγγλικά, τα Ιταλικά, και τα Ισπανικά.

Η κατεύθυνση της ανάλυσης ορίστηκε με βάση το κλασικό σχήμα επικοινωνίας του Laswell (1949, όπ. αναφ. στο Μπονίδης 2004). Σύμφωνα με αυτό, η μελέτη της επικοινωνίας συνοψίζεται στα ερωτήματα: ποιος ομιλεί, τι λέει, σε ποιον ομιλεί, για ποιο σκοπό, πώς το λέει, ποιο αποτέλεσμα έχει η ομιλία. Στην παρούσα έρευνα, αρχικά, έγινε μελέτη του περιεχόμενου του μηνύματος, δηλαδή καταγράφηκαν τα λάθη και οι ανακρίβειες στις Φυσικές Επιστήμες. Στη συνέχεια, διατυπώθηκε η πιθανή επίδραση στην ομάδα αποδοχής, δηλαδή οι εναλλακτικές ιδέες που μπορεί να δημιουργηθούν στα παιδιά.

Ως τεχνική ανάλυσης ορίστηκε ο επαγωγικός σχηματισμός κατηγοριών, καθώς οι κατηγορίες με τα λάθη και τις ανακρίβειες διαμορφώθηκαν μετά την εξέταση του υλικού.

Στο επόμενο βήμα, ορίστηκαν οι μονάδες ανάλυσης οι οποίες *«αποτελούν συγκεκριμένα τμήματα του κειμένου στα οποία ερευνάται η εμφάνιση ή η αναφορά των ζητούμενων μεταβλητών (ιδιότητες-κατηγορίες)»* (Μπονίδης 2004). Συγκεκριμένα, επιλέχθηκε το Θέμα (seme) ως μονάδα κωδικογράφησης. Η μονάδα αυτή συνιστά μια πρόταση ή μια δήλωση αναφορικά με τα ερωτήματα της έρευνας. Όλα τα κείμενα ορίστηκαν ως μονάδα πλαισίου και καταγραφής από το ίδιο το λογισμικό.

Έπειτα, διατυπώθηκε ο ορισμός της κατηγορίας, ο οποίος λειτουργεί ως κριτήριο επιλογής του υλικού από τα κείμενα. Συγκεκριμένα, ο ορισμός καθορίστηκε ως: Κάθε αναφορά στα

κείμενα που δεν αναπαριστά με τον επιστημονικά αποδεκτό τρόπο έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών και μπορεί να οδηγήσει σε εναλλακτικές ιδέες (Driver et al. 2000). Στη συνέχεια, διατυπώθηκε το επίπεδο αφαίρεσης, δηλαδή το πόσο περιορισμένο ή όχι θα είναι το περιεχόμενο των κατηγοριών. Αυτό, λοιπόν, ορίστηκε ως το ευρύτερο πεδίο των Φυσικών Επιστημών στο οποίο περιλαμβάνεται η κάθε κατηγορία, δηλαδή: Αστρονομία, Οπτική κτλ.
Εφόσον καθορίστηκαν τα παραπάνω, καταχωρήθηκαν όλα τα κείμενα στο λογισμικό και αναγνώστηκαν. Κάθε απόσπασμα με λάθη ή ανακρίβειες στις Φυσικές Επιστήμες σχημάτιζε μια κατηγορία ή υπαγόταν σε μια υπάρχουσα. Τέλος, για τον έλεγχο της αξιοπιστίας και την καθιέρωση ενός συστήματος κατηγοριών, χρησιμοποιήθηκε η συμφωνία στην κωδικογράφηση από τον ίδιο ερευνητή σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές (intra-coder agreement), συγκεκριμένα μετά την πάροδο έξι μηνών.

3. Αποτελέσματα

Συνολικά καταγράφηκαν στα παραμύθια 52 αποσπάσματα με λάθη και ανακρίβειες σε έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, που μπορεί να δημιουργήσουν εναλλακτικές ιδέες στα παιδιά. Τα αποσπάσματα αυτά οργανώθηκαν σε σύστημα τεσσάρων κατηγοριών: Αστρονομία (23%), Οπτική (31%), Μηχανική (29%), και Διάφορα (17%).
Σύμφωνα με τον Mayring (2014), το αποτέλεσμα της ανάλυσης περιεχομένου είναι μια λίστα κατηγοριών, που περιλαμβάνει τον τίτλο κάθε κατηγορίας, τον ορισμό, παραδείγματα από τα κείμενα, και κανόνες κωδικογράφησης, όπου είναι απαραίτητο. Τα αποτελέσματα, λοιπόν, δίνονται σε μορφή πίνακα (Πίνακας 1), που περιλαμβάνει τη λίστα κατηγοριών. Για τις ανάγκες τις συγκεκριμένης έρευνας, ωστόσο, προστέθηκαν η Επιστημονική άποψη και οι Εναλλακτικές ιδέες. Η Επιστημονική άποψη παρέχει την επικρατούσα επιστημονική άποψη για τα φαινόμενα και τις έννοιες που καταγράφηκαν, ενώ οι Εναλλακτικές ιδέες παρέχουν τις εναλλακτικές ιδέες που μπορεί να δημιουργηθούν στα παιδιά.

4. Συμπεράσματα

Από την παρούσα έρευνα προκύπτει πως τα επτά παραμύθια του Charles Perrault, που μελετήθηκαν, περιέχουν λάθη και ανακρίβειες σε θέματα των Φυσικών Επιστημών.
Όσον αφορά τα επιμέρους χαρακτηριστικά των λαθών και ανακριβειών, φαίνεται πως πολλές αναφορές συμβαδίζουν με θεωρίες του παρελθόντος. Για παράδειγμα, η περιγραφή της Δύναμης ως ιδιότητας των σωμάτων σχετίζεται με την αριστοτελική άποψη. Επιπλέον, κάποια αποσπάσματα ερμηνεύουν τα φαινόμενα με βάση δεδομένα που λαμβάνονται από τις αισθήσεις. Τα αποτελέσματα, επίσης, συνδέονται και με εκφράσεις που χρησιμοποιούνται στην καθημερινή ζωή ενώ σε κάποιες έννοιες της Φυσικής, όπως στο βάρος, αποδίδεται διαφορετική σημασία. Αυτή η απόδοση διαφορετικής σημασίας στις έννοιες μπορεί να οδηγήσει σε δυσκολίες στην κατανόηση των αντίστοιχων επιστημονικών εννοιών.
Μια αιτία για την ύπαρξη αυτών των ανακριβειών μπορεί να είναι η εποχή της συγγραφής. Τον 17^{ο} αιώνα, που καταγράφηκαν τα παραμύθια, πολλές θεωρίες των Φυσικών Επιστημών δεν ταυτίζονταν με τις επιστημονικές αντιλήψεις του 21^{ου} αιώνα. Επιπλέον, ο Perrault συγκέντρωσε τα παραμύθια, τα οποία ήταν γνωστά και διαδίδονταν μόνο με τον προφορικό λόγο, για να τα μετατρέψει σε ηθικές ιστορίες που θα ήταν αποδεκτές από τους ενήλικες (Zipes 2012). Ο σκοπός του, λοιπόν, δεν ήταν οι αναγνώστες να εμπλουτίσουν τις γνώσεις τους στη Φυσική. Τέλος, είναι πιθανόν στα παραμύθια να έχουν καταγραφεί εναλλακτικές ιδέες των μεταφραστών ή των διασκευαστών τους, καθώς αποτελούν προϊόντα μετάφρασης.
Τα αποτελέσματα συνάδουν με αποτελέσματα ερευνών στο περιεχόμενο παιδικών βιβλίων γνώσης. Για παράδειγμα, ανακρίβειες για τη Σελήνη καταγράφηκαν και στην έρευνα των

Trundle et al. (2008). Τα παιδιά, λοιπόν, διαβάζουν λάθη και ανακρίβειες στις Φυσικές Επιστήμες σε διαφορετικά είδη παιδικής λογοτεχνίας.

Ωστόσο, δεν αποκλείουμε τη χρήση των βιβλίων αυτών από τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στην έρευνα των McClelland και Krockover (1996) φαίνεται πως τα παιδιά με κατάλληλη καθοδήγηση έρχονται σε γνωστική σύγκρουση και αναδομούν τις εναλλακτικές ιδέες που έχουν οικοδομήσει από την ανάγνωση ανακριβειών. Η εκτέλεση πειραμάτων, οι παρατηρήσεις, και η σύγκριση των παραμυθιών με ακριβή βιβλία γνώσης, θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μια κριτική προσέγγιση των παραμυθιών και στην οικοδόμηση επιστημονικών γνώσεων. Τέλος, μια πρόταση για περαιτέρω έρευνα αποτελεί η εμπειρική μελέτη της επίδρασης των παραμυθιών στις γνώσεις των παιδιών σε θέματα Φυσικών Επιστημών.

Πίνακας 1: Το σύστημα κατηγοριών

Κατηγορία	**Ορισμός κατηγορίας**	**Παραδείγματα**	**Επιστημονική άποψη**	**Εναλλακτικές ιδέες**
Αστρονομία	Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται κάθε αναφορά που δεν αναπαριστά με τον επιστημονικά αποδεκτό τρόπο τη Σελήνη και τον Ήλιο και μπορεί να οδηγήσει σε εναλλακτικές ιδέες σχετικά με: i. το φως της Σελήνης, καθώς παρουσιάζεται ως αυτόφωτη ii. τη διαδοχή ημέρας-νύχτας, την αστρονομική κίνηση του Ήλιου, και την απόσταση Ήλιου-Γης iii. Συμπεριλαμβάνονται και τα ανθρωπομορφικά στοιχεία που αποδίδονται στον Ήλιο και στη Σελήνη.	i. *«…έλαμπε τόσο γλυκά, έτσι όπως ούτε φεγγάρι ούτε ήλιος έλαμψε ποτέ.»* (Η ωραία κοιμωμένη) ii. *«…περίμενε να πέσει η νύχτα…»* (Η βασιλοπούλα με το γαϊδουροτόμαρο) iii. *«…σ' ένα βασίλειο τόσο απέραντο που μόνο ο ήλιος ήξερε πού άρχιζε και που τελείωνε…»*, *«το φεγγάρι ζήλεψε… κι αρνήθηκε να βγει στον ουρανό...»* (Η βασιλοπούλα με το γαϊδουροτόμαρο)	i. Η Σελήνη ανακλά το φως του Ήλιου που πέφτει στην επιφάνειά της, είναι ετερόφωτο ουράνιο σώμα (Αυγολούπης & Σειραδάκης 2009). ii. Η διαδοχή ημέρας νύχτας οφείλεται στη περιστροφή της γης γύρω από τον άξονα της κάθε 24 ώρες. Διαδοχικά ένας τόπος στην επιφάνειά της περνά από τη σκιά στο φως. Η μέση απόσταση του Ήλιου από τη Γη ανέρχεται, κατά προσέγγιση, σε 149.600.000 χιλιόμετρα.	i. Η Σελήνη λάμπει, εκπέμπει δικό της φως όπως ο Ήλιος, είναι αυτόφωτη. ii. Ο Ήλιος καλύπτεται από το σκοτάδι/νύχτα. Ο Ήλιος βρίσκεται κοντά στη Γη, πάνω σε αυτήν ή είναι προσβάσιμος. iii. Η Σελήνη είναι ζωντανός οργανισμός, βλέπει, έχει συναισθήματα (π.χ. ζηλεύει), εμφανίζεται κατά βούληση. Ο Ήλιος είναι ζωντανός οργανισμός, βλέπει, έχει γνώσεις.
Οπτική	Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται κάθε αναφορά που δεν αναπαριστά με τον επιστημονικά αποδεκτό τρόπο φαινόμενα που σχετίζονται με την Οπτική και μπορεί να οδηγήσει σε εναλλακτικές ιδέες σχετίζεται με: i. την όραση και τη λειτουργία των ματιών, καθώς τα μάτια εκπέμπουν φωτεινές ακτίνες ή η λειτουργία τους δεν συνδέεται με το φως	i. *«Το δωμάτιο ήταν σκοτεινό. Μόλις η κοπέλα άρχισε να συνηθίζει το σκοτάδι…»*(Ο Γαλαζογένης), *«Ο απεσταλμένος του βασιλιά ήταν έτοιμος να φύγει, όταν το μάτι του πήρε τη Σταχτοπούτα…»* (Η Σταχτοπούτα) ii. *«…την οδήγησαν στη μεγάλη αίθουσα του χορού, που έλαμπε από εκατοντάδες φώτα…»* (Η	i. Όταν οι φωτεινές ακτίνες φτάνουν στα μάτια, διαθλώνται στον κρυσταλλοειδή φακό του ματιού και εστιάζονται πάνω στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, όπου σχηματίζεται το είδωλο της εικόνας. Το οπτικό ερέθισμα μεταφέρεται στον εγκέφαλο μέσα από το οπτικό νεύρο. Για να	i. Η όραση είναι μια ενεργητική διαδικασία. Βλέπουμε επειδή φωτεινές ακτίνες από τα μάτια μας πέφτουν πάνω στα αντικείμενα. Δηλαδή, κάτι φεύγει από το μάτι μας στο αντικείμενο. Βλέπουμε στο σκοτάδι. Η όραση οφείλεται αποκλειστικά στα μάτια, περιορίζεται μόνο στην λειτουργία των ματιών. Βλέπουμε

	και τη δραστηριότητα του εγκεφάλου ii. τη φύση του φωτός, καθώς η λέξη φως χρησιμοποιείται και για την πηγή που το παράγει iii. τα αυτόφωτα και τα ετερόφωτα σώματα, καθώς κάποια ετερόφωτα σώματα λάμπουν.	Σταχτοπούτα) iii. *«…ένα μεγαλόπρεπο φόρεμα, κεντημένο με τόσα ρουμπίνια και διαμάντια, που έλαμπε πιο πολύ κι από τον ήλιο…»* (Η βασιλοπούλα με το γαϊδουροτόμαρο)	διακρίνουμε ένα αντικείμενο πρέπει να φωτίζεται (Hewitt 2007). ii. Το Φως είναι ένα εγκάρσιο ηλεκτρομαγνητι κό κύμα το οποίο εκπέμπεται από μια πηγή και μεταφέρει ενέργεια (Hewitt 2007). iii. Τα ετερόφωτα σώματα επανεκπέμπουν το φως που προσπίπτει στην επιφάνειά τους από μια πρωτογενή ή δευτερογενή πηγή φωτός (Hewitt 2007).	απλώς με το να κοιτάζουμε. Τα μάτια λειτουργούν αυτόνομα. ii. Το φως ταυτίζεται με τη φωτεινή πηγή. iii. Οι πολύτιμοι λίθοι/πετράδια, όπως τα διαμάντια και τα ρουμπίνια, ο χρυσός λάμπουν, δηλαδή εκπέμπουν φως, άρα είναι αυτόφωτα σώματα. Κατ' επέκταση βλέπουμε επειδή τα αντικείμενα στέλνουν δικό τους φως.
Μηχανική	Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται κάθε αναφορά που δεν αναπαριστά με τον επιστημονικά αποδεκτό τρόπο την έννοια της Δύναμης και του Βάρους και μπορεί να οδηγήσει σε εναλλακτικές ιδέες, καθώς: i. η Δύναμη συνδέεται με: τη μυϊκή δύναμη των ζωντανών οργανισμών, την κατανάλωση τροφής, τα συναισθήματα ή την κοινωνική θέση των ατόμων ii. το Βάρος εμφανίζεται ως ιδιότητα των σωμάτων ή σχετίζεται με τα	i. *«Σιγά μην πιστέψω ότι είσαι τόσο δυνατός…»* (Ο γενναίος ραφτάκος), *«Ήταν ένα μικρό, πεινασμένο σπουργίτι, που αδύναμο καθώς ήταν, έπεσε στην πόρτα του σπιτιού του.»* (Ο γενναίος ραφτάκος), *«Ούτε τα πλούτη του ούτε η δύναμή του θα του χρησιμέψουν…»* (Η βασιλοπούλα με το γαϊδουροτόμαρο) ii. *«… κουβαλώντας τον βαρύ κουβά γεμάτο με νερό…»* (Οι νεράιδες), *«Όσο και αν σε βαραίνει η στενοχώρια*	i. Μια δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα είναι δυνατό να το παραμορφώσει, να το σταματήσει όταν κινείται, να το κινήσει όταν αυτό είναι ακίνητο, να επιταχύνει ή να επιβραδύνει την κίνηση του όταν αυτό κινείται. Για να ασκηθεί μια δύναμη σε ένα σώμα είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός δεύτερου σώματος. Η δύναμη είναι έλξη ή άπωση (Hewitt 2007) ii. Το βάρος	i. Η δύναμη είναι ιδιότητα των σωμάτων, των μεμονωμένων αντικείμενων και όχι αλληλεπίδραση ανάμεσα σε δύο αντικείμενα. Έτσι, ένας άνθρωπος είναι δυνατός, έχει δύναμη. Η κατανάλωση φαγητού αυξάνει τη δύναμη κάποιου. Κάποιος που έχει εξουσία έχει ''δύναμη''- η έννοια δύναμη χρησιμοποιείται με διαφορετική σημασία απ' ότι στη φυσική. ii. Ο κουβάς είναι βαρύς. Ένα συναίσθημα, για παράδειγμα η

	συναισθήματα.	*σου…»* (Η βασιλοπούλα με το γαϊδουροτόμαρο)	είναι η δύναμη που ασκείται σε ένα σώμα λόγω της βαρύτητας, m*g (Hewitt 2007).	στενοχώρια ή η θλίψη, είναι βαρύ.
Διάφορα	Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται τα αποσπάσματα που είτε δεν κατατάσσονται στις παραπάνω κατηγορίες είτε δεν έχουν κάποιο κοινό χαρακτηριστικό για να σχηματίσουν μια νέα κατηγορία.	*«…σαν το βάζο που το αναποδογύρισε ξαφνικά ο αέρας.»* (Η βασιλοπούλα με το γαϊδουροτόμαρο), *«Έκανε τόσο κρύο που τα δάκρυα που γυάλιζαν στα βλέφαρά της πάγωναν και κυλούσαν σαν διαμάντια πάνω στα βελούδινα μάγουλά της.»* (Η βασιλοπούλα με το γαϊδουροτόμαρο)	Τον ακίνητο αέρα δεν τον αισθανόμαστε. Ο ατμοσφαιρικός αέρας ωστόσο κινείται. Οι μετακινήσεις μαζών του ατμοσφαιρικού αέρα δημιουργούν το φαινόμενο του ανέμου. Η ποσότητα που μας λέει πόσο ψυχρό ή θερμό είναι ένα αντικείμενο ονομάζεται θερμοκρασία.	Ο αέρας ταυτίζεται με τον άνεμο, καθώς προκαλεί κίνηση των αντικειμένων. Ο αέρας και ο άνεμος είναι ίδιες έννοιες. Κατ' επέκταση, δυσκολία να αντιληφθούν ότι ο αέρας υπάρχει παντού γύρω μας. Το κρύο και η ζέστη/ζεστασιά αποτελούν ουσίες/οντότητες που υπάρχουν γύρω μας και διαδίδονται.

Τα αποτελέσματα αυτά θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε προτάσεις για την καλύτερη αξιοποίηση των βιβλίων αυτών στη μάθηση και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

5. Βιβλιογραφία

Αυγολούπης, Σ. & Σειραδάκης, Ι. (2009). *Παρατηρησιακή Αστρονομία*. Θεσσαλονίκη: Πλανητάριο.

Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών* (Μ. Χατζή, Μετάφ.). Αθήνα: Τυπωθήτω.

Hewitt, P. G. (2007). *Οι Έννοιες της Φυσικής* (Ε. Σηφάκη & Ι. Παπαδόγγονας, Μετάφ.). Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Μπονίδης, Κ. (2004). *Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου ως αντικείμενο έρευνας. Διαχρονική εξέταση της σχετικής έρευνας και μεθοδολογικές παρατηρήσεις.* Αθήνα: Μεταίχμιο.

O'Sullivan, E. (2010). *Συγκριτική Παιδική Λογοτεχνία* (Π. Πανάου, Μετάφ.). Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο. (Το πρωτότυπο έργο δημοσιεύτηκε το 2005).

Gerrig, R. J. (1989). Suspense in the absence of uncertainty. *Journal of Memory and Language*, *28*(6), 633–648.

Gerrig, R. J. (1993). *Experiencing narrative worlds: On the psychological activities of reading.* Yale University Press: New Haven, CT.

Gerrig, R. J. & Rapp, D. N. (2004). Psychological processes underlying literary impact. *Poetics Today*, *25*(2), 265-281.

Green, M. C. & Brock, T. C. (2000). The role of transportation in the persuasiveness of public narratives. *Journal of Personality and Social Psychology*, *79*(5), 701-721.

Kazantzidou, D. & Kotsis, K. (in press). Errors and inaccuracies about the environment in fairy tales: An analysis of written text. *Science Education: Research & Praxis.*

Mayer, D. A. (1995). How Can We Best Use Children's Literature in Teaching Science Concepts? *Science and Children*, *32*(6), 16-19.

Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt. Retrieved from http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-395173

McClelland, A. K. & Krockover, G. H. (1996). Children's understandings of science: Goldilocks and the Three Bears revisited. *Journal of Elementary Science Education*, *8*(2), 32-65.

Morrow, L. M., Pressley, M., Smith, J. K. & Smith, M. (1997). The Effect of a Literature-Based Program Integrated into Literacy and Science Instruction with Children from Diverse Backgrounds. *Reading Research Quarterly*, *32*(1), 54-76.

Rice, D. C. (2002). Using Trade Books in Teaching Elementary Science: Facts and Fallacies. *The Reading Teacher*, *55*(6), 552-565.

Schussler, E. E. (2008). From flowers to fruits: How children's books represent plant reproduction. *International Journal of Science Education*, *30*(12), 1677-1696.

Trundle, K. C., Troland, T. H. & Pritchard, T. G. (2008). Representations of the Moon in Children's Literature: An Analysis of Written and Visual Text. *Journal of Elementary Science Education*, *20*(1), 17-28.

Zipes, J. (2015). *The Oxford Companion to Fairy Tales*. New York: Oxford University Press.

Zipes, J. (2012). *The Irresistible Fairy Tale: The Cultural and Social History of a Genre*. Princeton, NJ: Princeton UP.

ΜΙΑ ΣΧΟΛΙΚΗ ΕΠΙΣΚΕΨΗ ΣΕ ΕΝΑ ΤΕΧΝΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΜΟΥΣΕΙΟ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΕΝΝΟΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

Αναστάσιος Ζουπίδης[1], *Μαρία Καρνέζου*[2]
[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2] Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας ΝΟΗΣΙΣ

Περίληψη

Στην εργασία αυτή, διερευνήσαμε εάν η επίσκεψη 18 μαθητών Β΄ Γυμνασίου σε ένα τεχνοεπιστημονικό μουσείο βελτίωσε: α) τις ερμηνείες τους για φαινόμενα που σχετίζονταν με συγκεκριμένα εκθέματα, και β) τη στάση τους απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες - ΦΕ. Η επίσκεψη διακρίθηκε σε τρεις φάσεις: προετοιμασία στο σχολείο, επίσκεψη στο μουσείο και συζητήσεις ανάδρασης στο σχολείο. Η συλλογή των δεδομένων έγινε με γραπτό ερωτηματολόγιο πρόβλεψης και ερμηνείας τριών φαινομένων (βαρύτητα, θερμική ισορροπία και πλεύση – βύθιση), πριν και μετά την επίσκεψη. Οι ερμηνείες των μαθητών παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση, ενώ η στάση τους απέναντι στις ΦΕ παρουσίασε ενδείξεις βελτίωσης.

Abstract

In this research, we investigated whether a field trip of 18 junior high students to a science and technology museum improved a) the way they interpret the phenomena correlated to specific exhibits, and b) their interest concerning science. The project took place in three distinct phases: the preparation before the visit, the museum visit and reflection discussions back at school. The data collection was accomplished using a written questionnaire on predicting and interpreting three phenomena (gravity, thermal equilibrium and floating – sinking) before and after the visit. Students' interpretations showed statistically significant improvement, while several indications supported students' interest increase.

1. Εισαγωγή

Οι επισκέψεις σε μουσεία συνήθως περιγράφονται ως σύντομα, περιστασιακά γεγονότα, τα οποία συνδέονται κυρίως με συναισθηματικά και λιγότερο με γνωστικά οφέλη (Eshach 2006). Λαμβάνοντας υπόψη αυτά τα χαρακτηριστικά, είναι μάλλον δύσκολο να επιτευχθούν γνωστικά οφέλη. Ωστόσο, τα συναισθήματα είναι στενά συνδεδεμένα με τη μάθηση (Alsop & Watts 2003). Επίσης, τα αντικείμενα στα μουσεία, είτε πρόκειται για πραγματικά αντικείμενα είτε για αναπαραστάσεις ή κείμενα, περιγράφονται ως απτά παραδείγματα επιστημονικών εννοιών και θεωριών. Με άλλα λόγια, τα αντικείμενα στα μουσεία προορίζονται να δημιουργήσουν ή / και να αλλάξουν τις αντιλήψεις για την επιστήμη (Leinhardt & Crowley 2002).

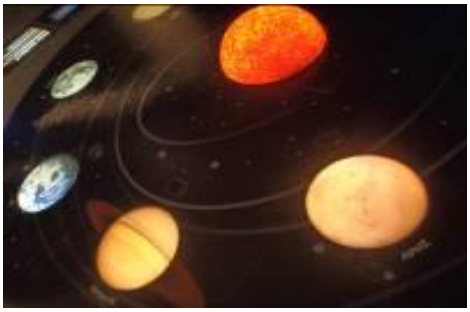
Η εμπλοκή με τα εκθέματα προσφέρει στους επισκέπτες / μαθητές απτά παραδείγματα επιστημονικών εννοιών και η αλληλεπίδραση με τους εκπαιδευτικούς θέτει το πλαίσιο για εννοιολογική ανάπτυξη ή / και αλλαγή. Σε αντίθεση με το σχολείο, όπου οι προσφερόμενες εμπειρίες δεν έχουν συνήθως τη δυνατότητα επανάληψης, καθώς οι εκπαιδευτικοί ακολουθούν το αναλυτικό πρόγραμμα, τα μουσεία είναι χώροι, τους οποίους οι άνθρωποι έχουν τη δυνατότητα να επισκεφθούν κατ' επανάληψη στη διάρκεια της ζωής τους.

Με αυτό τον τρόπο, οι επισκέπτες / μαθητές, καθώς αποκτούν πολλές σύντομες αλλά θετικές εμπειρίες, αναπτύσσουν ή αλλάζουν την εννοιολογική κατανόηση των επιστημονικών φαινομένων. Οι σύγχρονες απόψεις για την εννοιολογική αλλαγή συμφωνούν με αυτή τη θέση (Adams et al. 2008). Επομένως, τα μουσεία μπορούν να αποτελέσουν μαθησιακά περιβάλλοντα, τα οποία υποστηρίζουν την εννοιολογική αλλαγή (Vosniadou et al. 2008).

2. Μεθοδολογία

Στην περίπτωσή μας, 18 μαθητές Β' Γυμνασίου, επισκέφθηκαν το Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας – ΝΟΗΣΙΣ στη Θεσσαλονίκη, με 4 καθηγητές Φυσικών Επιστημών. Η επίσκεψη εντάχθηκε στο πλαίσιο ενός προγράμματος σχολικών δραστηριοτήτων με τίτλο «Η Επιστήμη ως πολιτιστική κληρονομιά» και πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις: προετοιμασία στο σχολείο, επίσκεψη στο μουσείο και συζητήσεις ανάδρασης στο σχολείο. Οι στόχοι της επίσκεψης ήταν δύο: α) να βελτιώσει τις ερμηνείες των μαθητών σε τρία φαινόμενα (βαρύτητα, θερμική ισορροπία και πλεύση – βύθιση) και β) να καλλιεργήσει θετική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες.
Πριν από την επίσκεψη, οι μαθητές ενημερώθηκαν για το περιεχόμενο και τη δομή της επίσκεψης και συμπλήρωσαν ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο περιλάμβανε ερωτήσεις πρόβλεψης και ερμηνείας των τριών φαινομένων, που σχετίζονταν με συγκεκριμένα συμμετοχικά εκθέματα. Οι ερωτήσεις για την βαρύτητα, τη θερμική ισορροπία και την πλεύση / βύθιση ήταν, αντίστοιχα, οι εξής:

Εικόνα 1: Έκθεμα για την βαρύτητα



Εικόνα 2: Έκθεμα για τη θερμική ισορροπία

Εικόνα 3: Έκθεμα για την πλεύση / βύθιση

1. Εάν ανέβεις σε κάθε πλανήτη του ηλιακού μας συστήματος (εικόνα 1), θα διαβάσεις σε μια φωτεινή ένδειξη το βάρος σου στον πλανήτη αυτό. Θα είναι το βάρος σου ίδιο σε όλους τους πλανήτες; (ΝΑΙ, ΟΧΙ). Γιατί το νομίζεις αυτό;

2. Στην εικόνα 2, βλέπουμε τέσσερις επιφάνειες από διαφορετικά υλικά (ξύλο, πλεξιγκλάς, αλουμίνιο, σίδηρος). Ποια από αυτές τις επιφάνειες θα έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία και ποια θα έχει μικρότερη; Γιατί το νομίζεις αυτό;

3. Στην εικόνα 3 βλέπουμε έναν μεγάλο διάφανο κύλινδρο, ο οποίος είναι γεμάτος με νερό. Στο εσωτερικό του κυλίνδρου υπάρχει μια μινιατούρα δύτη που κρατιέται από ένα δοκιμαστικό σωλήνα, ο οποίος εκτός από νερό περιέχει εγκλωβισμένη και μια μικρή ποσότητα αέρα. Το έμβολο που φαίνεται στο ορθογώνιο παραλληλόγραμμο είναι τραβηγμένο προς τα επάνω. Τι νομίζεις ότι θα συμβεί εάν πιέσεις το έμβολο προς τα κάτω: Α. ο δύτης θα ανέβει πιο ψηλά, Β. ο δύτης θα κατέβει χαμηλότερα, Γ. ο δύτης δεν θα αλλάξει θέση. Γιατί το νομίζεις αυτό;

Ο στόχος μας ήταν να καταγράψουμε τις ιδέες των μαθητών για τα συγκεκριμένα φαινόμενα πριν από την επίσκεψη στο μουσείο και να τους κινήσουμε το ενδιαφέρον, έτσι ώστε κατά την επίσκεψη να αναζητήσουν τα αντίστοιχα εκθέματα και να αλληλεπιδράσουν με αυτά. Το ερωτηματολόγιο και η επίσκεψη χρησιμοποιήθηκαν ως ερεθίσματα, ώστε οι μαθητές να θέσουν κατάλληλες ερωτήσεις και να εμπλακούν σε αναστοχαστικές συζητήσεις.
Στο εκθετήριο με τα συμμετοχικά εκθέματα (Τεχνοπάρκο), οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες, με έναν καθηγητή ανά ομάδα και άρχισε η εμπλοκή τους με τα εκθέματα. Οι εκπαιδευτικοί ακολούθησαν τους μαθητές, απαντώντας στις ερωτήσεις τους. Ο ξεναγός, σε συνεννόηση με τους συγγραφείς του άρθρου, απλά παρακολούθησε τη δραστηριότητα των ομάδων.
Πίσω στην τάξη, πραγματοποιήθηκαν τρεις 40λεπτες συναντήσεις, όπου οι μαθητές συζήτησαν για τα εκθέματα που τους προκάλεσαν ενδιαφέρον και χρησιμοποίησαν δομημένο φύλλο εργασίας (δες Παράρτημα), το οποίο εστίαζε στα τρία φαινόμενα του αρχικού ερωτηματολογίου και τα αντίστοιχα συμμετοχικά εκθέματα. Οι μαθητές πραγματοποίησαν πραγματικές ή προσομοιωμένες αναπαραστάσεις των τριών φαινομένων με βάση το δομημένο φύλλο εργασίας.
Υποθέσαμε ότι οι ερμηνείες των μαθητών θα άλλαζαν μετά την επίσκεψη και τις τρεις συναντήσεις στο σχολείο, καθώς οι μαθητές θα προσπαθούσαν να συμβιβάσουν τις αρχικές τους ιδέες με τις αντίστοιχες επιστημονικά αποδεκτές, καταλήγοντας ακόμη και σε συνθετικά μοντέλα, τα οποία αργότερα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως μια σκάλα προς την επιστημονική γνώση (Vosniadou, Vamvakoussi & Skopeliti 2008).
Για τον έλεγχο της υπόθεσης, οι μαθητές συμπλήρωσαν ξανά το αρχικό ερωτηματολόγιο μετά την ολοκλήρωση των τριών συναντήσεων στο σχολείο. Οι ερμηνείες των μαθητών ομαδοποιήθηκαν λαμβάνοντας υπόψη την επιθυμητή γνώση στην οποία στόχευε η επίσκεψη και τη σχετική βιβλιογραφία (Driver et al. 1998, Lefkos et al. 2011, Zoupidis et al. 2016). Έτσι, σε κάθε περίπτωση προέκυψαν τέσσερις κατηγορίες: άσχετες ή λανθασμένες απαντήσεις – *κατηγορία 0*, εναλλακτικές απόψεις – *κατηγορία 1*, υπονοείται το αναμενόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα – *κατηγορία 2*, αναμενόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα – *κατηγορία 3*.
Πιο συγκεκριμένα, οι ερμηνείες για το φαινόμενο της βαρύτητας (ερώτηση 1) κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής: Οι απαντήσεις που ήταν άσχετες ή λανθασμένες, π.χ. *«δεν υπάρχει βαρύτητα στους άλλους πλανήτες»,* κατατάχθηκαν στην κατηγορία 0. Οι απαντήσεις, χωρίς αναφορά στη σχέση μεταξύ βάρους μαθητή και μάζας πλανήτη, π.χ. *«γιατί κάθε πλανήτης έχει διαφορετική βαρύτητα»*, κατατάχθηκαν στην κατηγορία 1. Οι απαντήσεις, όπου η σχέση μεταξύ βάρους μαθητή και μάζας πλανήτη υπονοούνταν, π.χ. *«επειδή το βάρος σε*

κάθε πλανήτη δεν είναι το ίδιο, για παράδειγμα στο φεγγάρι είναι το 1/6 από ό,τι στη γη», κατατάχθηκαν στην κατηγορία 2. Τέλος, οι απαντήσεις, όπου γινόταν σαφής αναφορά στη σχέση μεταξύ βάρους μαθητή και μάζας πλανήτη, π.χ. *«το βάρος είναι ανάλογο της μάζας κάθε πλανήτη»*, κατατάχθηκαν στην κατηγορία 3.

Αντίστοιχα, οι ερμηνείες για το φαινόμενο της θερμικής ισορροπίας (ερώτηση 2) κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής: Οι απαντήσεις που ήταν άσχετες ή λανθασμένες, π.χ. *«Μεγαλύτερη θερμοκρασία θα έχει το ξύλο επειδή μπορεί να καεί πιο εύκολα από τα άλλα»,* κατατάχθηκαν στην κατηγορία 0. Οι απαντήσεις, στις οποίες γίνεται αναφορά στις αισθήσεις μας, π.χ. *«μικρότερη θερμοκρασία θα έχει το σίδηρο επειδή το νιώθουμε πιο κρύο»*, κατατάχθηκαν στην κατηγορία 1. Οι απαντήσεις, στις οποίες υπονοείται η θερμική ισορροπία με το περιβάλλον ή ότι το υλικό δεν επηρεάζει την τελική θερμοκρασία, π.χ. *«Έχουν την ίδια θερμοκρασία γιατί βρίσκονται στον ίδιο χώρο»* ή *«Όλες θα έχουν ίση θερμοκρασία γιατί η θερμοκρασία δε μεταβάλλεται από υλικό σε υλικό»*, κατατάχθηκαν στην κατηγορία 2. Τέλος, οι απαντήσεις, όπου γινόταν σαφής αναφορά στη θερμική ισορροπία με το περιβάλλον, π.χ. *«Όλα έχουν την ίδια θερμοκρασία γιατί όλα βρίσκονται στον ίδιο χώρο απλά το σίδηρο έχει μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα όταν το αγγίζουμε το νιώθουμε πιο κρύο»* ή *«Όλα τα υλικά θα έχουν την ίδια τιμή θερμοκρασίας. Αυτό γιατί τα υλικά σταδιακά αποκτούν τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος»*, κατατάχθηκαν στην κατηγορία 3.

Τέλος, οι ερμηνείες για το φαινόμενο της πλεύσης /βύθισης (ερώτηση 3) κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής: Οι απαντήσεις που ήταν άσχετες ή λανθασμένες, π.χ. *«Ο δύτης δεν θα αλλάξει θέση γιατί αν και υπάρχει αέρας εκεί μέσα δεν τραβά τον δύτη»,* κατατάχθηκαν στην κατηγορία 0. Οι απαντήσεις, στις οποίες χρησιμοποιείται ο αέρας χωρίς όμως να συνδεθεί με την έννοια της πυκνότητας, π.χ. *«Θα ανέβει πιο ψηλά λόγω του αέρα που περιέχει ο σωλήνας» ή «Ο δύτης θα ανέβει πιο ψηλά εξαιτίας της πίεσης του αέρα»*, κατατάχθηκαν στην κατηγορία 1. Οι απαντήσεις, στις οποίες υπονοείται η αύξηση της πυκνότητας του συστήματος, π.χ. *«Ο δύτης θα κατέβει χαμηλότερα γιατί θα δεχθεί πίεση επειδή θα μπει περισσότερο νερό στο σωληνάκι»* ή *«Ο δύτης θα κατέβει χαμηλότερα γιατί η πυκνότητα του νερού θα μεγαλώσει και ο αέρας θα μειωθεί»*, κατατάχθηκαν στην κατηγορία 2. Τέλος, οι απαντήσεις, όπου γινόταν σαφής αναφορά στην έννοια της πυκνότητας, π.χ. *«Ο δύτης θα κατέβει χαμηλότερα γιατί όταν πιέζουμε το έμβολο η πυκνότητα του σωλήνα γίνεται μεγαλύτερη του νερού και βυθίζεται»*, κατατάχθηκαν στην κατηγορία 3.

Η πιθανή αλλαγή στη στάση των μαθητών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες επιχειρήθηκε να καταγραφεί με ερωτήσεις ανοιχτού τύπου. Συγκεκριμένα, πριν από την προετοιμασία ζητήθηκε από τους μαθητές να εκφράσουν τις πιθανές προσδοκίες και δυσκολίες τους σε σχέση με αυτήν. Στο σχολείο, μετά την επίσκεψη και τη συζήτηση για τα συμμετοχικά εκθέματα, που προαναφέρθηκε, ζητήθηκε από τους μαθητές απαντήσουν σε δύο ερωτήματα: α) ποια ήταν τα συναισθήματα που κυριάρχησαν κατά τη διάρκεια της επίσκεψής τους στο ΝΟΗΣΙΣ, και β) για ποιον λόγο θα σύστηναν σε κάποιον φίλο τους να επισκεφτεί το ΝΟΗΣΙΣ, στο πλαίσιο ενός παρόμοιου προγράμματος.

3. Αποτελέσματα

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζουμε αρχικά τα αποτελέσματα σχετικά με την εννοιολογική κατανόηση της βαρύτητας, της θερμικής ισορροπίας και της πλεύσης – βύθισης, και στη συνέχεια τις ενδείξεις αλλαγής στη στάση των μαθητών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες.

Πίνακας 1: Οι επιλογές των μαθητών στις τρεις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου

	Ερώτηση 1		**Ερώτηση 2**		**Ερώτηση 3**	
Επιλογή	**Πριν**	**Μετά**	**Πριν**	**Μετά**	**Πριν**	**Μετά**
1: σωστή	18	18	1	18	1	18
0: λανθασμένη	0	0	17	0	17	0
Σύνολο	*18*	*18*	*18*	*18*	*18*	*18*

Καταρχάς, οι ερμηνείες των μαθητών παρουσίασαν στατιστικά σημαντική βελτίωση σε όλες τις περιπτώσεις (βαρύτητα $p < .01$, θερμική ισορροπία και πλεύση – βύθιση $p < .001$). Πιο αναλυτικά, στην ερώτηση 1 για το βάρος στους διάφορους πλανήτες, όλοι οι μαθητές έκαναν σωστή επιλογή τόσο πριν όσο και μετά την επίσκεψη (Πίνακας 1). Παρόλα αυτά, οι ερμηνείες τους διέφεραν σημαντικά. Πιο συγκεκριμένα, πριν την επίσκεψη, δέκα από τους δεκαοχτώ μαθητές κατατάχθηκαν στην κατηγορία 0, ενώ οι υπόλοιποι οκτώ κατατάχθηκαν στην κατηγορία 1. Μετά την επίσκεψη, μόνο τρεις μαθητές έδωσαν απάντηση στην κατηγορία 0, οκτώ μαθητές στην κατηγορία 1, δύο μαθητές στην κατηγορία 2 και πέντε μαθητές στην κατηγορία 3 (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Οι ερμηνείες των μαθητών στις τρεις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου

	Ερώτηση 1, Βαρύτητα		**Ερώτηση 2,** Θερμ. ισορροπία		**Ερώτηση 3,** Πλεύση / βύθιση	
Κατηγορία	**Πριν**	**Μετά**	**Πριν**	**Μετά**	**Πριν**	**Μετά**
3: αναμενόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα	0	5	0	11	0	4
2: αναμενόμενο μαθησιακό αποτέλεσμα υπονοείται	0	2	1	7	0	11
1: εναλλακτική άποψη	8	8	2	0	6	1
0: άσχετη ή λανθασμένη	10	3	15	0	12	3
Σύνολο	*18*	*18*	*18*	*18*	*18*	*18*

Στην ερώτηση 2 σχετικά με τη θερμική ισορροπία μόνο ένας από τους δεκαοκτώ μαθητές επέλεξε σωστά πριν την επίσκεψη, ενώ και οι δεκαοκτώ επέλεξαν σωστά μετά (Πίνακας 1). Πριν την επίσκεψη, οι ερμηνείες δεκαπέντε μαθητών κατατάχθηκαν στην κατηγορία 0, δύο μαθητών στην κατηγορία 1 και μόνο ενός μαθητή στην κατηγορία 2. Αντίθετα, μετά την επίσκεψη, οι ερμηνείες επτά μαθητών κατατάχθηκαν στην κατηγορία 2 και έντεκα μαθητών στην κατηγορία 3 (Πίνακας 2).
Τέλος, στην ερώτηση 3 σχετικά με το φαινόμενο της πλεύσης / βύθισης μόνον ένας από τους δεκαοκτώ μαθητές επέλεξε σωστά πριν την επίσκεψη, ενώ και οι δεκαοκτώ επέλεξαν σωστά μετά (Πίνακας 1). Πριν την επίσκεψη, οι ερμηνείες δώδεκα μαθητών κατατάχθηκαν στην κατηγορία 0 και έξι μαθητών στην κατηγορία 1. Αντίθετα, μετά την επίσκεψη, οι ερμηνείες μόνο τριών μαθητών κατατάχθηκαν στην κατηγορία 0, ενός μαθητή στην κατηγορία 1, έντεκα μαθητών στην κατηγορία 2 και τεσσάρων μαθητών στην κατηγορία 3 (Πίνακας 2).
Οι ενδείξεις που καταγράφηκαν σχετικά με τη στάση των μαθητών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες πριν και μετά την επίσκεψη φανερώνουν θετική διαφοροποίηση. Αρχικά, ζητήθηκε από τους μαθητές να εκφράσουν τις πιθανές προσδοκίες και δυσκολίες τους σε σχέση με την επίσκεψη στο ΝΟΗΣΙΣ και συγκεκριμένα στο εκθετήριο με τα συμμετοχικά

εκθέματα. Σχετικά με τις προσδοκίες: δέκα από τους μαθητές προσδοκούσαν πως θα αποκτήσουν νέες γνώσεις, τρεις μαθητές ότι θα κατανοήσουν καλύτερα τη Φυσική, τέσσερεις μαθητές φάνηκε να έχουν εσωτερικό κίνητρο, δηλώνοντας για παράδειγμα *«μου αρέσει»*, *«με ενδιαφέρει»*, ή *«θέλω να καταλάβω»*, και τέλος, ένας μαθητής προσδοκούσε ότι θα τον βοηθήσει στην επαγγελματική του καριέρα. Σχετικά με τις δυσκολίες: δώδεκα από τους δεκαοκτώ μαθητές ισχυρίστηκαν ότι αποθαρρύνονται από τους δύσκολους επιστημονικούς όρους, τις δύσκολες έννοιες, τα πολύπλοκα προβλήματα ή / και τις ακατανόητες θεωρίες.
Μετά την επίσκεψη, ζητήθηκε από τους μαθητές να καταγράψουν α) τα συναισθήματα που κυριάρχησαν κατά τη διάρκεια της επίσκεψής τους στο ΝΟΗΣΙΣ, και β) έναν λόγο για τον οποίο θα σύστηναν σε κάποιον φίλο τους να επισκεφτεί το ΝΟΗΣΙΣ.
Τα συναισθήματα που αναφέρθηκαν από τους μαθητές ήταν όλα θετικά, δηλαδή ενθουσιασμός, χαρά, θαυμασμός, έκπληξη, ενδιαφέρον και διασκέδαση. Στο δεύτερο ερώτημα, όλοι οι μαθητές θεώρησαν ότι η επίσκεψη, όπως πραγματοποιήθηκε στις τρεις φάσεις, ήταν σημαντική και για αυτό το λόγο θα τη σύστηναν σε κάποιον φίλο τους. Στον Πίνακα 3 φαίνεται ότι οι μαθητές εστιάζουν πια σε μεγάλο ποσοστό σε χαρακτηριστικά όπως «ευχάριστη» και «διασκεδαστική» εμπειρία και όχι μόνο στην απόκτηση νέων γνώσεων.

Πίνακας 3: Οι απαντήσεις των μαθητών στο ερώτημα *«για ποιον λόγο θα σύστηνες σε κάποιον φίλο σου να επισκεφτεί το ΝΟΗΣΙΣ, στο πλαίσιο ενός παρόμοιου προγράμματος;»*

Κατηγορία	**Μαθητές**
Χρήσιμες γνώσεις για την *καθημερινή ζωή*	4
Νέες γνώσεις και *ψυχαγωγία*	4
Νέες γνώσεις, *ευχάριστη* εμπειρία, εξοικείωση με τις Φυσικές Επιστήμες - ΦΕ	2
Συνδυασμός εκπαίδευσης και *διασκέδασης*	2
Αύξηση γνώσεων, καλλιέργεια *κριτικής* σκέψης	2
Είναι πραγματικά *διασκεδαστικό*	2
Νέες γνώσεις, *εκτός σχολικής ρουτίνας*	1
Αύξηση του *ενδιαφέροντος* για τις ΦΕ	1

Συνοψίζοντας, οι ερμηνείες των μαθητών στα τρία φαινόμενα που διαπραγματεύτηκαν στη διάρκεια των τριών φάσεων της επίσκεψης στο ΝΟΗΣΙΣ παρουσίασαν στατιστικά σημαντική μετατόπιση προς την επιθυμητή γνώση. Επίσης, υπάρχουν ενδείξεις ότι η επίσκεψη καλλιέργησε θετική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες.

4. Συμπεράσματα

Ο σκοπός της εργασίας ήταν να διερευνήσουμε εάν η επίσκεψη 18 μαθητών Β΄ Γυμνασίου σε ένα τεχνοεπιστημονικό μουσείο μπορούσε: α) να βελτιώσει τις ερμηνείες των μαθητών για φαινόμενα, που σχετίζονταν με συγκεκριμένα εκθέματα, και β) να καλλιεργήσει θετική στάση απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες. Τα αποτελέσματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στις ερμηνείες των μαθητών σε όλα τα φαινόμενα. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές μετά την επίσκεψη χρησιμοποίησαν σε μεγαλύτερο βαθμό επιστημονικούς όρους στις εξηγήσεις τους και ιδίως στη θερμική ισορροπία και την πλεύση – βύθιση. Θεωρούμε ότι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της επίσκεψης σε τρεις φάσεις (προετοιμασία, επίσκεψη και ανάδραση) ήταν σημαντικός παράγοντας στην προώθηση της εννοιολογικής αλλαγής. Επίσης, υπάρχουν ενδείξεις ότι η επίσκεψη καλλιέργησε θετική στάση απέναντι στις Φυσικές

Επιστήμες, γεγονός που ήταν αναμενόμενο με βάση την σχετική βιβλιογραφία (Eshach 2006). Συγκεκριμένα, οι μαθητές μετά την επίσκεψη ανέφεραν μόνο θετικά συναισθήματα, έδωσαν λιγότερη έμφαση στην απόκτηση νέων γνώσεων και οι αναφορές στις δύσκολες έννοιες και τις δυσνόητες θεωρίες των Φυσικών Επιστημών εξαλείφτηκαν.

Στην παρούσα μορφή της, η εργασία μπορεί να θεωρηθεί ως μια πιλοτική εφαρμογή μιας ευρύτερης προσπάθειας των συγγραφέων να προτείνουν ένα πλαίσιο σχεδιασμού, ανάπτυξης και εφαρμογής επισκέψεων σε τεχνοεπιστημονικά μουσεία. Με αυτή την έννοια, στους περιορισμούς της εργασίας περιλαμβάνεται καταρχάς η ανάγκη πιο στιβαρής θεωρητικής πλαισίωσης και συστηματικότερης περιγραφής των χαρακτηριστικών που είναι σημαντικό να έχουν τέτοιου είδους επισκέψεις. Επίσης, είναι σημαντικό να καταγραφούν με πιο συστηματικό τρόπο τα κίνητρα και το ενδιαφέρον των μαθητών πριν και μετά από μία τέτοια επίσκεψη. Με αυτόν τον τρόπο, οι ενδείξεις που παρουσιάσαμε σε αυτήν την εργασία θα αποτελούν αποδείξεις. Επιπλέον, θα είναι δυνατό να διερευνηθούν πιθανές συσχετίσεις μεταξύ αύξησης ενδιαφέροντος και εννοιολογικής αλλαγής. Όλα τα παραπάνω, αποτελούν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα και είναι στις προθέσεις των συγγραφέων.

5. Βιβλιογραφία

Adams, J.D., Tran, L.U., Gupta, P. & Creedon-O'Hurley, H. (2008). Sociocultural frameworks of conceptual change: implications for teaching and learning in museums. *Cultural Studies of Science Education*, 3, 435–449.

Alsop, S. & Watts, M. (2003). Science education and affect. *International Journal of Science* Education, 25, 1043–1047.

Eshach, H. (2006). Science Literacy in Primary Schools and Pre-schools. Netherlands: Springer.

Lefkos, I., Psillos, D. & Hatzikraniotis, E. (2011). Designing experiments on thermal interactions by secondary-school students in a simulated laboratory environment, *Research in Science & Technological Education*, *29*(2), 189-204, DOI: 10.1080/02635143.2010.533266

Leinhardt, G. & Crowley K. (2002). Objects of learning, objects of talk: Changing minds in museums. In S.G. Paris (Ed.), *Perspectives on object-centered learning in museums* (pp. 301–324). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

Vosniadou, S., Vamvakoussi, X. & Skopeliti, I. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change*, (pp. 205-239). New York, NY: Routledge.

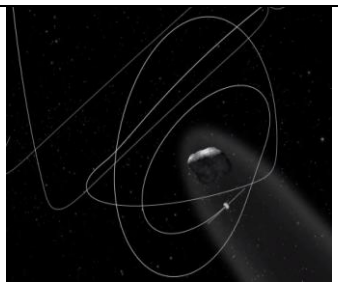
Zoupidis, A., Spyrtou, A., Malandrakis, G., Kariotoglou, P. (2016). The evolutionary refinement process of a Teaching Learning Sequence for introducing inquiry aspects and density as materials' property in floating / sinking phenomena, In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences*, (pp. 167-199), Springer.

6. Παράρτημα

Ονοματεπώνυμο : ……..

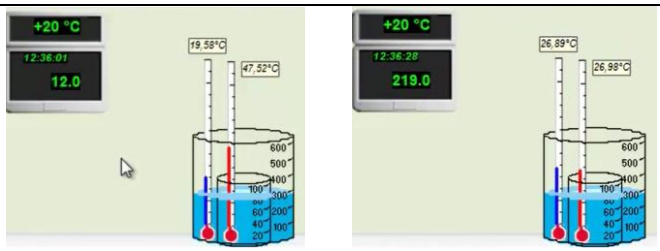
ΒΡΕΣ ΤΙΣ ΟΜΟΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΑ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

1. Να αναζητήσετε ομοιότητες μεταξύ των φαινομένων σε καθεμιά από τις παρακάτω περιπτώσεις και να τις συζητήσετε:

Το βάρος σου στη Γη και σε κάθε άλλο πλανήτη.	 Η τροχιά της Ροζέτα - προσέγγιση του κομήτη. *(δες βίντεο, κάνε την κατασκευή - πύραυλος)*

……...

2. Να αναζητήσετε ομοιότητες μεταξύ των φαινομένων σε καθεμιά από τις παρακάτω περιπτώσεις και να τις συζητήσετε:

Τα θερμόμετρα μετρούν ίδια τιμή θερμοκρασίας στα διαφορετικά υλικά.	 Το νερό στα δύο δοχεία σταδιακά αποκτά την ίδια θερμοκρασία. Ποια θα είναι η τελική θερμοκρασία του νερού στα δύο δοχεία μετά από πολλές ώρες; (Θερμοκρασία περιβάλλοντος 20° C)

……..

3. Να αναζητήσετε ομοιότητες μεταξύ των φαινομένων σε καθεμιά από τις παρακάτω περιπτώσεις και να τις συζητήσετε:

	Όταν πιέσω το έμβολο δεξιά, ο δύτης κατεβαίνει. Όταν αφήσω το έμβολο ο δύτης ανεβαίνει.	Όταν οι δεξαμενές έρματος του υποβρυχίου είναι γεμάτες με αέρα αυτό ανεβαίνει. Ό**ταν γεμίσουν με νερό κατεβαίνει.** ***(κάνε αντίστοιχη κατασκευή με μπουκάλι και γυάλινο στέλεχος)***

……..

ΑΝΑΠΑΡΙΣΤΩΝΤΑΣ ΤΙΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΑΘΛΗΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Γεώργιος Κυριάκου, Φανή Σέρογλου
ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ο σχεδιασμός του μοντέλου SPACK που επιχειρεί να συνδυάσει τον αθλητισμό με τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, με στόχο τη δημιουργία ολιστικών, εναλλακτικών, υπαίθριων δραστηριοτήτων για παιδιά Δημοτικού. Μια πρώτη περίπτωση εφαρμογής του μοντέλου πραγματοποιήθηκε σε Δημοτικά Σχολεία και κολυμβητήρια της Θεσσαλονίκης και 248 μαθητές και μαθήτριες συμμετείχαν σε αυτή. Δημιουργήθηκαν δραστηριότητες, ώστε να εξηγηθούν έννοιες κυρίως της φυσικής, μέσω της σωματικής δραστηριοποίησης, της χρήσης αναλογιών και της ενασχόλησης με αθλητικές δραστηριότητες, δηλαδή συνολικά μέσω της αναπαράστασης με διαφορετικούς τρόπους εννοιών φυσικών επιστημών. Ακολούθησε στατιστική ανάλυση (SPSS) με ενθαρρυντικά αποτελέσματα, καθώς οι μέσες επιδόσεις των μαθητών και των μαθητριών βελτιώθηκαν μετά την παρέμβαση.

Abstract

In this paper, the design of the SPACK model is presented. SPACK attempts to combine sports with science teaching in order to develop alternative outdoor activities for primary education. A first case study has been carried out in primary schools and swimming pools in Thessaloniki with 248 pupils participating. A variety of “sport and science” activities has been designed, developed and implemented focusing on concepts of physics. These activities represent concepts of natural sciences through body engagement, using analogies and participating in sport activities. Results have been highly encouraging since data analysis (SPSS) has brought forward a significant improvement in pupils’ performance in science.

1. Εισαγωγή

Στην εργασία αυτή, επιχειρείται να διερευνηθεί πώς η διδασκαλία μέσα από αθλητικές δραστηριότητες, επιδρά στην κατανόηση των εννοιών των φυσικών επιστημών στο Δημοτικό σχολείο. Δυο επιμέρους ερωτήματα που προκύπτουν από το παραπάνω, είναι αν υπάρχει σχέση ανάμεσα στην επίδοση των μαθητών, αναφορικά με τις έννοιες των φυσικών επιστημών, με το φύλο αλλά και ανάμεσα στην επίδοση και την ηλικία τους. Επιπρόσθετα, επιδιώκεται να συνδεθούν οι έννοιες των φυσικών επιστημών με συνήθειες και δράσεις της καθημερινής ζωής των παιδιών, να αναπτυχθούν και να καλλιεργηθούν δεξιότητές τους, ώστε να μπορούν να διαχειριστούν πληροφορίες από όλα τα πεδία γνώσης και εμπειρίας προκειμένου να λαμβάνουν αποφάσεις, να αναπτυχθεί η κριτική τους σκέψη ώστε ως μελλοντικοί πολίτες να είναι μη χειραγωγούμενοι και ενεργοί, να δέχονται απόψεις μόνο αιτιολογημένες και πλήρεις, να θεμελιώνουν τις δικές τους με επιχειρήματα, αλλά και να έχουν σεβασμό και προσήλωση στα αποδεικτικά στοιχεία (Hewitt 2014, Κουμαράς 2014,

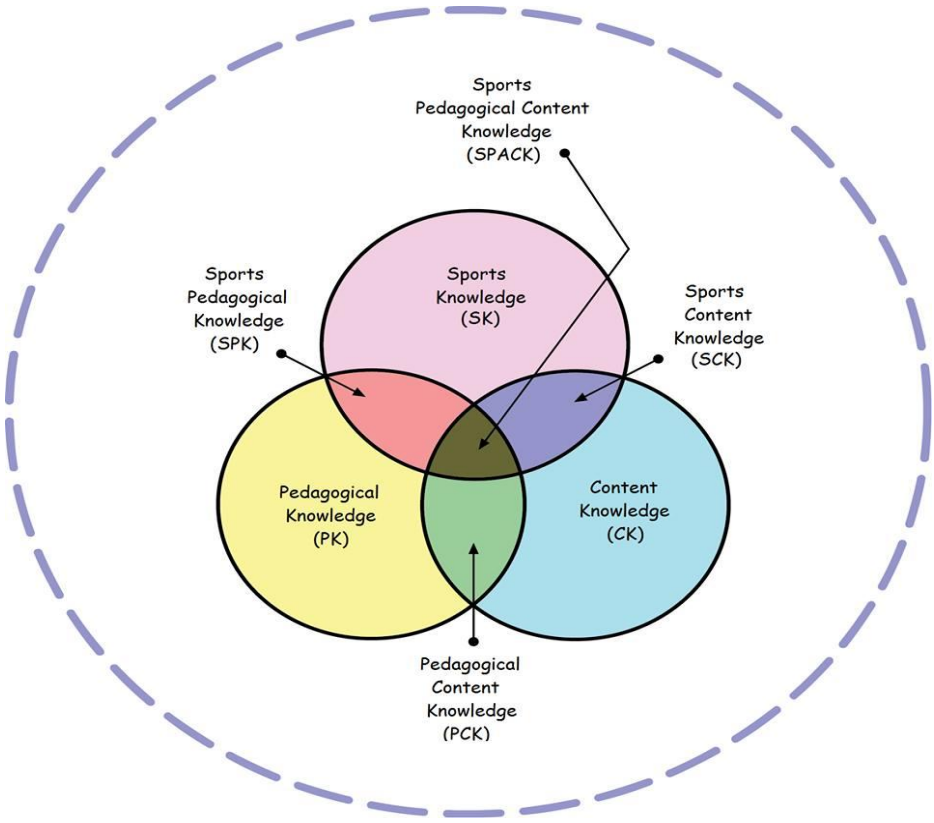
Σέρογλου 2006). Εισάγοντας, λοιπόν, τη σωματική δραστηριοποίηση και τις αθλητικές δραστηριότητες στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, φαίνεται πως καλλιεργούνται μια σειρά από δεξιότητες όπως: παρατήρηση, κινητοποίηση, προβληματισμός, διατύπωση ερωτήσεων, υπόθεση, πρόβλεψη, αμφισβήτηση, αιτιολόγηση απόψεων, συνεργασία, επικοινωνία, πειραματισμός, ερμηνεία (Ραζάκου κ.ά. 2003). Επίσης, ένας άλλος στόχος είναι να αλλάξει η εικόνα των παιδιών για τη φυσική, καθώς πολλά από αυτά τη θεωρούν απρόσιτη, βαρετή (Angell et al. 2004, Carlone 2003, Fischer & Horstendalh 1997, Logan & Skamp 2008, Woolnough & Cameron 1991). Οι μαθητές και οι μαθήτριες που μαθαίνουν φυσικές επιστήμες μέσω αθλητικών δραστηριοτήτων, ελέγχουν τις επιστημονικές θεωρίες και «πειραματίζονται» χρησιμοποιώντας το σώμα τους αλλά και αθλητικό εξοπλισμό, αντιμετωπίζουν και ξεπερνούν εναλλακτικές απόψεις, απολαμβάνουν τη διαδικασία και συμμετέχουν ενεργά όλοι και όλες, ανεξάρτητα από τις προηγούμενες επιδόσεις τους στα μαθήματα φυσικών επιστημών (Bryan 2010, Gomez et al. 2013, Hancock & Fornari 2012, Vourlias & Seroglou 2016, Vourlias et al. 2016).

2. Μεθοδολογία

Για να διερευνηθεί πώς η διδασκαλία μέσα από αθλητικές δραστηριότητες, επιδρά στην κατανόηση των εννοιών των φυσικών επιστημών στο Δημοτικό σχολείο, καθώς επίσης και η ύπαρξη πιθανής σχέσης της κατανόησης, όπως διαφαίνεται στην επίδοση στα ερωτηματολόγια-τεστ, με το φύλο ή την ηλικία, δημιουργήθηκαν κάποιες δραστηριότητες βασιζόμενες στο μοντέλο SPACK (Sports Pedagogical Content Knowledge), που σχεδιάστηκε με αφόρμηση το μοντέλο TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) (Mishra & Koheler 2006). Με το SPACK επιχειρείται η σύζευξη και η αλληλεπίδραση τριών διαφορετικών πεδίων γνώσης: της γνώσης περιεχομένου, της παιδαγωγικής γνώσης, και της αθλητικής γνώσης. Η πρώτη αφορά τις γνώσεις του εκπαιδευτικού σχετικά με το αντικείμενο που διδάσκει, για παράδειγμα γνώσεις γύρω από το αντικείμενο της Φυσικής, όπως βασικές έννοιες και αρχές, θεωρίες κτλ. Η δεύτερη περιλαμβάνει όλες τις παιδαγωγικές γνώσεις του εκπαιδευτικού σχετικά με τη διδασκαλία ανεξάρτητα από το αντικείμενο που διδάσκεται, για παράδειγμα μεθόδους και προσεγγίσεις διδασκαλίας, τρόπους αξιολόγησης, πώς κατασκευάζουν τη γνώση τα παιδιά κτλ, ενώ η τρίτη αναφέρεται στις γενικές αθλητικές γνώσεις που έχει ένας εκπαιδευτικός, όπως τι είναι αερόβια και τι αναερόβια προπόνηση, κανόνες αθλημάτων κτλ. Εφόσον κάθε μια από αυτές τις γνώσεις αναπαρασταθούν με ένα κύκλο, όπως φαίνεται παρακάτω (Εικόνα 1), και αυτοί οι 3 κύκλοι τέμνονται, δημιουργούνται 3 τομές ανά ζευγάρι γνώσεων και συνεπώς, τρεις νέες γνώσεις σε συνδυασμό η μια με την άλλη, που μας οδηγεί στην κατανόηση του πώς αυτές μπορούν να αλληλεπιδράσουν και τι αποτελέσματα θα παράγουν. Η κοινή τομή των τριών αυτών γνώσεων αποτελεί και τον κεντρικό στόχο, δηλαδή να συνδυαστούν αυτές οι τρεις γνώσεις και να δημιουργηθεί η βάση για μια νέα καινοτόμα διδασκαλία. Έτσι, με βάση το μοντέλο SPACK σχεδιάστηκαν και αναπτύχθηκαν 19 υπαίθριες, βιωματικές δραστηριότητες, ενώ εφαρμόστηκαν 9 από αυτές σε μια σειρά από περιπτώσεις εφαρμογής σε 4 σχολεία και σε 3 κολυμβητήρια της Θεσσαλονίκης. Για παράδειγμα, σχετικά με τη δραστηριότητα γύρω από τη διδασκαλία του βάρος και της μάζας, χρησιμοποιήθηκαν: (1) το σκάμμα των σχολικών αυλών άρα και το άθλημα άλμα εις μήκος (αθλητική γνώση), (2) βασικές έννοιες και αρχές για τη δόμηση και τη σωστή παιδαγωγική πορεία της διδασκαλίας, σχετικά με το πως θα προβληματίσουμε τα παιδιά, πώς θα μιλήσουμε σε αυτά, πώς θα τα οργανώσουμε, θα τα οριοθετήσουμε και θα τα αξιολογήσουμε (παιδαγωγική γνώση), και (3) η γνώση περιεχομένου, που στη συγκεκριμένη περίπτωση αφορά τις γνώσεις φυσικής, όπως τι είναι βάρος, τι μάζα, από τι εξαρτώνται, ποια η διαφορά τους, ποια η διαφορά επιστημονικού με

καθημερινού λόγου κτλ. Η δειγματοληψία ήταν μη πιθανοτήτων, ευκολίας και συνολικά συμμετείχαν 248 παιδιά Πέμπτης (131 παιδιά) και Έκτης Δημοτικού (117 παιδιά). Στο σχολικό περιβάλλον συμμετείχαν 166 άτομα, 89 αγόρια, 73 κορίτσια, ενώ αντίστοιχα στα κολυμβητήρια 82 άτομα, 41 αγόρια και 41 κορίτσια. Οι εφαρμογές στα σχολεία αφορούσαν τις έννοιες της μάζας, του βάρους, της πυκνότητας και των διαλυμάτων, ενώ στο κολυμβητήριο την άνωση, την πυκνότητα και την ταχύτητα. Η διδακτική προσέγγιση που ακολουθήθηκε είχε στοιχεία κυρίως εποικοδομητισμού και διερεύνησης. Η αξιολόγηση των δραστηριοτήτων έγινε με ένα τεστ με τη μορφή ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο περιείχε κλειστές ερωτήσεις, πολλαπλής επιλογής. Για παράδειγμα: 1)Ένας νέος αθλητής θέλει να βελτιώσει την επίδοσή του στο άλμα εις μήκος. Σε ποιο από τα παρακάτω μέρη θα μπορέσει να έχει μεγαλύτερη επίδοση; (Ερώτηση 1 Σχολείου), 2)Βοηθάμε τον μπαμπά μας να κάνει μια συνταγή μαγειρικής. Για να πετύχει πρέπει να διαλύσουμε σε ένα ποτήρι νερό 3 κουταλιές ζάχαρη. Καταλάθος μας έπεσαν 6. Διάλεξε τις σωστές απαντήσεις για να γίνει το κορεσμένο διάλυμα ακόρεστο ξανά (Ερώτηση 4 σχολείου) 3)Για ποιο λόγο μια κίνηση μέσα στο νερό, όπως να ανοιγοκλείσεις τα χέρια σου είναι πιο δύσκολη από ότι έξω από το νερό; (Ερώτηση 1 κολυμβητηρίου) 3)Ποιος έχει μεγαλύτερη πυκνότητα: Ένα παιδί μέσα στη πισίνα ή ένα παιδί μαζί με 4 μακαρόνια μέσα στη πισίνα; (Ερώτηση 2 κολυμβητηρίου) Υπήρχαν 2 διαφορετικά τεστ, ένα για το σχολικό περιβάλλον και ένα για το κολυμβητήριο. Το ίδιο τεστ συμπληρώθηκε από τα παιδιά στο σχολείο και το κολυμβητήριο αντίστοιχα, σε τρεις διαφορετικές χρονικές στιγμές: μια μέρα πριν, μια μέρα μετά και δέκα μέρες μετά την παρέμβαση. Προκειμένου να εξεταστεί πιθανή μεταβολή της επίδοσης των μαθητών στο τεστ, οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν ως εξής, ώστε να βγουν οι μέσοι όροι στις τρεις χρονικές στιγμές: σωστές (2 βαθμοί), σωστές κατά το ήμισυ (1 βαθμός) και λανθασμένες (0 βαθμοί). Τέλος, για την ανάλυση των απαντήσεων στα τεστ χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πακέτο SPSS 22.0.

Εικόνα 1: Μοντέλο SPACK



3. Αποτελέσματα

Με την ανάλυση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (repeated measures analysis) πραγματοποιήθηκαν συγκρίσεις ανάμεσα στους μέσους όρους των απαντήσεων των μαθητών και των μαθητριών, για κάθε μια δραστηριότητα, στις τρεις χρονικές στιγμές (Πίνακες 1 και 2). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλών συγκρίσεων Bonferroni, το οποίο έδειξε στατιστικώς σημαντική διαφορά στις απαντήσεις των μαθητών την πρώτη και τη δεύτερη χρονική στιγμή, $Sig = .001 < p = 0.05$, ενώ η βελτιωμένη επίδοση, όπως φάνηκε, διατηρήθηκε και στην τρίτη χρονική στιγμή. Διαπιστώθηκε, ότι οι μέσοι όροι των επιδόσεων των παιδιών, τόσο στο σχολείο όσο και στο κολυμβητήριο αυξήθηκαν σημαντικά μετά την παρέμβαση. Οι αυξημένες επιδόσεις τους διατηρήθηκαν και δέκα μέρες μετά. Επίσης, έγινε φανερό ότι το φύλο και η ηλικία δεν σχετίζονται με την επίδοση των μαθητών στα συγκεκριμένα ερωτηματολόγια.

Πίνακας 1: Μέσοι όροι των επιδόσεων στις τέσσερις ερωτήσεις του τεστ, τις τρεις χρονικές στιγμές, στο σχολικό περιβάλλον

Ερωτήσεις στο τεστ του σχολείου	**Μέσοι όροι 1 μέρα πριν τη διδασκαλία**	**Μέσοι όροι 1 μέρα μετά τη διδασκαλία**	**Μέσοι όροι 10 μέρες μετά τη διδασκαλία**
1 Ερώτηση για μάζα-βάρος	**0,36**	**0,78**	**0,8**
2 Ερώτηση για πυκνότητα	**0,34**	**0,7**	**0,76**
3 Ερώτηση για θερμότητα	**0,75**	**0,9**	**0,93**
4 Ερώτηση για διαλύματα	**0,98**	**1,68**	**1,7**

$p < .05$

Πίνακας 2: Μέσοι όροι των απαντήσεων στις έξι ερωτήσεις του τεστ τις τρεις χρονικές στιγμές, στο κολυμβητήριο

Ερωτήσεις στο τεστ του κολυμβητηρίου	**Μέσοι όροι 1 μέρα πριν τη διδασκαλία**	**Μέσοι όροι 1 μέρα μετά τη διδασκαλία**	**Μέσοι όροι 10 μέρες μετά τη διδασκαλία**
1 Ερώτηση για πυκνότητα	**0,76**	**1,35**	**1,4**
2 Ερώτηση για πυκνότητα	**0,2**	**0,63**	**0,65**
3 Ερώτηση για άνωση	**0,7**	**0,99**	**1**
4 Ερώτηση για πυκνότητα	**0,76**	**1,48**	**1,5**
5 Ερώτηση για άνωση	**0,74**	**0,99**	**0,98**
6 Ερώτηση για ταχύτητα	**0,73**	**1**	**1**

$p < .05$

4. Συμπεράσματα

Η στατιστική ανάλυση έδειξε ενθαρρυντικά αποτελέσματα σχετικά με την επίδραση των αθλητικών δραστηριοτήτων στις επιδόσεις των μαθητών και των μαθητριών. Η παρέμβαση τόσο στο σχολικό περιβάλλον όσο και το κολυμβητήριο υπήρξε στατιστικώς σημαντική, καθώς οι μέσες επιδόσεις των παιδιών στο τεστ παρουσίασαν βελτίωση μετά τη διδασκαλία. Τα γνωστικά οφέλη που οι μαθητές αποκόμισαν φάνηκε να διατηρούνται χρονικά, διότι δεν υπήρχαν μεγάλες μεταβολές μεταξύ του δεύτερου και τρίτου τεστ, δηλαδή μια μέρα μετά και δέκα μέρες μετά την παρέμβαση. Μπορεί, λοιπόν, να υποστηριχθεί πως η εφαρμογή αυτών των δραστηριοτήτων επέδρασε στο γνωστικό επίπεδο των παιδιών. Επιπλέον, μπορεί να ειπωθεί πως –τουλάχιστον όσον αφορά την παρούσα έρευνα – φυσικές επιστήμες και αθλητισμός συναντούνται δημιουργικά και αποτελεσματικά στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, και συνδυάζονται λειτουργικά σε μια υπαίθρια διδασκαλία. Δύσκολες και περίπλοκες έννοιες των φυσικών επιστημών οπτικοποιούνται και σωματοποιούνται στα πλαίσια των αθλητικών δραστηριοτήτων που αναπτύχθηκαν με βάση το μοντέλο SPACK. Είναι σημαντικό πως όλα τα παιδιά συμμετείχαν στις δραστηριότητες με τη θέλησή τους, ενώ παράλληλα εκδήλωναν ενθουσιασμό και ζήλο κατά την πραγματοποίησή τους, έδειχναν περιέργεια αλλά και χαρά, ήταν ενεργητικά και κινητοποιημένα. Τα στοιχεία αυτά, αν και άρρητα, λειτούργησαν για εμάς ως θετική ανατροφοδότηση εκ μέρους των παιδιών. Έτσι, μελλοντικά, θα μπορούσαν να σχεδιαστούν και να εφαρμοστούν επιπρόσθετες δραστηριότητες που να συνδυάζουν τις φυσικές επιστήμες με τον αθλητισμό σύμφωνα με το SPACK εστιάζοντας στη διδασκαλία πληθυσμών με μαθησιακά προβλήματα, με αναπηρία ή και πληθυσμών που προέρχονται από διαφορετικά πολιτισμικά και πολύγλωσσα περιβάλλοντα ακολουθώντας το δρόμο για ένα σχολείο για όλους, ένα σχολείο χωρίς διακρίσεις και αποκλεισμούς, ένα σχολείο κατανόησης και συνεργασίας, για ένα σχολείο ένταξης και δυνητικά, για μια κοινωνία ένταξης.

5. Βιβλιογραφία

Κουμαράς, Π. (2014). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες με στόχο την καλλιέργεια Γνώσεων και Ικανοτήτων για τη ζωή, Υλικό για το μάθημα: Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για την ανάπτυξη Γνώσεων και Ικανοτήτων. Θεσσαλονίκη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ραζάκου, Φ., Τσαπακίδου, Α., Μπέης, Κ., Τσομπανάκη, Θ. (2003). Διερεύνηση Παραγόντων που Σχετίζονται με την Ενασχόληση των Παιδιών Ηλικίας 7-12 ετών με τον Αθλητισμό. *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό, 1*(2), 143-151.

Σέρογλου, Φ. (2006). *Φυσικές επιστήμες για την εκπαίδευση του πολίτη.* Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.

Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K. & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, But Fun. Pupils' and Teachers' View of Physics and Physics Teaching. *Science Education, 88*(5), 683-706.

Bryan, J. (2010). Investigating the conservation of mechanical energy using video analysis: four cases, *Physics Education, 45*, 50-57.

Carlone, H. B. (2003). Innovative science within and against a culture of "achievement". *Science Education, 87*(3), 307-328.

Fischer, H. E. & Horstendalh, M. (1997). Motivation and Learning Physics. *Research in science education, 27*(3), 411-424.

Gómez, H. J. J., Marquina, V., Gómez, R. W. (2013). On the performance of Usain Bolt in the 100 m sprint. *European Journal of Physics, 34*(5), 1227-1233.

Hancock, J. B. & Fornari, M. (2012). Minds-on audio-guided activities (MAGA): more than hearing and better than seeing. *The Physics Teacher, 50*(5), 288-291.

Hewitt, P. G. (2014). *Το ουσιαστικό που λείπει: η εννοιολογική κατανόηση της Φυσικής.* Μετάφραση : Κουμαράς, Π., Πιερράτος, Θ. Επιμέλεια : Κουμαράς, Π., Πιερράτος, Θ. Θεσσαλονίκη, Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση.

Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054. doi: 10.1111/j.1467-9620.2006. 00684.x

Vourlias, K. & Seroglou, F. (2016). Professor Usain Bolt Welcomes You to the Schoolyard: Physics for Champions. *The Physics Teacher, 54*, 45. http://dx.doi.org/10.1119/1.4937973

Vourlias, K., Leci, A. & Seroglou, F. (2016). Modelling scientific concepts in the school grounds. *School Science Review, 97*(361).

ΑΝΑΓΝΩΡΙΖΟΝΤΑΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΣΤΟΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟ ΚΟΣΜΟ: ΕΝΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ

Νατάσσα Κυριακοπούλου[1], Στέλλα Βοσνιάδου[2]

[1]Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[2]Flinders University

Περίληψη

Στην παρούσα έρευνα θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης όπου εξετάστηκαν οι υποθέσεις ότι εάν ενισχύσουμε την ικανότητα Θεωρίας του Νου (Θ.τ.Ν) των παιδιών (1) θα βελτιώσουμε την επιστημολογική κατανόησή τους και (2) θα βοηθήσουμε περαιτέρω τα παιδιά να αναγνωρίσουν αντιφατικούς επιστημονικούς ισχυρισμούς. Ως ΘτΝ ορίζεται η ικανότητα απόδοσης νοητικών καταστάσεων στον εαυτό μας και στους άλλους. Είκοσι μαθητές της 5ης δημοτικού συμμετείχαν σε μια διδακτική παρέμβαση διάρκειας 17 ωρών. Τα αποτελέσματα έδειξαν σημαντικά οφέλη για τους μαθητές της πειραματικής ομάδας όσον αφορά την ανάπτυξη της ικανότητας Θ.τ.Ν., την επιστημική τους κατανόηση και την κατανόηση φαινομένων του φυσικού κόσμου.

Abstract

In the present research we report on the results of an intervention study which tested the hypotheses that if we enhance children's theory of mind ability (ToM) (1) we can foster epistemological understanding, and (2) help children to better understand counter-intuitive scientific explanations. ToM refers to the ability to attribute mental states to ourselves and the others. Twenty fifth-graders received a seventeen-hour instruction during their school program. The results showed significant pre/post gains for the experimental group regarding children's theory of mind ability, epistemic stance, and science understanding.

1. Εισαγωγή

Η μάθηση στις φυσικές επιστήμες βασίζεται σε σημαντικό βαθμό στην ικανότητα των παιδιών να χειρίζονται με ευελιξία διαφορετικές αναπαραστάσεις ανάλογα με το υπάρχον πλαίσιο αναφοράς (Pozo, Gomez & Sanz, 1999. Spada, 1994. Vosniadou, Vamvakoussi & Skopeliti, 2008). Όμως, αν και κατά τη διαδικασία μάθησης στις φυσικές επιστήμες τα παιδιά μαθαίνουν να χρησιμοποιούν επιστημονικές αναπαραστάσεις μέσα στο σχολικό πλαίσιο και συνεχίζουν να χρησιμοποιούν τις φαινομενικές τους αναπαραστάσεις στην καθημερινότητά τους, δεν κατανοούν ακόμη το πώς αυτές οι αναπαραστάσεις συνδέονται μεταξύ τους (Vosniadou, 2003). Για παράδειγμα, τα παιδιά του δημοτικού δυσκολεύονται να κατανοήσουν πώς το μοντέλο της σφαιρικής γης σχετίζεται με το μοντέλο της επίπεδης γης πάνω στην οποία φαίνεται να ζουν οι άνθρωποι ή πώς η επιστημονική εξήγηση για την

εναλλαγή ημέρας-νύχτας σχετίζεται με αυτό που βλέπουν, τον ήλιο να εξαφανίζεται πίσω από τα βουνά ή τα σύννεφα.

Η υπόθεση ότι τα μικρά παιδιά χρησιμοποιούν αυθόρμητα πολλαπλές αναπαραστάσεις με έναν συστηματικό, λογικό τρόπο, δεν φαίνεται να επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών μας (Κυριακοπούλου & Βοσνιάδου, 2004, 2008. Vosniadou & Kyriakopoulou, 2006). Τα ευρήματά μας δείχνουν ότι τα μικρά παιδιά δυσκολεύονται να αναπτύξουν μια τέτοια επιστημολογική οπτική η οποία απαιτεί σημαντικά μεταγνωσιακά επιτεύγματα. Δυσκολεύονται δηλαδή να ερμηνεύσουν και να αξιολογήσουν διαφορετικές αναπαραστάσεις που αναφέρονται σε μια ίδια κατάσταση στον κόσμο κάτι που πιθανό να τα εμποδίζει κατά τη διαδικασία απόκτησης γνώσης. Έτσι, δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν τις αναπαραστάσεις τους ως θεωρητικές οντότητες που μπορεί και να διαψευστούν ή και να αντικατασταθούν. Για μεγάλο χρονικό διάστημα λοιπόν, θεωρούν ότι υπάρχει μόνο μια «αλήθεια» των πραγμάτων κάτι που οδηγεί τους μαθητές σε πολλαπλές παρανοήσεις και ενισχύει εγωκεντρικές ερμηνείες και μονοδιάστατες οπτικές του κόσμου μας.

Τα αποτελέσματα νεώτερων μελετών μας έχουν δείξει ότι μια τέτοια επιστημολογική οπτική είναι πιθανό να εμφανίζεται αρχικά στην ικανότητα των παιδιών να σκέφτονται για τις διαφορές ανάμεσα στις πεποιθήσεις τους και τις πεποιθήσεις των άλλων στο πεδίο του κοινωνικού κόσμου, στη Θεωρία τους για το Νου (ΘτΝ) (Κυριακοπούλου & Βοσνιάδου, 2011, 2013). Τα αποτελέσματα των μελετών αυτών υποστηρίζουν το επιχείρημά μας ότι η ΘτΝ, η Προσωπική Επιστημολογία (ΠΕ) και η Θεωρία του Φυσικού Κόσμου (ΘτΦΚ) σχετίζονται σημαντικά μεταξύ τους και χαρακτηρίζονται από μια κοινή γνωστική-επιστημολογική δομή που αναφέρεται στην ερμηνεία και αναθεώρηση της γνώσης. Είναι πιθανό αυτή η κοινή δομή να επιτρέπει στο υποκείμενο να μεταβεί σε πολλαπλές αναπαραστάσεις των ίδιων φαινομένων στον κόσμο και να κατανοήσει τη φύση της γνώσης η οποία αναπτύσσεται σε διάφορα επίπεδα και γίνεται σταδιακά πιο αβέβαιη και εξαρτημένη από το πλαίσιο. Επιπλέον, τα ευρήματα τείνουν να υποστηρίζουν και την ύπαρξη ενός αναπτυξιακού μονοπατιού με κατεύθυνση ΘτΝ → ΠΕ → ΘτΦΚ (Kyriakopoulou & Vosniadou, 2014).

Η αναπτυσσόμενη ικανότητα ΘτΝ φάνηκε να σχετίζεται σημαντικά με τις επιστημικές πεποιθήσεις που διαμορφώνουν τα παιδιά για τη γνώση. Η κατανόηση ότι καθένας μας κατασκευάζει το ατομικό του νόημα είναι πιθανό να σχετίζεται με την κατανόηση ότι οι πεποιθήσεις μας για τον κόσμο δεν είναι απλές αντιγραφές της πραγματικότητας, αλλά αποτελούν προϊόν και κατασκεύασμα του ανθρώπινου νου. Τα ευρήματα μας τείνουν να υποστηρίζουν και τα θεωρητικά επιχειρήματα διαφόρων ερευνητών για τη σχέση Θεωρίας του Νου και Προσωπικής Επιστημολογίας (Chandler, Hallett & Sokol, 2002; Kuhn, 2000)

Τα αποτελέσματα των μελετών έδειξαν επίσης ότι η ικανότητα των παιδιών να σκέφτονται για το νοητικό κόσμο και η επιστημολογική τους εκλέπτυνση σχετίζονται με την επιστημονική τους σκέψη και την ικανότητά τους να στοχάζονται πάνω σε αντιφατικές συλλήψεις της πραγματικότητας του φυσικού κόσμου. Η επίγνωση ότι οι πηγές γνώσης μας επηρεάζουν τον τρόπο που βλέπουμε τον κόσμο μας και τις πεποιθήσεις μας για αυτόν είναι πιθανό να σχετίζεται με την ικανότητα των παιδιών να διακρίνουν ανάμεσα σε μια θεωρία και τα εμπειρικά δεδομένα για αυτή, μια διάκριση που θεωρείται πολύ σημαντική για την ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης (Kuhn, 2001).

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να διερευνηθεί πώς η εφαρμογή ενός εκπαιδευτικού προγράμματος, όπου ενθαρρύνεται η αναζήτηση πολλαπλών οπτικών στα τρία πεδία γνώσης, βοηθά τους μαθητές να αναπτύξουν κριτική σκέψη, έλεγχο των αναπαραστάσεών τους και κατανόηση του κατασκευάσιμου χαρακτήρα της γνώσης. Ειδικότερα, σκοπός ήταν να παρέχουμε ευκαιρίες στους μαθητές να εργαστούν σε τρία επίπεδα. Σε ένα αρχικό επίπεδο προωθείται η αναζήτηση πολλαπλών οπτικών στο πεδίο του κοινωνικού κόσμου, σε ένα

δεύτερο επίπεδο «χτίζουμε» πιο εκλεπτυσμένες επιστημικές πεποιθήσεις πάνω στην κατανόηση αυτή και σε ένα τρίτο επίπεδο χρησιμοποιούμε την παραπάνω γνώση προκειμένου να διευκολύνουμε την εννοιολογική αλλαγή στο χώρο των φυσικών επιστημών.
Με βάση την προτεινόμενη θεωρητική σχέση ανάμεσα στα πεδία Θ.τ.Ν, ΠΕ και ΘτΦΚ σχεδιάστηκε μια διδακτική παρέμβαση όπου εξετάστηκαν οι υποθέσεις: (1) αν ενισχύσουμε την ικανότητα Θ.τ.Ν και βοηθήσουμε τα παιδιά να κατανοήσουν ότι καθένας μας κατασκευάζει το δικό του νόημα, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή τη γνώση προκειμένου να αναπτύξουμε περισσότερο την επιστημολογική τους κατανόηση αναφορικά με την αβέβαιη φύση της γνώσης (2) μια πιο εκλεπτυσμένη ΠΕ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βοηθήσει τα παιδιά να αναγνωρίσουν ότι μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μια αναπαραστάσεις για μια ίδια κατάσταση στον κόσμο.

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά ερωτήματα

Συμμετέχοντες

Η ομάδα ελέγχου αποτελούνταν από 20 μαθητές 5ης δημοτικού (μ.ο. ηλικίας 10 έτη & 7 μήνες) οι οποίοι έλαβαν παραδοσιακή διδασκαλία τριών ωρών για βασικές έννοιες της παρατηρησιακής αστρονομίας α) *το Σχήμα και οι κινήσεις της γης*, β) *Ο άξονας και η περιστροφή της γης- ημέρα και νύχτα* και γ) *το Ηλιακό μας σύστημα*, ακολουθώντας το επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα του Υπουργείου Παιδείας.

Η πειραματική ομάδα αποτελούνταν από 20 μαθητές 5^{ης} δημοτικού (μ.ο. ηλικίας 10 έτη & 7 μήνες) οι οποίοι συμμετείχαν σε μια διδακτική παρέμβαση διάρκειας 17 ωρών, σε βάθος τριών μηνών, στη βάση των θεωρητικών σχέσεων ανάμεσα στη ΘτΝ, την ΠΕ και τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες.

Διδακτική Παρέμβαση

Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας δέχτηκαν αρχικά τρεις ώρες παρέμβασης στο πεδίο ΘτΝ με στόχο να κατανοήσουν την ύπαρξη διαφορετικών πεποιθήσεων και να στοχαστούν πάνω στις διαφορετικές πηγές γνώσης που μπορεί να έχει ο καθένας και στο πώς μπορεί να επηρεάσουν την κατασκευή της γνώσης. Τα παιδιά συζήτησαν για διάφορα σενάρια όπου ο ήρωας είχε μια λανθασμένη πεποίθηση, αναγνώρισαν ότι ο καθένας από εμάς κατασκευάζει τις δικές του πεποιθήσεις με βάση τις δικές του πηγές γνώσης καθώς και ότι αυτή η γνώση μπορεί στην πραγματικότητα να βρίσκεται σε αντίθεση με τη γνώση κάποιου άλλου. Άκουσαν επίσης και διάβασαν διάφορες ιστορίες από την παράδοση της Θεωρίας του Νου και επεξεργάστηκαν τα νοητικά μοντέλα των ηρώων χρησιμοποιώντας «σύννεφα σκέψης» σαν μορφές αναπαράστασης.
Στη συνέχεια έλαβαν επτά ώρες εκπαίδευση στο πεδίο της ΠΕ. Στο πεδίο αυτό οι διδακτικές παρεμβάσεις στόχευαν στο να είναι πιο αποτελεσματικοί οι μαθητές στη δημιουργία επιχειρημάτων, στην αξιολόγηση των εμπειρικών δεδομένων και στη χρήση επιστημονικών κριτηρίων για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας ενός επιστημονικού επιχειρήματος, στο συντονισμό δηλαδή θεωρίας και αποδείξεων και στην κατανόηση του αβέβαιου χαρακτήρα της γνώσης. Συζήτησαν για διαφορετικούς ισχυρισμούς γνώσης, ασχολήθηκαν με την κατασκευή επιχειρημάτων, ενθαρρύνθηκαν να προσεγγίσουν τη θεωρία και τα εμπειρικά δεδομένα ως διακριτές οντότητες και συζήτησαν για διάφορες επιστημονικές αντιπαραθέσεις.

Τέλος, έλαβαν διδασκαλία επτά ωρών για διάφορα φαινόμενα παρατηρησιακής αστρονομίας. Στόχος ήταν οι μαθητές να συλλογιστούν με βάση επιστημονικές εξηγήσεις φαινομένων που βασίζονται σε εννοιολογικά μοντέλα, αναγνωρίζοντας τις διαφορές ανάμεσα στα μοντέλα που βασίζονται στις αντιληπτικές μας εμπειρίες και στις επιστημονικές εξηγήσεις που μαθαίνουμε. Τα παιδιά συζήτησαν διαφορετικές εξηγήσεις φαινομένων της παρατηρησιακής αστρονομίας και είχαν την ευκαιρία να σκεφτούν για το πώς τα νέα εμπειρικά δεδομένα μπορούν να αλλάξουν τον τρόπο που αντιλαμβανόμαστε τον κόσμο, π.χ. επίπεδη γη έναντι σφαιρικής γης. Οι μαθητές δημιούργησαν τα δικά τους μοντέλα για διάφορα φαινόμενα όπως η εναλλαγή ημέρας/νύχτας, η βαρύτητα και το πλανητικό σύστημα και πραγματοποίησαν πειράματα προκειμένου να κατανοήσουν τις διαφορές ανάμεσα στις φαινομενικές μας εξηγήσεις και στις επιστημονικές εξηγήσεις. Διάβασαν επίσης κείμενα για την ανάπτυξη νέων επιστημονικών μοντέλων στην επιστήμη και συζήτησαν για την αβεβαιότητα της γνώσης, την ύπαρξη διαφορετικών επιστημονικών μοντέλων ανάλογα με το πλαίσιο και τη διαδικασία αναθεώρησης των μοντέλων υπό το φως των νέων εμπειρικών δεδομένων.

Δοκιμασίες

Σε όλους τους συμμετέχοντες δόθηκαν κατά τον προέλεγχο και μεταέλεγχο α) δοκιμασίες που αφορούσαν στην απόδοση λανθασμένων πεποιθήσεων για φαινόμενα του κοινωνικού κόσμου (*ΘτΝ*), β) δοκιμασίες για τη διερεύνηση των επιστημικών πεποιθήσεων (*ΠΕ*) και γ) δοκιμασία για τη διερεύνηση των πεποιθήσεων για φαινόμενα του φυσικού κόσμου (*ΘτΦΚ*).
Ειδικότερα κατά τον προέλεγχο δόθηκαν: 1) ΘτΝ: μια δοκιμασία αναγνώρισης λανθασμένης πεποίθησης 2^{ης} τάξης, η *Ice Cream Story* (Perner & Wimmer, 1985) και μια δοκιμασία αναγνώρισης λανθασμένης πεποίθησης 3^{ης} τάξης, η *Διπλή Μπλόφα* από τις *Παράξενες Ιστορίες* (Happe, 1994) προκειμένου να διερευνηθεί η ικανότητα απόδοσης πεποιθήσεων στους άλλους 2) Π.Ε.: το *Ερωτηματολόγιο Επιστημικής Σκέψης* (Kuhn, Cheney & Weinstock, 2000) και η *Συνέντευξη για τη Φύση της Επιστήμης* (Carey et al., 1989) προκειμένου να διερευνηθούν το επιστημικό προφίλ των μαθητών και 3) ΘτΦΚ: η *Δοκιμασία Συλλογισμού με βάση Μοντέλα* (Kyriakopoulou & Vosniadou, 2011) προκειμένου να διερευνηθεί η ικανότητά τους να στοχάζονται σε διαφορετικά μοντέλα του φυσικού κόσμου.
Κατά τον μεταέλεγχο δόθηκαν: 1) ΘτΝ: μια δοκιμασία αναγνώρισης λανθασμένης πεποίθησης 3^{ης} τάξης που αφορούσε στην κατανόηση της ειρωνείας (Muris et al., 1999), 2) ΠΕ: μια δοκιμασία *Διερεύνησης της επιστημικής σκέψης στα πεδία του κοινωνικού και φυσικού κόσμου* όπου δόθηκαν «Τα προβλήματα της Λιβίας και των ψαριών» (Kuhn, Iordanou, Pease & Wirkala, 2008), και η Συνέντευξη για τη Φύση της Επιστήμης (Carey et al., 1989) και 3) ΘτΦΚ: Δοκιμασία αναγνώρισης εμφάνισης –πραγματικότητας στο χώρο της Παρατηρησιακής Αστρονομίας (Kyriakopoulou & Vosniadou, 2011).

3. Αποτελέσματα

Οι απαντήσεις των παιδιών κατηγοριοποιήθηκαν σε μία Μικτή Ανάλυση Διακύμανσης [ομάδα (2)*χρονική στιγμή (2)*είδος δοκιμασίας (3)]. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι κατά τον προέλεγχο δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην επίδοση των δύο ομάδων αναφορικά με την ικανότητα ΘτΝ, το επιστημικό τους επίπεδο και την ικανότητά τους να συλλογίζονται σε μοντέλα του φυσικού κόσμου. Επιπλέον, η μικτή ανάλυση διακύμανσης που έγινε στο σύνολο των έργων έδειξε ότι και οι δύο ομάδες βελτίωσαν τις επιδόσεις τους

στον μεταέλεγχο ($F(1,39)=8.130; p<0.01$) αλλά η βελτίωση στην επίδοση της πειραματικής ομάδας ήταν στατιστικά σημαντικότερη από αυτή της ομάδας ελέγχου ($F(1,39)=12.011$; $p<0.001$) (βλ. Πίνακα 1).

Πίνακας 1: Μέση επίδοση της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου σε όλες τις δοκιμασίες στον προέλεγχο και τον μεταέλεγχο

	Χρονική στιγμή	Πειραματική Ομάδα		Ομάδα Ελέγχου	
		μ.ο.	τ.α.	μ.ο.	τ.α.
Συνολική επίδοση	Προέλεγχος	1.99	.09	1.74	.07
	Μεταέλεγχος	2.27	.08	1.78	.07

Εξετάσαμε επίσης, τις κύριες επιδράσεις της ανεξάρτητης μεταβλητής στις επιδόσεις των μαθητών στον προέλεγχο και τον μεταέλεγχο για το κάθε πεδίο ξεχωριστά. Ενώ για την ομάδα ελέγχου οι επιδόσεις στα τρία πεδία δεν είχαν σημαντικές διαφοροποιήσεις από τον προέλεγχο στον μεταέλεγχο, για την πειραματική ομάδα υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα σε προέλεγχο και μεταέλεγχο και για τρία πεδία που εξετάστηκαν ΘτΝ ($t(19)=3.115; p<0.01$), ΠΕ ($t(19)=3.246; p<0.01$) και ΘτΦΚ ($t(19)=4.907; p<0.001$) (βλ. Πίνακα 2).

Πίνακας 2: Μέση επίδοση της πειραματικής ομάδας σε κάθε δοκιμασία στον προέλεγχο και μεταέλεγχο

Είδος δοκιμασίας	Χρονική στιγμή	Πειραματική Ομάδα	
		μ.ο.	τ.α.
Δοκιμασία Θεωρίας του Νου	Προέλεγχος	2.17	.71
	Μεταέλεγχος	2.65	.74
Δοκιμασίες Προσωπικής Επιστημολογίας	Προέλεγχος	1.66	.29
	Μεταέλεγχος	1.71	.33
Δοκιμασία Θεωρίας του Φυσικού Κόσμου	Προέλεγχος	2.14	.44
	Μεταέλεγχος	2.45	.34

Τέλος, η ανάλυση παλινδρόμησης που πραγματοποιήθηκε με την επίδοση στη δοκιμασία ΘτΦΚ ως εξαρτημένη μεταβλητή και την επίδοση στη δοκιμασία ΘτΝ και στις δοκιμασίες ΠΕ ως προβλεπτικούς παράγοντες υπήρξε στατιστικά σημαντική ($F(2,19)=12.003; p<0.001$). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το 54% της διακύμανσης στην επίδοση των μαθητών στη δοκιμασία ΘτΦΚ μπορεί να προβλεφθεί από την ικανότητα ΘτΝ και τις επιστημικές πεποιθήσεις, ενώ πριν την παρέμβαση το ποσοστό διακύμανσης κυμαινόταν στο 41%.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της εκπαιδευτικής παρέμβασης, παρά τη σύντομη διάρκειά της, ήταν θετικά και φάνηκαν να υποστηρίζουν την αρχική μας υπόθεση ότι ο σχεδιασμός μιας τέτοιας παρέμβασης θα βοηθούσε τα παιδιά να αναπτύξουν την ικανότητα

ΘτΝ, να διαμορφώσουν πιο εκλεπτυσμένες επιστημικές πεποιθήσεις και να κατανοήσουν περαιτέρω διαφορετικές ερμηνείες φαινομένων του φυσικού κόσμου.
Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εκπαίδευση σε θέματα ΘτΝ μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της ικανότητας των παιδιών να κατανοούν νοητικές καταστάσεις. Η συνεχής παροχή εξηγήσεων και η συζήτηση των σωστών απαντήσεων στα διάφορα σενάρια ΘτΝ που προσεγγίστηκαν από τους μαθητές φάνηκε ότι βοήθησε σημαντικά τους μαθητές να στοχαστούν και πάνω στις δικές τους εξηγήσεις καθώς και να αξιολογήσουν τις εξηγήσεις των συμμαθητών τους. Η ρητή αναφορά στις εξηγήσεις έχει εξάλλου φανεί ότι συνεισφέρει σημαντικά στη βελτίωση της ικανότητας του νου και σε έρευνες που έχουν γίνει με παιδιά προσχολικής ηλικίας (Amsterlaw & Wellman, 2006. Melot & Angeard, 2003).
Μετά την παρέμβαση, οι περισσότεροι μαθητές της πειραματικής ομάδας αναγνώριζαν την ύπαρξη πολλαπλών απόψεων στο πεδίο της ΠΕ και αναφέρονταν περισσότερο στο ρόλο της επιστημονικής έρευνας, στην ανάγκη διενέργειας περισσότερων πειραμάτων, στη συλλογή εμπειρικών δεδομένων και στην καλύτερη ερμηνεία τους. Επίσης, άρχισαν να αντιμετωπίζουν τη γνώση ως ένα σύνολο ιδεών που υπόκεινται σε έλεγχο και φάνηκε ότι αρχίζουν να κατανοούν ότι τα μοντέλα βοηθούν στην εξέλιξη των επιστημονικών ιδεών, ότι κάθε μοντέλο εκφράζει διαφορετικές επιστημονικές υποθέσεις και ότι τα μοντέλα μπορούν να αλλάξουν.
Η αναγνώριση των πολλαπλών οπτικών στα παραπάνω δυο πεδία φάνηκε να διευκολύνει την κατανόηση και ερμηνεία διαφορετικών αναπαραστάσεων για διάφορα φαινόμενα του φυσικού κόσμου. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας μπορούσαν να σχεδιάσουν διαφορετικά μοντέλα για την εμφάνιση και την πραγματικότητα, να εντοπίσουν τις διαφορές ανάμεσά τους, να μιλήσουν για την αλλαγή μοντέλων μέσα στο χρόνο με βάση τα εμπειρικά δεδομένα και να παρέχουν καλύτερες τεκμηριώσεις-αιτιολογήσεις των επιλογών τους.
Αν και διάφορα εκπαιδευτικά προγράμματα έχουν τονίσει τη συμβολή της επιστημολογικής κατανόησης στη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες (Chinn & Buckland, 2012. Duschl, et al., 2007. Harrison & Treagust, 2000), η προσέγγιση αυτή διαφοροποιείται γιατί λαμβάνει υπόψη της τις αρχικές επιστημολογικές δεσμεύσεις των παιδιών στον κοινωνικό τομέα μια και ισχυριζόμαστε ότι οι απαρχές της επιστημικής σκέψης εντοπίζονται στην αναδυόμενη θεωρία των παιδιών για το νου. Παρέχοντας ευκαιρίες στα παιδιά να έρθουν σε επαφή με αντικρουόμενες ιδέες στο κοινωνικό πεδίο αρχικά, τα βοηθάμε να αποκτήσουν μια αρχική επίγνωση των εναλλακτικών ισχυρισμών που μπορεί να υπάρξουν σε πιο πραγματικές, καθημερινές καταστάσεις και τα εισάγουμε στο παιχνίδι της μοντελοποίησης αρκετά νωρίς.
Παρά τα θετικά αποτελέσματα της έρευνας αυτής, πιο συστηματικές προσπάθειες απαιτούνται προκειμένου να έχουμε πιο μακροπρόθεσμα και ουσιαστικά αποτελέσματα. Η δυσκολία των μαθητών να σκέφτονται πάνω σε διαφορετικές οπτικές του κόσμου μας είναι μεγάλη και μάλλον φαίνεται ότι τα μικρά παιδιά δεν μπορούν να χρησιμοποιούν αυθόρμητα και συστηματικά πολλαπλές αναπαραστάσεις. Συμπληρωματικά, στόχος των εκπαιδευτικών είναι να ενθαρρύνουμε τους μαθητές προς αυτή την κατεύθυνση.

5. Βιβλιογραφία

Κυριακοπούλου, Ν. & Βοσνιάδου, Σ. (2013). Η εννοιολογική αλλαγή στις φυσικές επιστήμες και η σχέση της με τις πεποιθήσεις των παιδιών για το νοητικό κόσμο και τη φύση της γνώσης. Στο Δ.Βαβουγιός & Σ. Παρασκευόπουλος (Επιμ.) *Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*.

Κυριακοπούλου, Ν. & Βοσνιάδου, Σ. (2011). Διερευνώντας τις σχέσεις ανάμεσα στη Θεωρία του Νου και στις Επιστημικές Πεποιθήσεις των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου. *Ψυχολογία, τχ. 18(2)*, 137-158.

Κυριακοπούλου, Ν. & Βοσνιάδου, Σ. (2008). Η ανάπτυξη της μεταγνωσιακής επίγνωσης κατά την αλλαγή θεωρίας. *Νόησις, τχ.4*, σελ.123-142.

Κυριακοπούλου, Ν. & Βοσνιάδου, Σ. (2004). Οντολογικά και Επιστημολογικά προβλήματα της διάκρισης ανάμεσα σε φαινομενολογικές και επιστημονικές εξηγήσεις του φυσικού κόσμου: μια αναπτυξιακή μελέτη στο χώρο της παρατηρησιακής αστρονομίας. *Ψυχολογία, τχ.3*, τόμος 11

Amsterlaw, J. & Wellman, H. M. (2006). Theories of mind in transition: A microgenetic study of the development of false belief understanding. *Journal of cognition and development, 7*(2), 139-172.

Carey, S., Evans, R., Honda, M., Jay, E. & Unger, C. (1989). "An experiment is when you try it and see if it works": A study of grade 7 students' understanding of the construction of scientific knowledge. *International Journal of Science Education, 11*, 514–529.

Chandler, M., Hallett, D. & Sokol, B. (2002). Competing claims about competing knowledge claims. In B. K. Hofer & P. R. Pintrich (Eds), *Personal Epistemology: the psychology of beliefs about knowledge and knowing* (p.p.145-168), Mahwah, NJ: Erlbaum.

Chinn, C. A. & Buckland, L. A. (2012). Model-based instruction: Fostering change in evolutionary conceptions and in epistemic practices. *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution*, 211-232.

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A. & Shouse, A. W. (Eds.). (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. National Academies Press.

Happé, F. G. E. (1994). An advanced test of theory of mind: Understanding of story characters' thoughts and feelings by able autistic, mentally handicapped, and normal children and adults. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 24*(2), 129-154.

Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education, 22*(9), 1011-1026.

Kuhn, D. (2000). Theory of mind, metacognition, and reasoning: A life-span perspective. In P. Mitchell & K.J. Riggs (Eds*) Children's reasoning and the mind. Hove, England: Psychology Pres*s.: 301–326.

Kuhn, D. (2001). How do people know? *Psychological Science, 12* (1), 1-8.

Kuhn, D., Cheney, R. & Weinstock, M. (2000). The development of epistemological understanding. *Cognitive development, 15*(3), 309-328.

Kuhn, D. Iordanou, K., Pease, M. & Wirkala, C. (2008). Beyond control of variables: what needs to develop to achieve skilled scientific thinking? *Cognitive Development, 23*, 435-451, Melot & Angeard, 2003).

Kyriakopoulou, N. & Vosniadou, S. (2014). Using theory of mind to promote conceptual change in science. *Science & Education, 23*(7), 1447-1462.

Melot, A. M. & Angeard, N. (2003). Theory of mind: is training contagious?. *Developmental science, 6*(2), 178-184.

Muris, P., Steerneman, P., Meesters, C., Merckelbach, H., Horselenberg, R., van den Hogen, T. & van Dongen, L. (1999). The TOM test: A new instrument for assessing theory of mind in normal children and children with pervasive developmental disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders, 29*(1), 67-80.

Perner J. & Wimmer, H. (1985). "John thinks that Mary thinks that..". Attribution of second-order beliefs by 5 to 10 year old children. *Journal of Experimental Child Psychology 39*(3), 437-471.

Pozo, J.I., Gomez, M.A. & Sanz, A. (1999). When change does not mean replacement: different representations for different contexts. In S. Wolfang, S. Vosniadou & M. Carretero (Eds.) *New Perspectives in conceptual change* (161-173). Pergamon.

Spada, H. (1994). Conceptual Change or Multiple Representations? *Learning and Instruction, 4*, 113-116.

Vosniadou, S. (2003). Exploring the Relationships between Conceptual Change and Intentional Learning. In G.M. Sinatra & P.R. Pintrich (Eds.), *Intentional Conceptual Change*, (377-406), Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

Vosniadou, S & Kyriakopoulou, N. (2006). The Problem of Metaconceptual Awareness in Theory Revision. In R. Sun & N. Miyake (Eds.*), Proceedings of the 28th Annual Conference of the Cognitive Science Society*, pp. 2329-2334.

Vosniadou, S., Vamvakoussi, X. & Skopeliti, I. (2008), The framework theory approach to the problem of conceptual change. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp.3-34). New York: Routledge

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΤΕΣ

Αθανασία Κοκολάκη, Αιμιλία Μιχαηλίδη, Δημήτρης Σταύρου

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Η ένταξη κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών μέσα από θέματα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας τονίζεται ιδιαίτερα στη διεθνή βιβλιογραφία. Παράλληλα η Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία (ΥΕΚ) μπορεί να αποτελέσει ένα πλαίσιο διαπραγμάτευσης τέτοιων ζητημάτων στην τάξη. Στην παρούσα εργασία περιγράφεται και μελετάται η διαδικασία δημιουργίας εκθεμάτων που προβάλλουν την ΥΕΚ μέσω σύγχρονων γνωστικών αντικειμένων, τόσο από μαθητές όσο και από φοιτητές, καθώς τα εκθέματα αποτελούν ένα μέσο επικοινωνίας αλλά και κατασκευής της γνώσης.

Abstract

The integration of socioscientific issues in science courses through subjects at the cutting edge of research is emphasized in the literature. Alongside, Responsible Research and Innovation (RRI) can provide a framework for the negotiation of such issues in classroom. In the present work, it is described and studied the process of developing exhibits that highlight aspects of RRI through modern subjects, both by school students and university students, as exhibits are a means of communication and construction of knowledge.

1. Εισαγωγή

Στις μέρες μας παρατηρείται μια ιδιαίτερη έμφαση σε θέματα επιστήμης, τα οποία χαρακτηρίζονται από τον κεντρικό ρόλο των κοινωνικών παραγόντων που τα καθορίζουν, όπως για παράδειγμα είναι η κλωνοποίηση, η νανοτεχνολογία κλπ. Τα θέματα αυτά είναι γνωστά στη βιβλιογραφία με τον όρο ***κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα*** (Sadler 2004). Τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (socioscientific issues - SSI) είναι αμφιλεγόμενα, ανοικτού τύπου προβλήματα που υπόκεινται σε ποικίλες απόψεις και λύσεις και τα οποία συνδέονται άρρηκτα με την καθημερινή ζωή των πολιτών οι οποίοι καλούνται να λάβουν ενήμερες αποφάσεις αναφορικά με αυτά τα ζητήματα (Sadler & Zeidler 2005). Έχοντας λοιπόν ως δεδομένο την ραγδαία ανάπτυξη της επιστήμης και της τεχνολογίας, την συνεχή δημιουργία επιστημονικών και τεχνολογικών καινοτομιών καθώς και την εμφάνιση κοινωνικών διλημμάτων ως απόρροια αυτών των καινοτομιών, αναδύεται η αναγκαιότητα για μια σύγχρονη επιστημονική εκπαίδευση που να είναι συμβατή με τις τρέχουσες εξελίξεις και τις κοινωνικές απαιτήσεις και ταυτόχρονα να ενισχύει το ενδιαφέρον των μαθητών για την επιστήμη και την τεχνολογία. Με άξονα αυτό, τονίζεται ιδιαίτερα στη διεθνή βιβλιογραφία η αξία της διαχείρισης κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων στην τάξη. Η διαπραγμάτευση τέτοιων ζητημάτων συμβάλλει ώστε οι μαθητές να καλλιεργήσουν δεξιότητες επιχειρηματολογίας, να κατανοήσουν καλύτερα πτυχές της φύσης της

επιστήμης αλλά και να κατανοήσουν βαθύτερα το επιστημονικό περιεχόμενο (Zeidler et al. 2005; Sadler 2006; 2016).

Στο πλαίσιο αυτό, διερευνάται ο ρόλος της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (ΥΕΚ) που σκοπό έχει να γεφυρώσει το χάσμα ανάμεσα στην επιστήμη και την κοινωνία. Η ΥΕΚ διαμορφώνεται από έξι πτυχές (European Commission 2012): (1) *Ενεργός εμπλοκή* όπου όλοι οι φορείς όπως πολιτικοί, επιστήμονες, επιχειρήσεις, πολίτες συμμετέχουν στην διαδικασία της έρευνας και της καινοτομίας συνδυαμορφώνοντας κοινές λύσεις για τους πιθανούς κινδύνους που θα προκύψουν, (2) *Ισότητα φύλων* όπου τονίζεται η ανάγκη για ορθή διαχείριση του ανθρώπινου δυναμικού καθώς και η ανάγκη για αντιμετώπιση της υπαντιπροσώπευσης των γυναικών στα ερευνητικά κέντρα, (3) *Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες* όπου δίνεται έμφαση στην ανάγκη να εφοδιαστούν οι νέοι με τις απαραίτητες γνώσεις για τη συμμετοχή τους στην διαδικασία της έρευνας και της καινοτομίας αλλά και στην ανάγκη για αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες, (4) *Ηθική δεοντολογία* όπου τονίζεται η αναγκαιότητα η έρευνα και η καινοτομία να ακολουθούν τους κανόνες και τις αρχές της κοινωνίας ώστε να αυξηθεί η αποδοχή και η ποιότητα των αποτελεσμάτων της έρευνας , (5) *Ελεύθερη πρόσβαση* όπου δίνεται έμφαση στην ανάγκη της ύπαρξης πρόσβασης στα αποτελέσματα των έρευνων και (6) *Ορθή διαχείριση / Διακυβέρνηση* όπου τονίζεται η ανάγκη ύπαρξης ενός νομοθετικού πλαισίου που θα δρα προστατευτικά απέναντι στις επιβλαβείς εξελίξεις της έρευνας και της καινοτομίας. Τα τελευταία χρόνια, λοιπόν, διερευνάται ο ρόλος των έξι αυτών πτυχών της ΥΕΚ ως πλαίσιο–οδηγό για τη διδασκαλία των κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων καθώς αποτελούν για τους εκπαιδευτικούς λειτουργικά διδακτικά εργαλεία εύκολα κατανοήσιμα από τους μαθητές (Blonder et al. 2016).

Ένα μέσο προκειμένου οι μαθητές αλλά και οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί, να μετασχηματίσουν την οπτική τους απέναντι στην επιστήμη, είναι η σχεδίαση επιστημονικών εκθεμάτων. Η ανάπτυξη εκθεμάτων είναι μια διαδικασία που αντικατοπτρίζει όλες τις όψεις της διερεύνησης όπως είναι ικανότητα διαμόρφωσης ερωτημάτων, σχεδιασμού δραστηριοτήτων, αναζήτησης και χρήσης δεδομένων προκειμένου να διατυπωθούν επιστημονικές εξηγήσεις και συμπεράσματα (Kampschulte & Parchmann, 2015). Παράλληλα μέσα από τη διαδικασία παραγωγής ενός εκθέματος ο εκάστοτε δημιουργός αποκτά κίνητρο για απόκτηση γνώσεων, εξοικειώνεται με την διαδικασία εύρεσης αξιόπιστων και έγκυρων πηγών καθώς και με την διαδικασία αποτελεσματικής επικοινωνίας της γνώσης στο ευρύ κοινό (D'Acquisto 2006). Επομένως προκύπτει ότι μέσα από την προετοιμασία εκθεμάτων που προβάλλουν την ΥΕΚ μέσω σύγχρονων γνωστικών αντικειμένων, οι μαθητές εμπλέκονται σε μια συζήτηση και διερεύνηση η οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη, τόσο για τη βαθύτερη κατανόηση του περιεχομένου, των διαδικασιών και της φύσης της επιστήμης και της τεχνολογίας όσο και για την γνωστική, κοινωνική, πολιτική και ηθική τους ανάπτυξη (Hammerich 2000).

Με βάση τα παραπάνω, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας επιχειρούμε να διερευνήσουμε τον τρόπο με τον οποίο μαθητές και φοιτητές αναπτύσσουν επιστημονικά εκθέματα προκειμένου να επικοινωνήσουν στο ευρύ κοινό βασικές συνιστώσες της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας και ειδικότερα:

1. Σε ποιες πτυχές της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας επικεντρώνουν μαθητές και φοιτητές στα επιστημονικά εκθέματα που αναπτύσσουν;
2. Ποιοι παράγοντες επιδρούν κατά την ανάπτυξη επιστημονικών εκθεμάτων που αφορούν κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα από μαθητές και φοιτητές;

2. Μεθοδολογία

Στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE, στόχος του οποίου ήταν η εμπλοκή μαθητών και εκπαιδευτικών σε συζητήσεις γύρω από κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα, αναπτύχθηκε διδακτικό υλικό για τη διαχείριση τέτοιων ζητημάτων μέσα από αντικείμενα σύγχρονης έρευνας. Οι διδακτικές αυτές ενότητες στη συνέχεια εφαρμόστηκαν στην πράξη από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς και στο τέλος της εφαρμογής, οι συμμετέχοντες μαθητές κλήθηκαν να αναπτύξουν εκθέματα γύρω από θέματα έρευνας αιχμής, τα οποία ενσωμάτωναν και πτυχές της ΥΕΚ. Στο πρόγραμμα συμμετείχαν 32 εκπαιδευτικοί και περίπου 550 μαθητές όλων των βαθμίδων, από 26 σχολεία περιοχών της Αθήνας και της Κρήτης. Οι εκπαιδευτικοί επιμορφώθηκαν στα πλαίσια κοινοτήτων μάθησης πάνω στην εφαρμογή 3 διαφορετικών διδακτικών ενοτήτων: *Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας*, *Μικροπλαστικά στους ωκεανούς* και *Μητρικό γάλα για μια υγιή ανάπτυξη*. Καθώς η ανάπτυξη επιστημονικών εκθεμάτων αλλά και η έννοια της ΥΕΚ ήταν για τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές μια πρωτόγνωρη διαδικασία, τους παρασχέθηκε πολύμορφη υποστήριξη, τόσο από μέντορες-εκπαιδευτικούς όσο και από ειδικούς του Ιδρύματος Ευγενίδου (ΙΕ).

Συγκεκριμένα, στα πλαίσια μιας αρχικής ολομέλειας των εκπαιδευτικών, παρουσιάστηκαν συνοπτικά οι διαστάσεις της ΥΕΚ, οι βασικές αρχές ανάπτυξης διαδραστικών εκθεμάτων καθώς και διαφορετικοί τύποι εκθεμάτων ώστε να προσανατολιστούν οι εκπαιδευτικοί στο πεδίο. Για τους επόμενους 2 μήνες γίνονταν τακτές συναντήσεις των κοινοτήτων μάθησης όπου μελετήθηκε σε βάθος το επιστημονικό περιεχόμενο των ενοτήτων, η έννοια της ΥΕΚ και το πώς οι πτυχές της βρίσκουν εφαρμογή σε κάθε ενότητα. Κατά το πρώτο διάστημα εφαρμογής των ενοτήτων στην τάξη, πραγματοποιήθηκαν δια ζώσης επισκέψεις των σχολείων της Αθήνας και εξ αποστάσεως τηλε-επισκέψεις των σχολείων της Κρήτης στη διαδραστική έκθεση του ΙΕ. Στόχος αυτών των επισκέψεων ήταν να εξοικειωθούν οι μαθητές με τρόπους επικοινωνίας της επιστήμης μέσω εκθεμάτων και να κατανοήσουν τα χαρακτηριστικά ενός επιστημονικού εκθέματος (από πλευράς μορφής και περιεχομένου). Στην πορεία των μαθημάτων οι μαθητές προσέγγισαν την έννοια της ΥΕΚ μέσα από ποικίλες δραστηριότητες και συζητήσεις με επιστήμονες και ερευνητές. Μετά την ολοκλήρωση των ενοτήτων και κατά τον σχεδιασμό των εκθεμάτων διοργανώθηκε μία ημερίδα, όπου οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν συνοπτικά τις ιδέες των μαθητών τους και έλαβαν την ανατροφοδότηση των ειδικών στην επικοινωνία της επιστήμης σχετικά με τρόπους βελτίωσης των προσχεδίων. Τα εκθέματα που αναπτύχθηκαν φιλοξενήθηκαν σε χώρους του ΙΕ και του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης (ΜΦΙΚ) και παρουσιάστηκαν στο κοινό από τους ίδιους τους μαθητές στη διάρκεια ειδικών εκδηλώσεων.

Δεδομένα συλλέχθηκαν μέσα από: τα τελικά εκθέματα των μαθητών, ερωτηματολόγια επικεντρωμένα στη διαδικασία ανάπτυξης των εκθεμάτων που συμπληρώθηκαν από υποσύνολο των μαθητών και ερωτηματολόγια προς τους εκπαιδευτικούς.

Καθώς η διαδικασία ανάπτυξης εκθεμάτων φάνηκε πως έχει μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον από εκπαιδευτικής σκοπιάς, επιχειρήσαμε να προχωρήσουμε σε μεγαλύτερο βάθος με τη διεξαγωγή μιας νέας έρευνας σε φοιτητές του ΠΤΔΕ Ρεθύμνου. Στην έρευνα αυτή 12 φοιτητές μέσα από 12 τρίωρες συναντήσεις επιμορφώθηκαν σε θέματα ΥΕΚ και ανέπτυξαν εκθέματα επικεντρωμένα στις πτυχές της. Οι φοιτητές ήταν στο τρίτο έτος των σπουδών τους και καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης εργάστηκαν σε δυάδες. Στην πρώτη συνάντηση, παρουσιάστηκαν στους φοιτητές θέματα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας και αυτοί κλήθηκαν να αποφασίσουν με ποιο θέμα θα ήθελαν να ασχοληθούν, ανάλογα τα ενδιαφέροντά τους. Στις επόμενες τρεις συναντήσεις, γίνεται ανάλυση της έννοιας της ΥΕΚ. Κατά τη διάρκεια αυτών των συναντήσεων οι φοιτητές εξοικειώθηκαν με τις πτυχές της ΥΕΚ μέσα από ποικίλες δραστηριότητες. Έπειτα στις επόμενες δύο συναντήσεις, οι φοιτητές

μπήκαν στη διαδικασία σχεδιασμού του τελικού τους εκθέματος. Κρίνεται στο σημείο αυτό απαραίτητο να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια όλων των συναντήσεων οι φοιτητές ασχολήθηκαν παράλληλα με την εύρεση των κατάλληλων πληροφοριών, τις οποίες θα ήθελαν να επικοινωνήσουν με το έκθεμά τους. Ακολουθεί η φάση της παραγωγής του εκθέματος, η οποία διήρκησε τρία τρίωρα και στην οποία οι φοιτητές επικοινώνησαν μέσω του εκθέματος τους προβληματισμούς τους αναφορικά με την ΥΕΚ και το θέμα επιστήμης που είχαν επιλέξει. Τέλος ακολούθησε παρουσίαση των εκθεμάτων σε μαθητές δημοτικού κατά την οποία οι φοιτητές πήραν μια ανατροφοδότηση αναφορικά με τα δυνατά και αδύνατα σημεία του εκθέματος τους.
Για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν: γραπτές αναφορές των φοιτητών οι οποίες ήταν επικεντρωμένες στη συζήτηση που εκτυλισσόταν στις συναντήσεις καθώς και στον τρόπο με τον οποίο εργάζονταν οι φοιτητές στο χρονικό διάστημα μεταξύ των συναντήσεων, ηχογραφήσεις των συναντήσεων για καταγραφή του τρόπου με τον οποίο λειτούργησαν οι φοιτητές κατά τη διάρκεια αυτών, συνεντεύξεις για περαιτέρω εμβάθυνση που πραγματοποιήθηκαν ανά δυάδα εργασίας μετά την παρουσίαση των εκθεμάτων σε μαθητές και τέλος τα ίδια τα εκθέματα των φοιτητών.

3. Αποτελέσματα

Οι πτυχές της ΥΕΚ που επικεντρώνουν μαθητές και φοιτητές

Αποτέλεσμα της παρέμβασης που έγινε στους μαθητές ήταν η ανάπτυξη συνολικά 38 εκθεμάτων σχετικών με τα επιστημονικά αντικείμενα των τριών διδακτικών ενοτήτων που υλοποιήθηκαν – Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας, Μικροπλαστικά στους Ωκεανούς και Μητρικό Γάλα για μια υγιή ανάπτυξη. Από την ανάλυση των εκθεμάτων προκύπτει ότι αν και στην πλειονότητα των εκθεμάτων προεξάρχουσα θέση κατείχε το εκάστοτε επιστημονικό περιεχόμενο, οι μαθητές κατάφεραν να ενσωματώσουν σχεδόν σε όλα τα εκθέματα και ζητήματα που αφορούσαν πτυχές της ΥΕΚ (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Πτυχές της ΥΕΚ στα εκθέματα των μαθητών ανά ενότητα

Πτυχές ΥΕΚ	**Νανοτεχνολογία** (18)	**Μητρικό Γάλα** (7)	**Μικροπλαστικά** (13)
Ενεργός Εμπλοκή	8	4	13
Εκπαίδευση στις ΦΕ	18	7	12
Ισότητα Φύλων	4	5	2
Ηθική	11	5	1
Ελεύθερη Πρόσβαση	4	3	0
Ορθή Διακυβέρνηση	4	4	2

Όσον αφορά την αντίληψη των μαθητών σχετικά με τις πτυχές της ΥΕΚ, η ενεργός εμπλοκή θεωρείται ως η ανάγκη ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του πολίτη σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους της έρευνας και της καινοτομίας για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία και όχι ως ο ενεργός ρόλος των πολιτών στη λήψη αποφάσεων σχετικά με τις εκάστοτε

ερευνητικές κατευθύνσεις. Η πτυχή της ισότητας των φύλων ερμηνεύεται κυρίως από τους μαθητές ως η ίση εκπροσώπηση ανδρών και γυναικών σε ερευνητικά κέντρα και στην αγορά εργασίας, με εξαίρεση τα εκθέματα αναφορικά με το μητρικό γάλα όπου ενσωματώθηκαν πιο συγκεκριμένα ζητήματα. Η εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες είναι η πιο εμφανής πτυχή της ΥΕΚ σε όλα σχεδόν τα εκθέματα, καθώς αυτή η διάσταση περιλαμβάνει την επιστημονική γνώση που οι μαθητές ήθελαν να γνωστοποιήσουν στους επισκέπτες ώστε να εξοικειωθούν με τα διάφορα θέματα. Εντούτοις, είναι αξιοσημείωτο ότι οι μαθητές δεν παρουσιάζουν ρητά στα εκθέματα τους την ανάγκη για επιστημονικό γραμματισμό των πολιτών με αποτέλεσμα να παρέχουν απλώς στους επισκέπτες το επιστημονικό περιεχόμενο και έπειτα να τους δημιουργούν διλημματικά ερωτήματα που προέρχονται από αυτό. Η ανοικτή πρόσβαση αναγνωρίζεται ως υποχρέωση του επιστήμονα να μοιράζεται τα αποτελέσματα της έρευνάς του με την επιστημονική κοινότητα και το κοινό ως μορφή ελέγχου της «παντοδυναμίας» του αλλά και ως τρόπο ενημέρωσης των πολιτών για τις νέες καινοτομίες. Όσον αφορά την ηθική, οι μαθητές φαίνεται να θεωρούν αυτή τη διάσταση ως ένα σύνολο κανόνων και αρχών που θέτει τα όρια της έρευνας ώστε να είναι επωφελής για τους ανθρώπους. Τέλος, η ανάλυση των εκθεμάτων των μαθητών έδειξε ότι η διάσταση της ορθής διακυβέρνησης γίνεται αντιληπτή από τους ίδιους κυρίως ως ένα νομοθετικό πλαίσιο που θεσπίζεται από τους πολιτικούς για την προστασία των πολιτών από τα συμφέροντα των επιστημόνων, των επιχειρήσεων κλπ.

Αποτέλεσμα της παρέμβασης που έγινε στους φοιτητές ητάν η δημιουργία έξι επιστημονικών εκθεμάτων - (1) νανοτεχνολογία, (2) κινητά τηλέφωνα, (3) κάπνισμα με ηλεκτρονικό τσιγάρο, (4) θηλασμός, (5) αναπαραγωγή – κληρονομικότητα, (6) γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα τα οποία ήταν επικεντρωμένα και στις κοινωνικοεπιστημονικές προεκτάσεις αυτών των ζητημάτων. Συγκεκριμένα από την ανάλυση των τελικών εκθεμάτων προκύπτουν τα εξής: Όλοι οι φοιτητές και στα έξι εκθέματα επικεντρώνουν στην Εκπαίδευση στις ΦΕ δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στο επιστημονικό περιεχόμενο. Σε δύο εκθέματα όμως δόθηκαν ευρύτερες διαστάσεις σε αυτή την πτυχή. Ειδικότερα, τα εκθέματα σχετικά με τη νανοτεχνολογία και τα κινητά τηλέφωνα απεικόνιζαν όχι μόνο το επιστημονικό περιεχόμενο αλλά και τη σχέση ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και τις ενήμερες αποφάσεις στην καθημερινή ζωή. Παράλληλα σε κάθε έκθεμα συναντάται και η πτυχή της Ηθικής Δεοντολογίας ως ένα σύνολο κανόνων και αρχών που αποτρέπουν τους επιστήμονες, τους πολιτικούς, τις επιχειρήσεις κλπ να δρουν βάση προσωπικών συμφερόντων αλλά με άξονα το γενικό καλό. Η πτυχή της Ορθής Διακυβέρνησης εμφανίζεται στα εκθέματα για την νανοτεχνολογία, το κάπνισμα και την κληρονομικότητα. Ως ορθή διακυβέρνηση οι φοιτητές αντιλαμβάνονται την ύπαρξη νομοθετικών πλαισίων που δρουν προστατευτικά για τους πολίτες και περιοριστικά για αυθαιρεσίες πολιτικών και επιχειρήσεων. Επιπλεόν, φαίνεται ότι η Ισότητα των δύο Φύλων είναι μια πτυχή που παρουσιάζεται μονάχα στο έκθεμα για το μητρικό γάλα καθώς το συγκεκριμένο θέμα προσφέρεται ιδιαίτερα για τέτοιου είδους συνδέσεις. Ως προς την Ελεύθερη Πρόσβαση παρατηρείται έμφαση μόνο στο έκθεμα της νανοτεχνολογίας όπου οι φοιτητές τόνισαν την ανάγκη για ανοικτή πρόσβαση στα αποτελέσματα ερευνών ώστε να μπορούν να αναγνωρίζουν πιθανούς κινδύνους επιστημονικών καινοτομιών. Τέλος αναφορικά με την Ενεργό Εμπλοκή, οι φοιτητές δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στον ρόλο όλων των φορέων στην διαδικασία της έρευνας και της καινοτομίας και φαίνεται να εστιάζουν και στον ρόλο του πολίτη για τον καθορισμό των αποφάσεων. Η ενεργός εμπλοκή εμφανίζεται στο έκθεμα για τα γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα και το μητρικό γάλα.

Οι παράγοντες που επιδρούν κατά την ανάπτυξη επιστημονικών εκθεμάτων:

Α. Από μαθητές

Αρχικά, ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρέασαν την ανάπτυξη των εκθεμάτων ήταν η μεγάλη κοινωνική σημασία του εκάστοτε θέματος. Οι μαθητές φαίνεται να επιλέγουν το περιεχόμενο του εκθέματος βασιζόμενοι κυρίως στην επίδραση που μπορεί να έχουν οι γνώσεις που προβάλλουν στη ζωή των ανθρώπων. Ιδιαίτερα ένας μαθητής σημείωσε ότι *«Επιλέξαμε να παρουσιάσουμε εφαρμογές νανοτεχνολογίας σε μελλοντικά σπίτια γιατί θα μπορούσαμε να δώσουμε στους ανθρώπους περισσότερες ιδέες για να εξοικονομήσουν ενέργεια και χρήματα»* ενώ άλλος είπε *«Επιλέξαμε να παρουσιάσουμε τη χρήση της νανοτεχνολογίας στη θεραπεία του καρκίνου καθώς ο καρκίνος είναι μια από τις πλέον θανατηφόρες ασθένειες στις μέρες μας».*
Ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας που χαρακτήριζε τις επιλογές των μαθητών για τη δημιουργία του εκθέματος ήταν η άμεση επαφή που είχαν με τους επιστήμονες σε διάφορα ερευνητικά κέντρα καθώς και με τους ερευνητές στον τομέα της επικοινωνίας της επιστήμης. Αυτή η άμεση επαφή βοήθησε τους μαθητές να εμβαθύνουν στο επιστημονικό περιεχόμενο και να συνειδητοποιήσουν τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες στην πράξη. Επιπλέον, η επαφή τους με ερευνητές στον τομέα της επικοινωνίας της επιστήμης τους βοήθησε στη δημιουργία διαδραστικών εκθεμάτων που τραβούσαν την προσοχή των επισκεπτών. Συγκεκριμένα, ένας μαθητής σημείωσε ότι «*Οι επιστήμονες στο ΙΤΕ μας έδωσαν πολλές πληροφορίες που ενσωματώσαμε στην έκθεσή μας*» ένω ένας άλλος δήλωσε ότι «*Οι επιστήμονες απάντησαν σε πολλές ερωτήσεις για το πώς εργάζονται και σκέφτονται και ποια είναι τα κίνητρά τους για την έρευνά τους».*
Επιπλέον, σημαντικός ήταν ο ρόλος του εκπαιδευτικού καθώς σχεδόν όλοι οι μαθητές σημείωσαν την πολύτιμη υποστήριξη, τη βοήθεια και τις κατευθύνσεις των εκπαιδευτικών τους καθώς και τις προτροπές τους για τα σενάρια των εκθεμάτων. Ιδιαίτερα ένας μαθητής σημείωσε ότι «*Η καθηγήτρια άκουσε προσεκτικά τις ιδέες μας και μετά από τις χρήσιμες παρατηρήσεις της κάναμε τις κατάλληλες αλλαγές».*
Επιπλέον, πολλοί μαθητές επεσήμαναν ότι το είδος του εκθέματος επιλέχθηκε κυρίως με βάση τη διαδραστικότητα του. Οι μαθητές ήθελαν να κάνουν ενδιαφέροντα και εντυπωσιακά εκθέματα που οι επισκέπτες θα μπορούσαν να αλληλεπιδρούν μαζί τους. Πολλοί από αυτούς επέλεξαν να δημιουργήσουν επιτραπέζια παιχνίδια ή δραστηριότητες βασισμένες στην τεχνολογία, όπου τα κείμενα ήταν περιορισμένα, καθώς πίστευαν ότι με αυτόν τον τρόπο θα αυξήσουν την εμπλοκή του κοινού. Για παράδειγμα, ένας μαθητής σημείωσε ότι *«Κάναμε την έκθεση με αυτόν τον τρόπο, καθώς οι άνθρωποι δεν τους αρέσει να διαβάζουν κείμενα. Τα πειράματα θα εντυπωσιάσουν και θα δημιουργήσουν διάφορες ερωτήσεις».*
Επιπλέον, αξίζει να αναφέρθεί ότι οι μαθητές επηρεάστηκαν σε πολλές περιπτώσεις από περιορισμούς στην κατασκευή. Διαπίστωναν συχνά ότι οι αρχικές ιδέες τους δεν ήταν εφικτές καθώς δεν είχαν τα υλικά ή την τεχνογνωσία για να τις υλοποιήσουν με αποτέλεσμα συχνά το τελικό έκθεμα να διαφέρει ολοκληρωτικά από αυτές. Τέλος, το περιεχόμενο και το είδος της έκθεσης επηρεάστηκαν από τα προσωπικά ενδιαφέροντα των μαθητών καθώς ήταν ένα δικό τους δημιούργημα. Σημειώνεται, για παράδειγμα, ότι *«Δημιουργήσαμε ένα επιτραπέζιο παιχνίδι επειδή μας αρέσει να παίζουμε παιχνίδια».*

Β. Από φοιτητές

Αναφορικά με την έρευνα στους φοιτητές, η ανάλυση των εβδομαδιαίων αναφορών που συμπλήρωναν και των τελικών συνεντεύξεων φανέρωσε ότι οι παράγοντες που επηρέασαν τη

δημιουργία των εκθεμάτων τους ήταν ανάλογοι με αυτούς που επηρέασαν τους μαθητές. Οι φοιτητές λοιπόν επηρεάστηκαν όπως και οι μαθητές (1) από τα προσωπικά τους ενδιαφέροντα, (2) από τις συζητήσεις με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας και τους επιμορφωτές τους, (3) από τους κατασκευαστικούς περιορισμούς που αντιμετώπισαν για να φτιάξουν τα τελικά εκθέματα, (4) από την επικέντρωση τους στην διαδραστικότητα του εκθέματος καθώς και (5) την σημασία του θέματος για τους επισκέπτες - μαθητές. Παρά το γεγονός λοιπόν ότι πολλοί από τους παράγοντες ήταν ανάλογοι με τους παράγοντες που επηρέασαν τους μαθητές, υπήρξαν κάποιες αξιοσημείωτες διαφοροποιήσεις. Συγκεκριμένα, μία από τις μεγαλύτερες δυσκολίες που επηρέασε τους φοιτητές ήταν το γεγονός ότι συνάντησαν πολλές αμφιλεγόμενες πληροφορίες και δεν μπορούσαν να επιλέξουν ποιες από αυτές να παρουσιάσουν ώστε να είναι έγκυρα και αξιόπιστα όσα προβάλλουν. Ήταν δύσκολο για αυτούς να δεχτούν ότι υπάρχουν πολλά σύγχρονα επιστημονικά ζητήματα που ούτε οι επιστήμονες έχουν καταλήξει σε συναίνεση. Έτσι, δεν ήταν εύκολο να βρουν την ισορροπία μεταξύ των διαφορετικών απόψεων και ταυτόχρονα να δεχτούν ότι δεν πρέπει να δώσουν μέσω του εκθέματός τους μια μοναδική, «σωστή» απάντηση. Ιδιαίτερα μια φοιτήτρια δήλωσε: *«Είμαι μπερδεμένη ... δεν καταλαβαίνω αν υπάρχουν πραγματικά βλαβερές συνέπειες από τη χρήση της νανοτεχνολογίας και έτσι δεν μπορώ να καταλήξω σε ένα πιο συγκεκριμένο συμπέρασμα ... δεν ξέρω τι να συμπεριλάβω στο έκθεμά μου».* Έτσι, προσπάθησαν γενικά να διατηρήσουν μια ουδετερότητα κατά τη διαπραγμάτευση των πτυχών της ΥΕΚ διαμορφώνοντας γενικά και ανοικτού τύπου ερωτήματα σχετικά με τα κοινωνικά διλήμματα που προκύπτουν.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα από την ανάλυση των δεδομένων έδειξαν ότι τόσο οι μαθητές όσο και οι φοιτητές επικεντρώνουν στην Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες ως πτυχή της ΥΕΚ. Δίνουν προτεραιότητα στις επιστημονικές αρχές και ιδέες ως τον κύριο στόχο του εκθέματος κάτι που αντανακλά την αντίληψη ότι η διδασκαλία για την εννοιολογική κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου διαφέρει από την διδασκαλία για λήψη αποφάσεων αναφορικά με θέματα επιστήμης (Forbes & Davis 2008). Μια άλλη πτυχή που τόσο οι μαθητές όσο και οι φοιτητές φαίνεται να δίνουν έμφαση είναι η Ηθική Δεοντολογία. Ο κύριος στόχος της δημιουργίας των εκθεμάτων ήταν να θέσουν τους επισκέπτες σε διλημματικές καταστάσεις προκειμένου να λάβουν τεκμηριωμένες αποφάσεις. Στη βιβλιογραφία τονίζεται ότι οι ηθικοί προβληματισμοί είναι οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ατομική λήψη αποφάσεων (Sadler 2006). Επόμενως οι ηθικές διαστάσεις δεν μπορούν να απουσιάζουν από συζητήσεις για κοινωνικοεπιστημονικά διλήμματα και ζητήματα. Επιπλέον, τόσο οι μαθητές όσο και οι φοιτητές έδειξαν δυσκολίες στη διαπραγμάτευση της πτυχής για την Ελεύθερη Πρόσβαση. Η πτυχή αυτή εμφανίζεται κυρίως σε εκθέματα αναφορικά με την νανοτεχνολογία καθώς είναι και το πιο άγνωστο επιστημονικό αντικείμενο από αυτά με τα οποία ασχολήθηκαν. Διαφοροποίηση παρατηρήθηκε ως προς την προσέγγιση των μαθητών για την Ενεργό Εμπλοκή η οποία ήταν πιο επιφανειακή και περιορίστηκε σε θέματα ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης. Αντίθετα οι φοιτητές αντιλήφθηκαν τον ρόλο του πολίτη στη διαδικασία της λήψης αποφάσεων αλλά απέφυγαν να διαπραγματευτούν αυτή την πτυχή καθώς έχει πολιτικές και ηθικές προεκτάσεις και οι ίδιοι ως μελλοντικοί εκπαιδευτικοί όπως αναφέρεται στην βιβλιογραφία αν και αναγνωρίζουν την αξία τέτοιων προεκτάσεων για την διδασκαλία, τις αποφεύγουν (Forbes & Davis, 2008). Τέλος οι μαθητές σε αντίθεση με τους φοιτητές δεν διαπραγματεύτηκαν στα εκθέματά τους τη διάσταση της ορθής διακυβέρνησης καθώς δεν είναι αξοικειωμένοι με έννοιες όπως νόμοι, νομοθετικά πλαίσια κλπ. Οι φοιτητές από την άλλη μεριά θεωρούν τους διαμορφωτές της πολιτικής και των νόμων ως τους κύριους υπεύθυνους για την προστασία των πολιτών και των δικαιωμάτων τους.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν μαθητές και φοιτητές στην κατασκευή των εκθεμάτων για τα κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα φαίνεται να είναι ίδιοι. Οι διαφοροποιήσεις οφείλονται κυρίως στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τον ρόλο τους στη διδασκαλία (Hofstein et al. 2011). Θεωρούν οι φοιτητές ως μελλοντικοί εκπαιδευτικοί ότι οφείλουν να διαπραγματεύονται με τους μαθητές μόνο γεγονότα και φαινόμενα που είναι γενικά αποδεκτά καθώς θεωρούν ότι η διδασκαλία φυσικών επιστημών περιορίζεται στη διαχείριση της «εγκαθιδρυμένης» γνώσης. Έτσι αμφιλεγόμενα ζητήματα αξιακά φορτισμένα δεν έχουν θέση σε μαθήματα φυσικών επιστημών.
Επομένως, αυτό που χρειάζεται να κατανοήσουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί είναι ότι η επιστήμη είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με κοινωνικούς, πολιτιστικούς και οικονομικούς παράγοντες και ότι δεν περιορίζεται στο επιστημονικό περιεχόμενο και αρχές. Επιπλέον, είναι απαραίτητο να τους ενθαρρύνουμε να οικοδομήσουν ένα ρόλο ταυτότητας, στο οποίο η ουδετερότητα και ο ορθολογισμός δεν είναι τα μόνα απαραίτητα στοιχεία που χρειάζονται για να διδάξουν φυσικές επιστήμες.

5. Βιβλιογραφία

Blonder, R., Zemler, E. & Rosenfeld, S. (2016). The story of lead: a context for learning about responsible research and innovation (RRI) in the chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice, 17*(4), 1145-1155.

D'Acquisto, L. (2006). Learning on Display: Student-Created Museums That Build Understanding. *Association for Supervision and Curriculum Development*.

European Commission (2012): *Responsible Research and Innovation - Europe's ability to respond to societal challenges*

Forbes, C. T. & Davis, E. A. (2008). Exploring preservice elementary teachers' critique and adaptation of science curriculum materials in respect to socioscientific issues. *Science & Education, 17*(8), 829-854.

Hammerich, P. (2000). Confronting students' conceptions of the nature of science with cooperative controversy. In W. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp.127-136). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

Hofstein, A., Eilks, I. & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education—A pedagogical justification and the state-of-the-art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education, 9*(6), 1459-1483

Kampschulte, L. & Parchmann, I. (2015). The student-curated exhibition – a new approach to getting in touch with science , *Lumat*, 3(4), 462-482

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.

Sadler, T. D. & Zeidler, D. L. (2005). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of research in science teaching, 42*(1), 112-138

Sadler, T. D., Romine, W. L. & Topçu, M. S. (2016). Learning science content through socio-scientific issues-based instruction: a multi-level assessment study. *International Journal of Science Education, 38*(10), 1622-1635.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research- based framework for socioscientific issues education. *Science Education, 89*(3), 357-377.

Η ΕΝΑΛΛΑΓΗ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΩΝ ΩΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ

Χαρίλαος Τσιχουρίδης[1], *Διονύσιος Βαβουγυιός*[1], *Γεώργιος Σ. Ιωαννίδης*[2]

[1]ΠΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Πατρών

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία διερευνάται η δυνατότητα εναλλαγής πειραματικών περιβαλλόντων ως αποτελεσματικό εργαλείο διδασκαλίας του απλού βαρυτικού εκκρεμούς. Τα πειραματικά περιβάλλοντα, πραγματικά και εικονικά καθώς και με αισθητήρες, καταγραφείς δεδομένων με το λογισμικό τους, αποτελούν ένα ολιστικό περιβάλλον πειραματισμού με επαυξημένες δυνατότητες στη κατανόηση θεμάτων των Φυσικών Επιστημών. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα 61 μαθητές/τριες Γυμνασίου μελέτησαν το απλό εκκρεμές υλοποιώντας εργαστηριακές δραστηριότητες με βάση κατάλληλα διαμορφωμένα φύλλα εργασιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν σαφή βελτίωση της συνολικής μαθησιακής διαδικασίας με την βελτίωση της κατανόησης των σχετικών εννοιών, των εναλλακτικών ιδεών, στην κατάκτηση δεξιοτήτων καθώς και στην ενεργό συμμετοχή των μαθητών.

Abstract
The present research study looks into the extent to which the switching of experimental environments can be an effective teaching tool for the teaching of the simple gravity pendulum. Experimental environments, real, virtual as well as sensors with their data recorders and their software, display augmented capabilities for the facilitation of the understanding of science concepts. The participants in this research were 61 Junior High School learners (boys and girls) who studied the simple gravity pendulum and performed laboratory activities following specially designed worksheets. The results revealed a considerable improvement of the learning process, the students' level of understanding of the relevant concepts, of their alternative ideas, skills acquisition and active participation in the learning process.

1. Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες η υλοποίηση πολλών ερευνητικών εργασιών έχουν αναδείξει τη χρησιμότητα της εργαστηριακού τύπου δραστηριότητας στη μαθησιακή διαδικασία (Berry et al. 2002, Keller & Keller 2005, Koretsky et al. 2011, Psillos & Niedderer 2002, Ronen & Eliahu 1999, Steinberg 2003, Srinivasan 2006, Tarekegn 2009, Tsihouridis et al.2013, Tsihouridis et al. 2014). Έχοντας διαπιστώσει επομένως ότι όλοι οι τύποι πειραματικής (εξ)άσκησης, σε πραγματικό ή εικονικό περιβάλλον, με ή χωρίς την χρήση αισθητήρων, ενέχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, οδηγούμαστε στη σκέψη ότι ενδεχόμενη δυνατότητα παράλληλης χρήσης τους ή η κυκλική τους εναλλαγή μπορεί να προσφέρει μια ευρύτερη εκπαιδευτική προοπτική. Με βάση τα προηγούμενα, το ενδιαφέρον μας εστιάστηκε στην διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της εναλλαγής πειραματικών περιβαλλόντων στη διδασκαλία του απλού βαρυτικού εκκρεμούς. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση για το

συγκεκριμένο διδακτικό αντικείμενο ανέδειξε το περιορισμένο ενδιαφέρον των ερευνητών για το απλό βαρυτικό εκκρεμές αν και η μελέτη του περιλαμβάνεται στην πλειοψηφία των προγραμμάτων σπουδών πολλών χωρών παγκοσμίως (Gauld 2005), και αυτός ήταν πρωτίστως ο λόγος επιλογής του απλού βαρυτικού εκκρεμούς ως διδακτικό αντικείμενο της παρούσας έρευνας.
Οι μαθητές στο εργαστήριο είχαν την δυνατότητα επιλογής χρήσης πραγματικού αλλά και εικονικού εργαστηρίου όπως και αισθητήρων με τα αντίστοιχα διδακτικά οφέλη (O' Sullivan 2007), ενώ το λογισμικό προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε επιλέχθηκε ώστε να προσομοιώνει τις εργαστηριακές διατάξεις με μεγάλη πιστότητα ως προς το πραγματικό εργαστήριο, βοηθώντας τους μαθητές να μεταβούν γρήγορα από τον εικονικό στον πραγματικό κόσμο και αντίστροφα.
Τα πειράματα στο πεδίο των φυσικών επιστημών διαδραματίζουν κυρίαρχο διδακτικό ρόλο, αφού μέσω αυτών επιχειρείται να οδηγηθούμε στην κατανόηση των διαδικασιών των φυσικών φαινομένων στον κόσμο μας. Γενικά οι διδακτικές στρατηγικές που ενσωματώνουν οποιαδήποτε μορφή πειραματικής (εξ)άσκησης θεωρούνται τα σημαντικότερα εκπαιδευτικά εργαλεία, ειδικά όταν εστιάζουν σε δυσνόητες ή αφηρημένες έννοιες των φυσικών επιστημών (Psillos 2002).

2. Μεθοδολογία

Το ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας μας ήταν, α) κατά πόσον η εναλλαγή διαφορετικών τύπων πειραματικών περιβαλλόντων θα μπορούσε να εφαρμοστεί στην πράξη ως αποτελεσματικό εργαλείο διδασκαλίας, ώστε να μπορεί να καλύψει τις εκπαιδευτικές ανάγκες μαθητών/τριών γυμνασιακής βαθμίδας και ειδικότερα σε θέματα σχετικά με τη μελέτη του απλού βαρυτικού εκκρεμούς (σχέση της περιόδου του εκκρεμούς με το μήκος του, το πλάτος του, το βάρος του σώματος και την επιτάχυνση της βαρύτητας) και β) κατά πόσον το μαθησιακό αποτέλεσμα διαφοροποιείται σε σχέση με μαθητές που πειραματίζονται μόνο σε περιβάλλον με αισθητήρες, καταγραφείς δεδομένων και αντίστοιχα λογισμικά και υπολογιστικά συστήματα.
Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 61 μαθητές/τριες της Γ΄ Γυμνασίου εκ των οποίων οι 49 χωριζόμενοι σε 2 ομάδες αποτέλεσαν το βασικό ερευνητικό δείγμα χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες πραγματικών και εικονικών περιβαλλόντων καθώς αισθητήρες με καταγραφείς δεδομένων και σχεδίασαν, δημιούργησαν και ανέλυσαν το απλό βαρυτικό εκκρεμές. Οι υπόλοιποι 12 μαθητές/τριες αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου και πειραματίστηκαν χρησιμοποιώντας αισθητήρες, καταγραφείς και ΤΠΕ. Ο αριθμός των μαθητών της ομάδας ελέγχου είναι σχετικά μικρός λόγω μη διάθεσης επαρκούς αριθμού αισθητήρων και καταγραφέων ώστε να ασκηθούν περισσότεροι μαθητές ταυτόχρονα. Ως ερευνητικά εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν ειδικά διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο 16 ερωτήσεων που σταθμίστηκε ως προς την εγκυρότητα και την αξιοπιστία μέσω αρχικών πιλοτικών ερευνών για την συγκεκριμένη ομάδα μαθητών καθώς και ημιδομημένη συνέντευξη μετά το πέρας της διδακτικής παρέμβασης. Η δομή του ερωτηματολογίου στόχευε στην διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σε συγκεκριμένους διδακτικούς στόχους που αφορούν τις σχέσεις της περιόδου του εκκρεμούς με α) το μήκος εκκρεμούς, β) το πλάτος γ) το βάρος ταλαντούμενου σώματος και δ) την επιτάχυνση της βαρύτητας.
Η εγκυρότητα της παρούσας έρευνας ενισχύεται περαιτέρω και από τον παρόμοιο σχεδιασμό των ερευνητικών δραστηριοτήτων ανεξαρτήτως πειραματικού περιβάλλοντος. Επιπρόσθετα τα συστηματικά σφάλματα μειώθηκαν περαιτέρω σε αυτή την έρευνα από το γεγονός ότι η διδασκαλία υλοποιήθηκε από τον ίδιο τον ερευνητή σε όλες τις πειραματικές ομάδες με παρόμοιο τρόπο.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε 4 διαδοχικές φάσεις συνολικής διάρκειας 6 διδακτικών ωρών. Αναλυτικότερα:

Φάσεις παρέμβασης:

1η Φάση παρέμβασης (1 ώρα): Στις δυο ομάδες δόθηκε το ερωτηματολόγιο με την βοήθεια του οποίου ανιχνεύθηκαν οι προϋπάρχουσες ιδέες τους σχετικά με το απλό βαρυτικό εκκρεμές (χρήσεις του, λειτουργία, επίδραση παραγόντων μήκος, βάρος, πλάτος, επιτάχυνση βαρύτητας).
2η Φάση παρέμβασης (3 ώρες): Παρουσιάστηκαν στους μαθητές τα πειραματικά περιβάλλοντα στα οποία οι μαθητές/τριες υλοποίησαν δραστηριότητες ασκούμενοι διαδοχικά σε πραγματικό και εικονικό εργαστήριο όπως και εργαστήριο που χρησιμοποιούσε αισθητήρες εναλλασσόμενοι κυκλικά ανά μία ώρα. Ο τυχόν επιπλέον χρόνος μετά το πέρας των πειραματικών δραστηριοτήτων και μέχρι να συμπληρωθεί η τρίωρη πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε από όλες τις ομάδες για αλληλεπιδραστική-εποικοδομητική συζήτηση μεταξύ των μαθητών και μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικών.
3η Φάση παρέμβασης (1 ώρα): Ακολούθησε συζήτηση και καταγραφή των ιδεών τους καθώς και αξιολόγησή τη συνολικής διαδικασίας. Οι ερευνητές πραγματοποίησαν ημιδομημένες συνεντεύξεις με όποιον μαθητή επιθυμούσε.
4η Φάση παρέμβασης (1 ώρα): Τρεις εβδομάδες αργότερα ζητήθηκε από τους ίδιους να συμπληρώσουν και πάλι το αρχικό ερωτηματολόγιο για να ανιχνευθούν τυχόν αλλαγές των αρχικών τους ιδεών.

Στατιστική ανάλυση-Ερευνητική υπόθεση

Για τον έλεγχο των στατιστικών υποθέσεων χρησιμοποιείται το στατιστικό πακέτο SPSS Στην παρούσα έρευνα το κατάλληλο στατιστικό κριτήριο είναι το παραμετρικό κριτήριο t-test για εξαρτημένα και ανεξάρτητα δείγματα που πληροί τις προϋποθέσεις χρήσης του ως προς τη κανονικότητα δεδομένων, την ομοιογένεια διακύμανσης και την κλίμακα μέτρησης εξαρτημένης μεταβλητής να είναι τουλάχιστον ίσων διαστημάτων. Αυτό αποσκοπεί στην επαλήθευση ή την απόρριψη υποθέσεων. Προκειμένου να αξιοποιηθούν τα δεδομένα δείγματος, διατυπώθηκαν δύο υποθέσεις: (α) η μηδενική υπόθεση Ho, με βάση την αποδοχή ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτώμενη και (β) την εναλλακτική υπόθεση H_1, η οποία εκφράζει το αντίθετο. Μια στατιστικά σημαντική διαφορά, μικρότερη από ένα αποδεκτό όριο σημαντικότητας (5%, 1% ή 1 ‰) σημαίνει την απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης και την αποδοχή της εναλλακτικής υπόθεσης (Psillos & Niedderer 2002, Hofstein & Lunetta 2004). Για το σκοπό της παρούσας μελέτης, το επίπεδο σημαντικότητας καθορίστηκε στο 5%. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, στην H1, δεν υπάρχει καμία εγγενής προσπάθεια να προβλεφθεί ποια ομάδα εμφανίζει την καλύτερη ή χειρότερη απόδοση. Επομένως, διατυπώνεται μια υπόθεση αμφίπλευρου ελέγχου. Οι ερευνητικές υποθέσεις δίπλευρου ελέγχου διατυπώνονται ως εξής:
Ho: Μηδενική υπόθεση: Οι συμμετέχουσες ομάδες μαθητών εμφανίζουν την ίδια απόδοση μετά την παρέμβαση διδασκαλίας
H1: Εναλλακτική υπόθεση: Οι συμμετέχουσες ομάδες μαθητών παρουσιάζουν διαφορετικές επιδόσεις μετά την παρέμβαση διδασκαλίας.
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω.

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τη χρήση του t-test για εξαρτημένα και ανεξάρτητα δείγματα παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες. Στον πίνακα 1 δίνονται τα αποτελέσματα του κριτηρίου t για εξαρτημένα δείγματα της πειραματικής ομάδας (G1) σχετικά με τη διαφορά επίδοσης στο pre και post test.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα του κριτήριου t για εξαρτημένα δείγματα της πειραματικής ομάδας (G1) σχετικά με τη διαφορά επίδοσης στο pre και post test

Διαφορά επίδοσης στο Pre και Post test ανά διδακτικό στόχο	Mean	Std. Error Mean	t	Sig. (2-tailed)
Περίοδος_VS_Μήκος_Post_G1 - Περίοδος_VS_Μήκος_Pre_G1	29,59	6,17	4,79	0,000
Περίοδος_VS_Βάρος_Post_G1 - Περίοδος_VS_Βάρος_Pre_G1	47,45	4,27	11,12	0,000
Περίοδος_VS_g_Post_G1 - Περίοδος_VS_g_Pre_G1	40,14	5,05	7,95	0,000
Περίοδος_VS_Πλάτος_Post_G1 - Περίοδος_VS_Πλάτος_Pre_G1	33,67	6,42	5,25	0,000
Ολική_Επίδοση_PostTest_G1 - Ολική_Επίδοση_PreTest_G1	37,71	2,65	14,23	0,000

Η εφαρμογή του t-test στους μαθητές που άσκηθηκαν με εναλλαγή σε διάφορα πειραματικά περιβάλλοντα έδωσε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα τόσο ως προς την κατανόηση της σχέσης περιόδου και μήκους εκκρεμούς ($t(48) = 4.79$, $p<0.001$), της σχέσης περιόδου και βάρους ταλαντούμενου σώματος ($t(48) = 11.12$, $p<0.001$), της σχέσης περιόδου και επιτάχυνσης της βαρύτητας ($t(48) = 7.95$, $p<0,001$) και της σχέσης περιόδου και πλάτους ταλάντωσης ($t(48) = 5.25$, $p<0.001$) όσο και ως προς την συνολική επίδοση μεταξύ Pre και Post test ($t(48) = 14.23$, $p<0.001$). Επομένως η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση με εναλλαγή άσκησης σε πειραματικά περιβάλλοντα βελτίωσε τα μαθησιακά αποτελέσματα ως και προς τους επιμέρους διδακτικούς στόχους και ως προς τελική μέση επίδοση.
Επομένως και η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση με πειραματική άσκηση στο πραγματικό εργαστήριο με χρήση αισθητήρων και καταγραφέων δεδομένων βελτίωσε τα μαθησιακά αποτελέσματα ως και προς τους επιμέρους διδακτικούς στόχους και ως προς τελική μέση επίδοση.
Στον πίνακα 2 δίνονται τα αποτελέσματα του κριτήριου t για ανεξάρτητα δείγματα των συμμετεχόντων ομάδων συγκρίνοντας τη μέση επίδοση τους στο pre και post test

Πίνακας 2: Αποτελέσματα του κριτήριου t για ανεξάρτητα δείγματα των ομάδων G1 και G2 στο pre και post test

Διαφορά επίδοσης μεταξύ των δυο ομάδων G1-G2	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference
ΜΕΣΗ ΕΠΙΔΟΣΗ_PRE_TEST	0,281	59	0,780	1,17	4,17
ΜΕΣΗ ΕΠΙΔΟΣΗ _POST_TEST	2,952	59	0,005	10,81	3,66

Η εφαρμογή του κριτηρίου t για ανεξάρτητα δείγματα στους μαθητές που άσκηθηκαν σε διάφορα πειραματικά περιβάλλοντα έδωσε στατιστικά μη σημαντικά αποτελέσματα ως προς

τη μέση τελική επίδοση πριν την διδακτική παρέμβαση (pre-test) (t(59)=0.281, p=0.780). Αυτό δείχνει την ισοδυναμία των δύο ομάδων πριν την διδακτική παρέμβαση ως προς το συγκεκριμένο διδακτικό αντικείμενο.

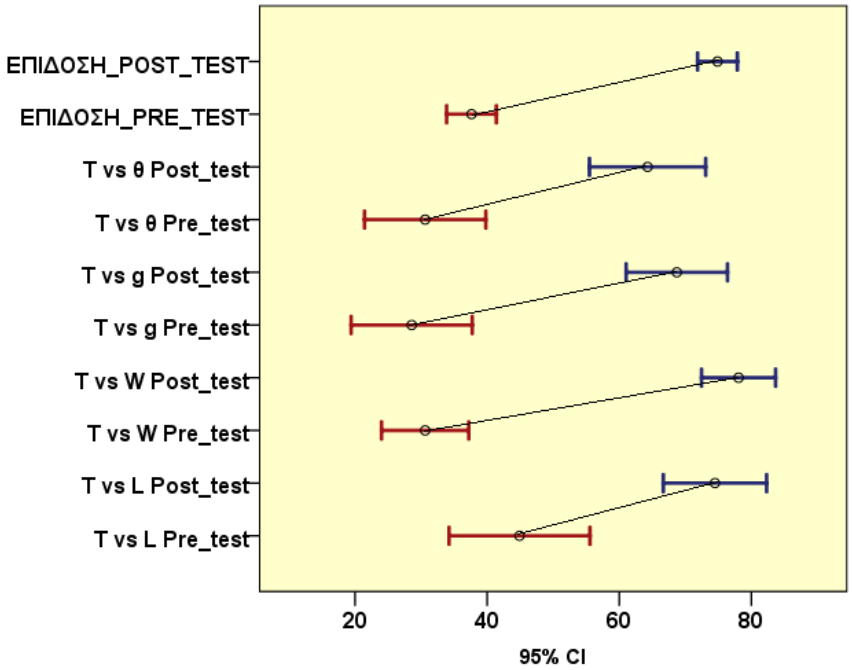
Μετά την διδακτική παρέμβαση στο post-test το t-test ανεξαρτήτων δειγμάτων έδωσε στατιστικώς σημαντικά αποτελέσματα (t(59)=2.95, p = 0.005), γεγονός που δείχνει διαφοροποίηση ως προς την αποτελεσματικότητα των δυο διαφορετικών διδακτικών προσεγγίσεων που εφαρμόστηκαν στις ομάδες μαθητών. Συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές που ασκήθηκαν μόνο στο περιβάλλον με τους αισθητήρες, καταγραφείς και ΤΠΕ είχαν χαμηλότερες επιδόσεις από τους μαθητές που ασκήθηκαν κυκλικά με τα διάφορα πειραματικά περιβάλλοντα (διαφορά μέσης επίδοσης ομάδων [M-D(G1-G2) =10.81% ± 3.66%]).

Η ανάλυση των δεδομένων της πρώτης φάσης (ερωτηματολόγιο & προφορικές συνεντεύξεις) έδειξε ότι οι γνώσεις των μαθητών ήταν περιορισμένες και ασαφείς με την επίδοση ανά διδακτικό στόχο να κυμαίνεται από 29% έως 45% (Pre-Test, διάγραμμα εικόνας 1). Μετά το τέλος της παρέμβασης προέκυψε σαφής βελτίωση της επίδοσή τους ανά διδακτικό στόχο με την επίδοση να κυμαίνεται από 64% έως 78% (Post-Test διάγραμμα εικόνας 1). Η μεγαλύτερη βελτίωση παρουσιάστηκε στον διδακτικό στόχο που αφορούσε τη σχέση περιόδου και βάρους σώματος (βελτίωση κατά 47,45%±4,27%) ενώ η μικρότερη σ ’αυτόν που αφορούσε τη σχέση περιόδου και μήκους εκκρεμούς (βελτίωση κατά 29,59%±6,17%). Γενικά παρατηρήθηκε βελτίωση της επίδοσης των μαθητών/τριων κατά 37,25%±1,93%, ποσοστό πολύ ικανοποιητικό για το διαθέσιμο χρόνο άσκησης τους. Επίσης οι μαθητές που ασκούνται με κυκλική εναλλαγή σε διάφορα πειραματικά περιβάλλοντα πετυχαίνουν καλύτερες επιδόσεις (γενική μέση επίδοση 74,87%±1,49%) σε σχέση με τους μαθητές που ασκούνται μόνο σε ένα περιβάλλον με αισθητήρες (γενική μέση επίδοση 64,06%±4,22%).

Τα ανωτέρω αποτελέσματα δίνονται εποπτικότερα στα διαγράμματα σφαλμάτων.

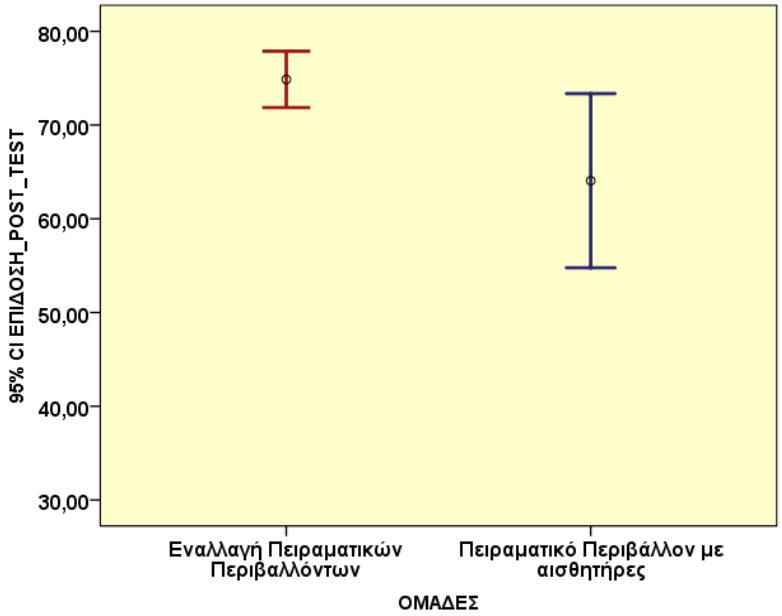
Στην εικόνα 1 δίνεται το διάγραμμα σφαλμάτων της πειραματικής ομάδας στο pre και post test ως προς τους επιμέρους διδακτικούς στόχους και τη συνολική μέση επίδοση.

Εικόνα 1 : Το διάγραμμα σφαλμάτων στο pre και post ως προς τη συνολική επίδοση και τους επιμέρους διδακτικούς στόχους



Με τα ανωτέρω διαπιστώνεται ότι, τα διαστήματα εμπιστοσύνης των δυο μέσων όρων δεν επικαλύπτονται και κατά συνέπεια φαίνεται ότι η διαφορά που παρατηρείται μετά την υλοποίηση των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων είναι στατιστικώς σημαντική. Μάλιστα, όπως φαίνεται από το διάγραμμα, η επίδοση των μαθητών που ασκήθηκαν με εναλλαγή σε διαφορετικά πειραματικά περιβάλλοντα μετά τη διδακτική παρέμβαση βελτιώθηκε σημαντικά.
Στην εικόνα 2 δίνεται το διάγραμμα σφαλμάτων ως προς τη συνολική μέση επίδοση μεταξύ της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις (post-test).

Εικόνα 2 : Το διάγραμμα σφαλμάτων στο post ως προς τη συνολική επίδοση μεταξύ των δυο ομάδων



Με τα ανωτέρω διαπιστώνεται ότι, τα διαστήματα εμπιστοσύνης των δυο μέσων όρων δεν επικαλύπτονται και κατά συνέπεια φαίνεται ότι η διαφορά που παρατηρείται μετά την υλοποίηση των συγκεκριμένων δραστηριοτήτων είναι στατιστικώς σημαντική. Μάλιστα, όπως φαίνεται από το διάγραμμα, η επίδοση των μαθητών που ασκήθηκαν με εναλλαγή σε διαφορετικά πειραματικά περιβάλλοντα μετά τη διδακτική παρέμβαση βελτιώθηκε σημαντικά.

4. Συμπεράσματα και προτάσεις

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι έχοντας στην διάθεσή μας αφενός μεν, τον κατάλληλο εργαστηριακό εξοπλισμό και αφετέρου σχεδιασμένες πειραματικές δραστηριότητες εναρμονισμένες με τους διδακτικούς μας στόχους είναι υλοποιήσιμη η εναλλαγή πειραματικών περιβαλλόντων στο σχολικό εργαστήριο και κυρίως οδηγεί σε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (αποτελεσματική διδασκαλία), σε σχέση με την άσκηση σε ένα μόνο πειραματικό περιβάλλον. Με την εναλλαγή είναι εφικτός ο περιορισμός των μειονεκτημάτων κάθε πειραματικού περιβάλλοντος και η ανάδειξη των πλεονεκτημάτων του, ούτως ώστε η διδασκαλία μας τελικά να επιφέρει τα καλύτερα δυνατά αποτελέσματα (σαφή βελτίωση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών, μεγάλο βαθμό κατανόησης του διδακτικού αντικειμένου και περαιτέρω ανάπτυξη δεξιοτήτων). Σημαντικό επίσης είναι, ότι με την

κυκλική εναλλαγή πειραματικών περιβαλλόντων διατηρείται το ενδιαφέρον των μαθητών διαρκώς ενεργό και οδηγεί σε δημιουργικό αναστοχασμό, βελτιώνοντας επιπρόσθετα την συνολική μαθησιακή διαδικασία.

5. Βιβλιογραφία

Berry, A., Gunstone, R., Lougharan J. & Mulhall, P. (2002). Using laboratory work to teach about the practice of science, *Research in Science Education* –Past, Present and Future, Part 6, 313-318

Gauld, C.: Pendulums in the Physics Education Literature: A bibliography. In: Matthews, M., Gauld, C. & Stinner, A.(eds.).*The pendulum*, pp. 505 – 526. Springer, Netherlands (2005)

Hofstein A. & Lunetta V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, Vol. 88(1), pp. 28-54.

Keller, H., E. & Keller, E., E. (2005). Making Real of Virtual Labs. The Science Education Review, 4 (1), 2-11

Koretsky, M., Kelly C. & Gummer, E. (2011). Student Perceptions of Learning in the Laboratory: Comparison of Industrially Situated Virtual Laboratories to Capstone Physical Laboratories. *Journal of Engineering Education*, 100 (3), 540-573

O' Sullivan, C. (2007). Teaching Heat Transfer to Engineering Students – a course of computer-based hands–on activities. *International Conference on Engineering Education – ICEE*, 1-5

Psillos, D. & Niedderer, H. (2002). Issues and Questions Regarding the Effectiveness of Labwork, in D. Psillos & H. Niedderer (eds), *Teaching and Learning in the Science Laboratory*, 21-20. Netherlands: Kluwer Academic Publishers

Ronen, M. & Eliahu, M. (1999). Simulation as a home learning environment – students' views. *Journal of Computer Assisted Learning*, 15, 258-268

Srinivasan, S. (2006). Reality versus simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 15 (2), 137-141

Steinberg, R., N. (2003). Effects of Computer-based Laboratory Instruction on Future Teachers' Understanding of the Nature of Science. *International of Computer in Mathematics and Science Teaching*, 22 (3), 185-205

Tarekegn, G. (2009). Can computer simulations substitute real laboratory apparatus? Lat. *Am. J. Phys. Educ*., 3 (3), 506-517

Tsihouridis, C., Vavougios, D., Ioannidis, G. (2013). The effectiveness of virtual laboratories as a contemporary teaching tool in the teaching of electric circuits in Upper High School as compared to that of real labs. *International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, pp. 816-820.

Tsihouridis, Ch., Vavougios, D., Ioannidis, G.S., Alexias, A., Argyropoulos Ch., Poulios, S. (2014). Using sensors and data-loggers in an integrated mobile school-lab setting to teach Light and Optics. *International Conference of Interactive Collaborative Learning and Engineering Pedagogy, (ICL)*, pp. 439-445

ΕΙΣΑΓΟΝΤΑΣ ΜΑΘΗΤΕΣ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΣΕ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης, Αναστάσιος Μολοχίδης

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ένας τρόπος για την εισαγωγή των μαθητών σε διερευνητικές δραστηριότητες. Εφαρμόζοντας το μοντέλο του συνεχούς της διερεύνησης σχεδιάστηκαν 4 φύλλα εργασίας (ΦΕ) γύρω από ένα αρχικό καθημερινό πρόβλημα, με σταδιακά ελαττούμενη την παρεχόμενη καθοδήγηση από φύλλο σε φύλλο. Τελειόφοιτοι μαθητές τάξεων του Γυμνασίου, ενεπλάκησαν ενεργά με τα ΦΕ, στα πλαίσια Θερινών Σχολείων (άτυπη μορφή εκπαίδευσης) και στη γνωστική περιοχή της Οπτικής, χρησιμοποιώντας προσομοιωμένα δικτυακά εργαστήρια. Η εισαγωγή διερευνητικών δραστηριοτήτων στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορεί ενδεχόμενα να επιτευχθεί με μικρά και ευέλικτα ΦΕ.

Abstract

This paper presents a way to introduce the students in inquiry activities. Applying the model of inquiry continuous we designed 4 worksheets (WS) on a daily problem, with decreasing gradually of the provided guidance. High school students were actively involved with the WS using simulated web-laboratories, in a context of informal education and in the area of Optics. Small and flexible WS is probably one way for implementing inquiry-based learning in the educational process.

1. Εισαγωγή

Η διερευνητική μάθηση είναι μια διδακτική στρατηγική, όπου οι μαθητές ακολουθούν μεθόδους και πρακτικές παρόμοιες με τις αντίστοιχες επιστημονικές, με στόχο την οικοδόμηση της γνώσης (Keselman 2003). Μπορεί λοιπόν να οριστεί ως μια διαδικασία ανακάλυψης νέων αιτιακών σχέσεων, με τον μαθητευόμενο να διαμορφώνει υποθέσεις και να τις δοκιμάζει μέσω σχεδιασμού και υλοποίησης πειραματικών διατάξεων και συστηματικών παρατηρήσεων (Pedaste et al. 2012). Η διερευνητική προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί ως μια εξέλιξη, ένα συνεχές, από την τελείως καθοδηγούμενη από τον διδάσκοντα διαδικασία στην καθοδηγούμενη από τον μαθητή διαδικασία, δίνοντας έμφαση έτσι στην ενεργό συμμετοχή του μαθητευόμενου και στην υπευθυνότητά του να ανακαλύπτει νέα γνώση (de Jong & van Joolingen 1998). Αυτό το συνεχές, συνήθως περιλαμβάνει τις τρεις πιο διαδεδομένες στρατηγικές διερεύνησης: τη δομημένη, την καθοδηγούμενη και την ανοιχτή διερεύνηση (Psillos et al. 2016). Έρευνες υποστηρίζουν ότι οι μαθητές στην υποχρεωτική εκπαίδευση θα πρέπει να έχουν την ευκαιρία να διερευνήσουν φυσικά φαινόμενα εμπλεκόμενοι σε διερευνητικές δραστηριότητες, ώστε να αναπτύξουν την ικανότητα να σκέφτονται και να ενεργούν με τρόπους που σχετίζονται με την επιστημονική έρευνα (Abd-El-Khalick et al. 2004). Αυτό μπορεί να γίνει εφικτό καθώς ο διδάσκων παρέχει στους μαθητές του εμπειρίες με σταδιακά μειούμενη υποστήριξη, από την πλήρως καθοδηγούμενη με την πολύ

υποστήριξη έως την ανοιχτή διερεύνηση με την ελάχιστη έως καθόλου υποστήριξη, βοηθώντας έτσι τους μαθητές να φτάνουν σε συμπεράσματα μόνοι τους (Eick et al. 2005).
Η διερευνητική μάθηση καθίσταται όλο και περισσότερο δημοφιλής τόσο στα αναλυτικά προγράμματα και τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών όσο και στην αντίστοιχη έρευνα και τη συνακόλουθη ανάπτυξη στοχευμένων προγραμμάτων. Η δημοφιλία της έγκειται και στο γεγονός ότι η επιτυχία της μπορεί να βελτιωθεί σημαντικά, λόγω των συνεχώς εξελισσόμενων ψηφιακών μαθησιακών περιβαλλόντων, που μπορούν να την υποστηρίζουν. Παρά, όμως, την εγνωσμένη αξία της μεθόδου, και το πλήθος βιβλιογραφικών αναφορών για τη χρησιμότητα της, οι διερευνητικές δραστηριότητες δεν έχουν τύχει ευρείας εφαρμογής στο ελληνικό σχολείο. Στην παρούσα εργασία, επιχειρούμε την εισαγωγή τελειόφοιτων μαθητών τάξεων Γυμνασίου σε διερευνητικού τύπου δραστηριότητες. Για το σκοπό αυτό αναπτύχθηκε μια σειρά 4 φύλλων εργασίας (ΦΕ) στο γνωστικό πεδίο της Οπτικής, σχεδιασμένων στα πρότυπα του συνεχούς της διερεύνησης (inquiry continuum). Τα ΦΕ χρησιμοποιούν τα προσομοιωμένα δικτυακά εργαστήρια, Web VL, ως ένα κατάλληλο όχημα για την εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες διερεύνησης (Βράκας κ.α. 2015; Μολοχίδης κ.α. 2016).

2. Μεθοδολογία / Ερευνητικά ερωτήματα

Σχεδίαση και ανάπτυξη των Φύλλων Εργασίας

Αναλύοντας τις διερευνητικές δραστηριότητες προσδιορίστηκαν 11 βασικά στάδια, τα οποία ομαδοποιούνται σε 5 διακριτές φάσεις (προσανατολισμός, σχεδίαση της έρευνας, πειραματική διαδικασία, ανάλυση δεδομένων, συμπεράσματα) και αποτελούν τη βάση για τα ΦΕ. Τα στάδια των φάσεων διατυπώνονται με τη μορφή ερωτημάτων όπως *Τι πρόκειται να ερευνήσω? Τι θα συμβεί, κατά τη γνώμη μου και γιατί; Τι σχεδιάζω να κάνω; Τι θα χρειαστώ; κλπ.* (Hackling 1998, Σκουμιός 2012). Συνοπτικά οι φάσεις, τα στάδια και τα ερωτήματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1: Φάσεις, στάδια και ερωτήματα των ΦΕ

Φάσεις διερεύνησης	**Στάδια διερεύνησης**	**Ερώτημα**
Προσανατολισμός	Διατύπωση προβλήματος	Πρόβλημα
Σχεδίαση της έρευνας	Ερώτημα έρευνας	Τι πρόκειται να ερευνήσω;
	Υπόθεση / πρόβλεψη	Τι νομίζω ότι θα συμβεί και γιατί;
Πειραματική διαδικασία	Σχεδίαση πειράματος	Τι σχεδιάζω να κάνω;
	Εξοπλισμός	Τι θα χρειαστώ;
	Παράμετροι/συνθήκες	Τι αλλάζω; Τι κρατώ ίδιο; Τι ελέγχω;
	Εκτέλεση πειράματος	Τι κάνω;
Διαχείριση μετρήσεων	Μετρήσεις	Τι μετρώ;
	Ανάλυση μετρήσεων	Ποιά είναι τα αποτελέσματα;
Συμπεράσματα	Διαπιστώσεις	Ήταν αυτό που περίμενα;
	Ερμηνεία	Γιατί συνέβη αυτό;

Η αλληλουχία των ΦΕ παρουσιάζεται συνοπτικά στον Πίνακα 2. Αναπτύχθηκαν ΦΕ στα 4 επίπεδα του συνεχούς της διερεύνησης. Κάθε επίπεδο διαφοροποιείται από το προηγούμενο σε σχέση με το ποιος (ο διδάσκων ή ο μαθητής) σχεδιάζει την πειραματική διαδικασία

(επιλογή, εξοπλισμός, παράμετροι), ενώ τα άλλα δομικά στοιχεία - στάδια της διερεύνησης (πχ. ποιος θέτει το πρόβλημα, ποιος επεξεργάζεται τα δεδομένα, ποιός διατυπώνει το συμπέρασμα, κλπ) παραμένουν τα ίδια και στους 4 τύπους (Blanchard et al. 2010).

Τα ΦΕ που αναπτύχθηκαν ήταν μικρά και ευέλικτα και είχαν στόχο, πέρα από την γνωστική αντιμετώπιση του θέματος, να εισάγουν τους μαθητές στις αρχές της διερεύνησης. Για τη διαχείριση / επεξεργασία των παρατηρήσεων ακολουθήθηκε η στρατηγική Πρόβλεψη – Παρατήρηση - Εξήγηση (Predict – Observe - Explain (POE), White et al. 1992) που συμπεριλαμβάνει την πρόβλεψη, τη διεξαγωγή του πειράματος, τη συζήτηση των αποτελεσμάτων και την ερμηνεία.

Η εμπλοκή των μαθητών ξεκινά με τη φάση «προσανατολισμού» στη διερευνητική διαδικασία, η οποία υλοποιείται με τη διατύπωση ενός καθημερινού προβλήματος που στη συνέχεια εξειδικεύεται σε 4 επιμέρους «ερωτήματα έρευνας», δημιουργώντας ένα σενάριο με 4 ΦΕ. Η παρεχόμενη βοήθεια (προτροπή) εκ μέρους των ΦΕ βαίνει συνεχώς ελαττούμενη: σύμφωνα με τον Πίνακα 2, κάθε προγενέστερο ΦΕ έχει προ-συμπληρωμένα κάποια από τα πεδία (τι πρόκειται να ερευνήσω, τι θα κάνω, κλπ), τα οποία είναι κενά και καλούνται οι μαθητές να συμπληρώσουν στα επόμενα.

Το αρχικό (καθημερινό) πρόβλημα των ΦΕ ήταν: «Η Άννα παραπονέθηκε στον οφθαλμίατρο ότι δεν μπορεί να δει καθαρά κοντινά της αντικείμενα. Ο οφθαλμίατρος της απάντησε ότι έχει υπερμετρωπία, που αντιμετωπίζεται με γυαλιά ή φακούς επαφής. Η Άννα αναζητώντας στο δίκτυο τι συμβαίνει στην υπερμετρωπία, διαβάζει ότι: *Στην υπερμετρωπία το είδωλο του αντικειμένου, που προσπαθούμε να δούμε, δεν εστιάζεται πάνω στον αμφιβληστροειδή, ώστε να έχουμε καθαρή εικόνα, αλλά πίσω από αυτόν.* Τι φακούς θα χρειαστεί η Άννα για να διορθώσει την ατέλεια της όρασής της;»

Οι μαθητές προσπαθώντας να απαντήσουν στο αρχικό πρόβλημα, συμμετέχουν σε μια σειρά επί μέρους ερωτημάτων: έτσι, στη συγκεκριμένη περίπτωση, στην αρχή ($1^{ο}$ ΦΕ) καλούνται να διερευνήσουν τα χαρακτηριστικά των αμφίκυρτων (συγκλινόντων) και αμφίκοιλων (αποκλινόντων) φακών, στη συνέχεια, στο $2^{ο}$ ΦΕ, διερευνούν τον ρόλο της εστιακής απόστασης για έναν φακό, στο $3^{ο}$ ΦΕ βρίσκουν ποιοτικές διαφορές ανάμεσα στα δύο είδη φακών και τέλος στο $4^{ο}$ ΦΕ βρίσκουν τη βέλτιστη θέση του φακού, που θα επιλέξει η Άννα, ανάμεσα στα αντικείμενο και το μάτι της, ώστε να έχει ευκρινή όραση. Η καινούργια ενέργεια που οι μαθητές καλούνται να υλοποιήσουν από το $1^{ο}$ ΦΕ στο $2^{ο}$ ΦΕ είναι ο σχεδιασμός του πειράματος, από το $2^{ο}$ ΦΕ στο $3^{ο}$ ΦΕ η παραμετροποίηση και η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού και, τέλος, από το $3^{ο}$ στο $4^{ο}$ ΦΕ τη διερεύνηση ενός ερευνητικού ερωτήματος (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Η αλληλουχία των ΦΕ («Κ» καθηγητής στο ΦΕ – «Μ» μαθητής)

Στάδια της Διερεύνησης	**ΦΕ 1**	**ΦΕ 2**	**ΦΕ 3**	**ΦΕ 4**
Ποιος θέτει το πρόβλημα;	Κ	Κ	Κ	Κ
Ποιός διατυπώνει το ερώτημα της έρευνας;	Κ	Κ	Κ	**Μ**
Ποιος επιλέγει τις παραμέτρους;	Κ	Κ	**Μ**	Μ
Ποιος επιλέγει τον εξοπλισμό;	Κ	Κ	**Μ**	Μ
Ποιος επιλέγει την πειραματική διαδικασία;	Κ	**Μ**	Μ	Μ
Ποιος κάνει προβλέψεις;	Μ	Μ	Μ	Μ

Ποιος εκτελεί το πείραμα;	Μ	Μ	Μ	Μ
Ποιος παίρνει τις μετρήσεις;	Μ	Μ	Μ	Μ
Ποιος διαχειρίζεται τα αποτελέσματα;	Μ	Μ	Μ	Μ
Ποιος συνάγει τα συμπεράσματα;	Μ	Μ	Μ	Μ
Ποιος συγκρίνει προβλέψεις με συμπεράσματα;	Μ	Μ	Μ	Μ

Το πλαίσιο εφαρμογής και το δείγμα

Τα 4 ΦΕ εφαρμόστηκαν σε 19 μαθητές Γ' Γυμνασίου και 42 μαθητές Α' Λυκείου, που παρακολουθούσαν το καλοκαίρι του 2016, θερινά σχολεία (ως τάξη δηλώνουμε την τάξη υποδοχής). Στόχος των θερινών σχολείων είναι μέσω ποικίλων δραστηριοτήτων τόσο η ενθάρρυνση όσο και η αύξηση των κινήτρων των μαθητών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες. Η παρέμβασή μας πραγματοποιήθηκε σε 2 θερινά σχολεία, 1 στη Θεσσαλονίκη που οργάνωσε το Κέντρο Επιστημών και Διάδοσης Τεχνολογίας NOESIS (ΘΣ1) και 1 στα Γιαννιτσά που οργάνωσε η Ένωση Ελλήνων Φυσικών (ΘΣ2). Οι μαθητές ήταν ισομερώς κατανεμημένοι στα δύο φύλα και συμμετείχαν σε ωριαία διαδικασία, στο μεν ΘΣ1 ατομικά στο δε ΘΣ2 ομαδικά (σε ομάδες των 2). Έτσι συλλέχτηκαν και αξιολογήθηκαν 40 ίδια ΦΕ.

Πίνακας 3: Στοιχεία του δείγματος

Θερινό Σχολείο	Φορέας Οργάνωσης	Τοποθεσία	Μαθητές		διαχείριση	Παραδο-τέα ΦΕ
			τάξη	αριθμός		
ΘΣ1	NOESIS	Θεσσαλονίκη	Β' → Γ' Γυμνασίου	19	ατομικά	19
ΘΣ2	ΕΕΦ	Γιαννιτσά	Γ' Γυμν. → Α' Λυκ.	42	ομαδες των 2	21

Στόχος & ερευνητικά ερωτήματα

Στόχος της παρέμβασης ήταν να εξετάσουμε μέσα από την ανάλυση των συμπληρωμένων από τους εμπλεκόμενους μαθητές ΦΕ, μέχρι ποιο επίπεδο συμπληρώθηκαν τα 4 ΦΕ καθώς και σε τι ποσοστό κυμάνθηκαν οι σωστές απαντήσεις στα ερωτήματα των 4 ΦΕ.

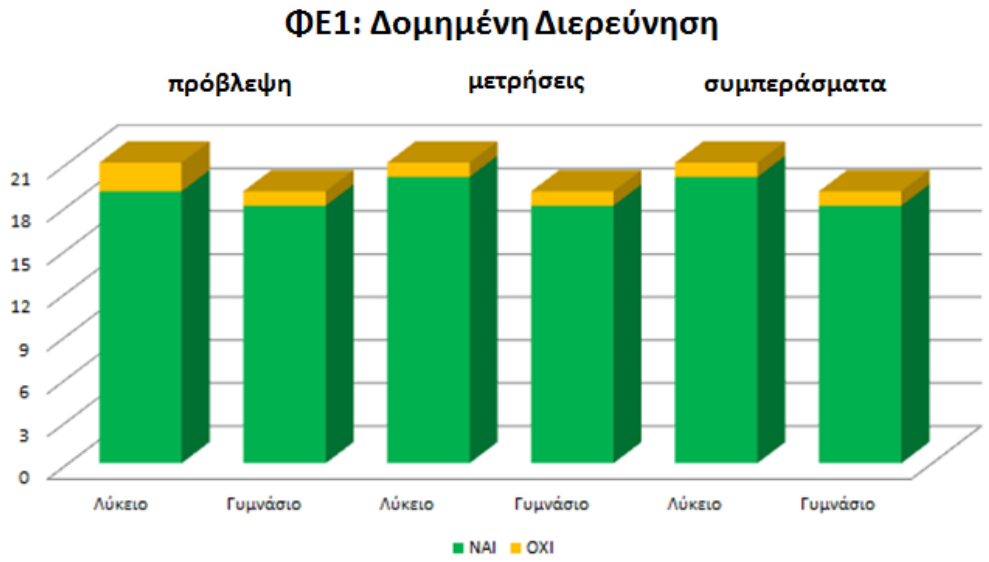
3. Αποτελέσματα

Από το 1^{ο} ΦΕ (Δομημένης Διερεύνησης):

Στο 1^{ο} ΦΕ οι μαθητές διερευνούν τη συμπεριφορά δέσμης παράλληλων φωτεινών ακτίνων όταν αυτή διέρχεται μέσα από αμφίκυρτο (συγκλίνοντα) και αμφίκοιλο (αποκλίνοντα) φακό. Ουσιαστικά πρόκειται για μια δραστηριότητα εξοικείωσης με το εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον, που είναι άγνωστο στους μαθητές. Η διαπίστωση αφ' ενός της σύγκλισης της φωτεινής δέσμης όταν διέρχεται μέσα από συγκλίνοντα φακό και της ύπαρξης σημειακής κηλίδας πάνω στο πέτασμα και αφ' ετέρου της απόκλισης όταν διέρχεται από αποκλίνοντα φακό και της απουσίας σημειακής κηλίδας πάνω στο πέτασμα, είναι οικείο φαινόμενο στους μαθητές, όχι τόσο από την ύλη του Γυμνασίου (φαινόμενα οπτικής διδάσκονται στη Γ'

Γυμνασίου, δεδομένου όμως ότι είναι στο τέλος της ύλης, λίγοι εκπαιδευτικοί εντάσσουν φαινόμενά της στην διδακτέα ύλη, και πάντως όχι τη μελέτη των φακών) όσο από τη σχετική τους εμπειρία στην Στ' Δημοτικού. Έτσι στη συντριπτική πλειοψηφία των ΦΕ η πρόβλεψη

Σχήμα 1: Ιστόγραμμα εμπλοκής μαθητών στο 1ο ΦΕ

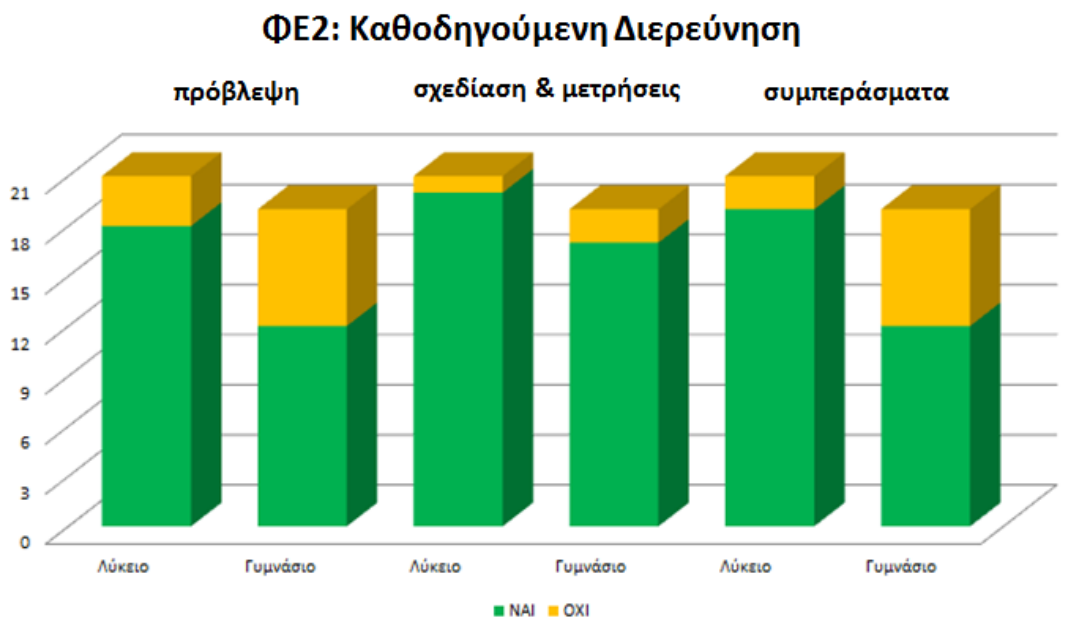


είναι σωστά απαντημένη (18/19 για το Γυμνάσιο και 19/21 για το Λύκειο, σχ. 1, οι δύο αριστερές στήλες). Το επόμενο στοιχείο που ελέγχθηκε ήταν κατά πόσο οι μαθητές ενεπλάκησαν με τη διαδικασία. Αυτό φαίνεται από τη συμπλήρωση των κενών πεδίων στο ΦΕ: συλλογή δεδομένων και εξαγωγή συμπεράσματος. Όπως φαίνεται στο σχ. 1 (στις δύο κεντρικές και δύο δεξιές στήλες) η συντριπτική πλειοψηφία των ΦΕ είχε απαντημένα πεδία και μάλιστα τα εξαγώμενα συμπεράσματα ήταν και σωστά (18/19 για το Γυμνάσιο και 20/21 για το Λύκειο, τόσο για την εμπλοκή με την πειραματική διαδικασία όσο και για τη διατύπωση σωστών αποτελεσμάτων).

Από το 2ο ΦΕ (Καθοδηγούμενης Διερεύνησης):

Στο 2ο ΦΕ οι μαθητές διερευνούν τον ρόλο της εστιακής απόστασης για έναν φακό. Έτσι αλλάζουν την εστιακή απόσταση συγκλίνοντα φακού, επιλέγοντας δύο συγκλίνοντες φακούς, με εστιακές αποστάσεις f_1 = 20 cm και f_2 = 16 cm, και ελέγχουν αν διαφοροποιείται η απόσταση της εστίας από τον φακό, κατανοώντας έτσι την έννοια της εστιακής απόστασης. Οι μαθητές εμπλέκονται με το ίδιο εικονικό εργαστήριο οπτικής, με το οποίο, όπως φάνηκε στο 1ο ΦΕ, εξοικειώθηκαν εύκολα και γρήγορα (η μόνη επιπλέον βοήθεια πλοήγησης που τους παρέχεται είναι η διαδικασία μέτρησης στο μοντελοχώρο) και η μόνη διαφοροποίηση επί της πειραματικής διαδικασίας με το 1ο ΦΕ είναι ότι στο 2ο ΦΕ οι ίδιοι οι μαθητές σχεδιάζουν την πορεία τους, ενέργεια που στο ΦΕ φαίνεται στις μετρήσεις που λαμβάνουν.

Σχήμα 2: Ιστόγραμμα εμπλοκής μαθητών στο 2ο ΦΕ

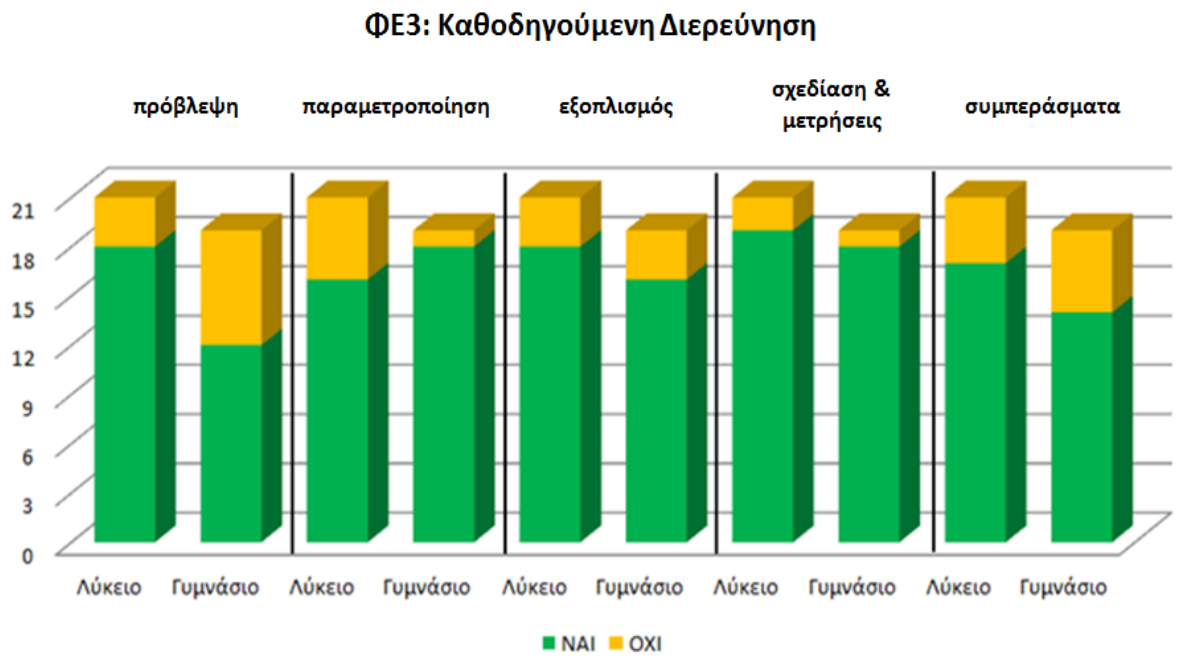


Στο Σχήμα 2 φαίνεται ότι αρκετοί μαθητές, κυρίως του Γυμνασίου, δεν γνωρίζουν αν η εστιακή απόσταση ενός συγκλίνοντα φακού σχετίζεται με το πού σχηματίζεται η εστία του φακού, διατυπώνοντας λανθασμένες προβλέψεις (7/19 λάθος απαντήσεις στο Γυμνάσιο και 3/21 στο Λύκειο). Η συντριπτική πλειοψηφία των ΦΕ είχε απαντημένα πεδία (17/19 για το Γυμνάσιο και 20/21 για το Λύκειο) αναδεικνύοντας έτσι την εμπλοκή των μαθητών τόσο στο σχεδιασμό του πειράματος όσο και στη λήψη μετρήσεων. Παρατηρούνται, όμως, ο ίδιος αριθμός λάθος συμπερασμάτων με τις λανθασμένες προβλέψεις (7/19). Από την περαιτέρω ανάλυση των ΦΕ που επιχειρήσαμε, διαπιστώνουμε ότι οι 7 μαθητές που εδωσαν λάθος προβλέψεις ΔΕΝ συμπίπτουν με τους 7 μαθητές που είτε διατύπωσαν λάθος συμπεράσματα είτε δεν κατέληξαν σε συμπεράσματα. Οι 5/7 που διατύπωσαν λάθος πρόβλεψη στη συνέχεια έκαναν σωστές μετρήσεις, κατέληξαν σε σωστά συμπεράσματα και, μάλιστα, αναστοχάστηκαν επ' αυτού, βασικό στοιχείο μιας διερευνητικής διαδικασίας. Από την άλλη μεριά 5/12 που έδωσαν σωστή πρόβλεψη, συνέχισαν στο ΦΕ καταγράφοντας τις μετρήσεις τους, αλλά δεν διατύπωσαν συμπεράσματα, πιθανώς γιατί είδαν ότι συμφωνούσαν με την πρόβλεψή τους. Τα «λάθος» στις δύο στήλες των συμπερασμάτων, συμπεριλαμβάνουν τόσο λανθασμένες απαντήσεις όσο και απουσία απάντησης. Η απουσία απάντησης στα προκαθορισμένα πεδία εμφανίζεται από το 2ο ΦΕ και απαντάται και στα υπόλοιπα.

Από το 3ο ΦΕ (Καθοδηγούμενης Διερεύνησης):

Στο 3ο ΦΕ οι μαθητές βρίσκουν ποιοτικές διαφορές ανάμεσα στους συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακούς (παρατηρούν δηλ. ότι οι συγκλίνοντες φακοί είναι παχείς στο κέντρο και λεπτοί στα άκρα, σε αντίθεση με τους αποκλίνοντες φακούς που είναι λεπτοί στη μέση και πιο παχείς στα άκρα). Οι μαθητές αποφασίζουν μόνοι τους αυτή τη φορά τόσο τον πειραματικό σχεδιασμό όσο και την παραμετροποίηση και τα υλικά που επιλέγουν ώστε να διερευνήσουν το ερώτημα.

Σχήμα 3: Ιστόγραμμα εμπλοκής μαθητών στο 3ο ΦΕ



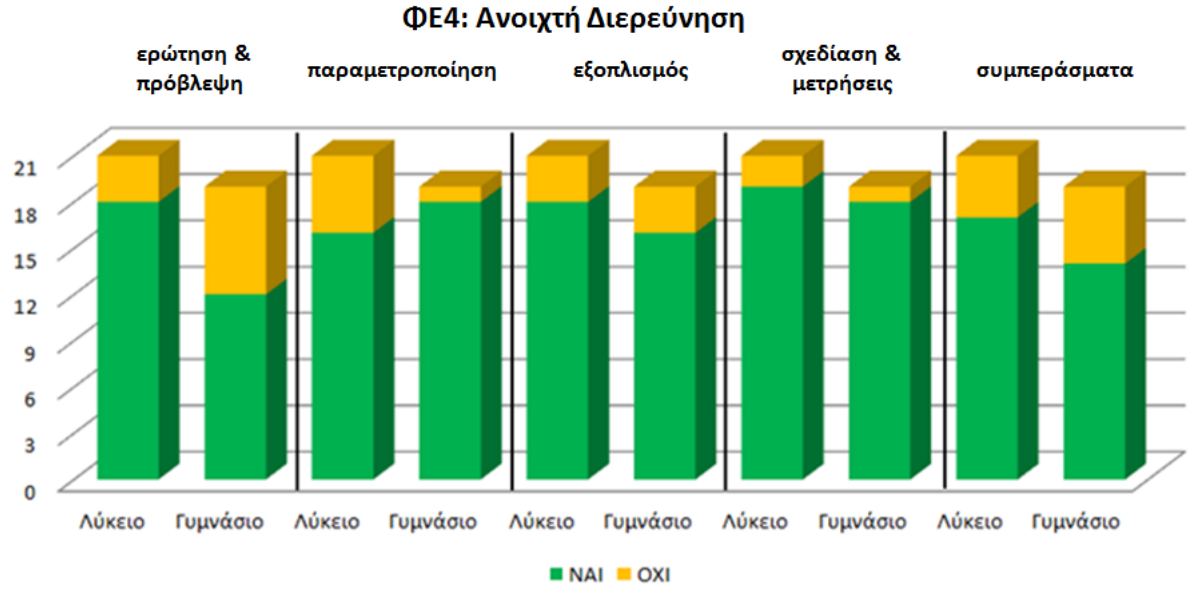
Στο Σχήμα 3 φαίνεται ότι αρκετοί μαθητές δεν προβλέπουν σωστά τις ποιοτικές διαφορές ανάμεσα στα δύο είδη των φακών (7/19 λάθος απαντήσεις στο Γυμνάσιο και 3/21 στο Λύκειο). Στη συνέχεια οι περισσότεροι συμπλήρωσαν σωστά τον πίνακα παραμετροποίησης (τι κρατούν σταθερό και τι αλλάζουν) (18/19 σωστή συμπλήρωση στο Γυμνάσιο και 16/21 στο Λύκειο), αποφάσισαν για τα όργανα που θα χρειαστούν (16/19 σωστή συμπλήρωση στο Γυμνάσιο και 18/21 στο Λύκειο) και σχεδίασαν την πειραματική παρέμβαση και έκαναν τις κατάλληλες μετρήσεις (18/19 σωστή συμπλήρωση στο Γυμνάσιο και 19/21 στο Λύκειο).
Να σημειώσουμε και εδώ ότι η μη συμπλήρωση του πίνακα παραμετροποίησης ή η μη ρητή επιλογή των οργάνων προσμετρώνται στα «λάθος». Για το λόγο αυτό η καταγραφή των μετρήσεων, στο κατάλληλο πεδίο, δίνει κυρίως την ένδειξη της εμπλοκής με την πειραματική διαδικασία. Φαίνεται λοιπόν και στο 3ο ΦΕ, ότι ενεπλάκησαν με την πειραματική δραστηριότητα αν και πάλι διαπιστώνουμε στη διατύπωση των συμπερασμάτων κάποιες ανακολουθίες. 5/21 στο Γυμνάσιο και 4/21 στο Λύκειο δίνουν «λάθος» απαντήσεις.

Από το 4ο ΦΕ (Ανοιχτής Διερεύνησης):

Στο 4ο ΦΕ οι μαθητές βρίσκουν τη βέλτιστη θέση του φακού, που θα επιλέξει η Άννα του προβλήματος, ανάμεσα στα αντικείμενο και το μάτι της, ώστε να έχει ευκρινές είδωλο.
Εδώ δίνεται μόνον το αρχικό ερώτημα και οι μαθητές σχεδιάζουν την όλη πειραματική προσέγγιση, αποφασίζοντας για την παραμετροποίηση, επιλέγοντας τα κατάλληλα υλικά, σχεδιάζοντας την πειραματική τους παρέμβαση και συλλέγοντας τις μετρήσεις που απαιτούνται ώστε να διερευνήσουν το ερώτημα και να διατυπώσουν συμπεράσματα.
Στο Σχήμα 4 φαίνεται ότι αρκετοί μαθητές Λυκείου δεν προβλέπουν σωστά πού γίνεται η ευκρινής εστίαση (0/19 λάθος απαντήσεις στο Γυμνάσιο, αλλά 5/21 στο Λύκειο). Στη συνέχεια οι περισσότεροι συμπλήρωσαν σωστά τον πίνακα παραμετροποίησης (τι κρατούν σταθερό και τι αλλάζουν) (17/19 σωστή συμπλήρωση στο Γυμνάσιο και 17/21 στο Λύκειο), αποφάσισαν για τα όργανα που θα χρειαστούν (16/19 σωστή συμπλήρωση στο Γυμνάσιο και 16/21 στο Λύκειο), σχεδίασαν την πειραματική τους προσέγγιση και έκαναν τις κατάλληλες

μετρήσεις (17/19 σωστή συμπλήρωση στο Γυμνάσιο και 19/21 στο Λύκειο). Φαίνεται λοιπόν και στο 4ο ΦΕ, ότι ενεπλάκησαν με την πειραματική δραστηριότητα, τηρουμένων των όσων αναφέρθηκαν για το προηγούμνεο ΦΕ. Στη διατύπωση των συμπερασμάτων διαπιστώνουμε πάλι ότι οι 15/21 στο Γυμνάσιο και 18/21 στο Λύκειο εξακολουθούν να δίνουν «λάθος» απαντήσεις.

Σχήμα 4: Ιστόγραμμα εμπλοκής μαθητών στο 4ο ΦΕ



4. Συμπεράσματα

Αναπτύχθηκαν 4 ΦΕ, συνολικής διάρκειας 1 ώρας, σύμφωνα με το πρότυπο του συνεχούς της διερεύνησης με στόχο να εξετάσουμε μέσα από την ανάλυση των συμπληρωμένων από τους εμπλεκόμενους μαθητές ΦΕ, μέχρι ποιο επίπεδο συμπληρώθηκαν τα 4 ΦΕ καθώς και σε τι ποσοστό κυμάνθηκαν οι σωστές απαντήσεις, στα ερωτήματα των 4 ΦΕ. Οι συνθήκες της παρέμβασης ήταν άτυπης μορφής εκπαίδευσης, γεγονός που δικαιολογεί σε αυξημένο βαθμό την απροθυμία των μαθητών να συμπληρώνουν κενά πεδία. Μάλιστα όσο περνούσε η ώρα τόσο πιο πολύ οι μαθητές ενδιαφέρονταν επί του πρακτέου, παρά να συμπληρώνουν κενά πεδία στο ΦΕ. Έτσι στο 4ο ΦΕ συνέπιπτε το μέγιστο της απροθυμία τους να συμπληρώνουν τα κενά πεδία με την μέγιστη απαίτηση συμπλήρωσης κενών πεδίων, λόγω της προχωρημένης μορφής ανοιχτότητας που επιχειρείτο στο συγκεκριμένο 4ο διερευνητικό ΦΕ.
Έτσι, απαντώντας στο 1ο ερευνητικό ερώτημα, μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι από την εμφάνιση των ΦΕ φαίνεται ότι οι μαθητές συμπλήρωναν τα περισσότερα κενά πεδία των ΦΕ, έκαναν προβλέψεις και τις συνέκριναν με τα διατυπωμένα συμπεράσματά τους, τα οποία λάμβαναν αφού εμπλέκονταν σε πειραματική διαδικασία, όπου οι ίδιοι αποφάσιζαν για την παραμετροποίηση των μεταβλητών και για την επιλογή των υλικών. Οι δε καταμετρημένες σωστές απαντήσεις και συμπεράσματα μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι το ποσοστό των σωστών απαντήσεων στα ερωτήματα των 4 ΦΕ κυμάνθηκαν σε υψηλα επίπεδα, παρά τις παραπάνω διατυπωμένες παρατηρήσεις.
Η δημιουργία, λοιπόν, μικρών και ευέλικτων ΦΕ, βασισμένων σε σχεδιαστικές αρχές του συνεχούς της διερεύνησης, δίνει μια καινοτόμα όψη της εφαρμογής της διερευνητικής μάθησης στην εκπαιδευτική διαδικασία. Μικρά και ευέλικτα φύλλα εργασίας με όχημα

καθιερωμένες υπολογιστικές προσομοιώσεις, ανοίγουν το δρόμο για δημιουργική ενασχόληση των μαθητών τόσο εντός όσο και εκτός σχολείου πχ. ως εργασία για το σπίτι.

5. Βιβλιογραφία

Βράκας Δ., Μολοχίδης Α., Λεύκος Ι., Ταραμόπουλος Α., Κοντόπουλος Ε., Χατζηκρανιώτης Ε., Βλαχάβας Ι., Ψύλλος Δ., 2015, Ανοικτά Διαδικτυακά Εικονικα Εργαστήρια Φυσικής. Στο Ψύλλος Δ., Μολοχίδης Α. & Καλλέρη Μ. 2015, *Πρακτικά 9ου Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση,* σελ. 387, Θεσσαλονίκη, 8-10 Μαΐου 2015. ISBN: 978-960-243-702-5.

Μολοχίδης Α., Λεύκος Ι., Ταραμόπουλος Α., Χατζηκρανιώτης Ε., Ψύλλος Δ., 2016. Web-Labs: Αξιολόγηση Αποδοχής, στο Μικρόπουλος Α., Παπαχρήστος Ν., Τσιάρα Α., Χαλκή Π. (επιμ.), *Πρακτικά 10ου Πανελληνίου και Διεθνούς Συνεδρίου "Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση",* σελ. 463-470, Ιωάννινα: HAICTE. 23-25 September 2016. ISSN 2529-0916, ISBN 978-960-88359-8-6.

Σκουμιός Μιχάλης, 2012. *Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Σημειώσεις).* Εκδ. Πανεπιστημίου Αιγαίου, Ρόδος, 2012.

Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., Tuan, H.-I., 2004. Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, ***88*** (3), 397–419.

Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V., Annetta, L. A. & Granger, E. M., 2010. Investigating the relative effectiveness of guided inquiry and traditional, didactic laboratory instruction: Is inquiry possible in light of accountability? *Science Education*, **94** (4), 577–616.

de Jong, T. & van Joolingen,W. R., 1998. Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. Review of Educational Research, **68**, 179–202. doi:10.2307/1170753.

Eick, C., Meadows, L. & Balkcom, R., 2005. Breaking into inquiry: Scaffolding supports beginning efforts to implement inquiry in the classroom. *The Science Teacher*, **72** (7), 49–53.

Hackling M. W., 1998. *Working Scientifically: Implementing and assessing open investigation work in Science*. Western Australia: Education Department of W.A., p. 2.

Keselman, A., 2003. Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, **40**,898–921. doi:10.1002/tea.10115.

Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä. & Sarapuu, S., 2012. Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, **9**, 81–95.

Psillos D., Molohidis A., Kallery M. and Hatzikraniotis E., 2016. The Iterative Evolution of a Teaching Learning Sequence on the Thermal Conductivity of Materials στο *Psillos D., Kariotoglou P (eds): Iterative Design of Teaching – Learning Sequences: Introducing the Science of Materials in European Schools*, Springer, ISBN: 978-94-007-7807-5.

White, R., and R. Gunstone., 1992. *Probing understanding*. London: The Falmer Press.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΝΑ ΜΕΤΑΦΡΑΖΟΥΝ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ «ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΗΣ»

Βασιλική Γκίτζια[1], Κατερίνα Σάλτα[2], Χρύσα Τζουγκράκη[3]

[1] Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2] Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Ηλιούπολης
[3] Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Στην παρούσα έρευνα μελετήσαμε την ικανότητα μαθητών να μεταφράζουν αναπαραστάσεις χημικών αντιδράσεων από το ένα επίπεδο της Χημείας στο άλλο. Χρησιμοποιήσαμε τη μέθοδο της προσωπικής ημιδομημένης συνέντευξης σε δείγμα 16 μαθητών Β΄ τάξης Λυκείου. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες στη σύνδεση των διαφορετικών αναπαραστάσεων. Η κατασκευή και η μετάφραση αναπαραστάσεων από τους μαθητές μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αξιολόγηση της εννοιολογικής τους κατανόησης και στην αποκάλυψη πιθανών παρανοήσεων.

Abstract

In this study, we investigated students' ability to translate representations of chemical reactions from one level of Chemistry into another. We used the semi-structured interview technique and our sample was 16 11th Grade Greek students. Our results indicate that students face significant difficulties in linking different representations. The construction and translation of representations by students can be used to evaluate their conceptual understanding and to reveal existing misconceptions.

1. Εισαγωγή

Η εννοιολογική κατανόηση στη Χημεία περιλαμβάνει την ικανότητα να σκέφτεται κανείς ταυτόχρονα σε μακροσκοπικό, υπομικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο. Δηλαδή, να είναι σε θέση να σκέφτεται σε υπομικροσκοπικό επίπεδο ώστε να εξηγεί τα φαινόμενα σε μακροσκοπικό επίπεδο και να χρησιμοποιεί τα επιστημονικά σύμβολα για να τα περιγράψει (Kozma & Russell 2005, Cheng & Gilbert 2009). Έρευνες στη Διδακτική της Χημείας έχουν δείξει ότι, μεταξύ άλλων, οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στη μετάφραση-μετάβαση μεταξύ των διαφορετικών επιπέδων της Χημείας (Πανταζή & Τσαπαρλής 2016). Ακόμα και όταν κατανοούν το νόημα των χημικών αναπαραστάσεων, δυσκολεύονται να μετατρέψουν μια αναπαράσταση από τη μία μορφή στην άλλη (Chittleborough & Treagust 2008). Η «μετάφραση» μεταξύ των χημικών αναπαραστάσεων δεν είναι μια απλή διεργασία, αλλά σχετίζεται με το μηχανισμό των αναλογικών συλλογισμών, ο οποίος περιλαμβάνει την αναγνώριση και τη μεταφορά μιας δομικής πληροφορίας από ένα γνωστό σύστημα (πηγή) σε ένα καινούριο και σχετικά άγνωστο (στόχος). Επομένως, η μετάφραση[1] είναι μια διαδικασία επεξεργασίας πληροφοριών, η οποία απαιτεί την κατανόηση των χημικών εννοιών σε τέτοιο

[1] Στο εξής, όπου χρησιμοποιούμε τον όρο «μετάφραση αναπαράστασης» θα εννοούμε τη διαδικασία ερμηνείας μιας αναπαράστασης και παραγωγής μιας άλλης σύμφωνα.

βαθμό ώστε ο μαθητής αφενός να μπορεί να ερμηνεύσει τις πληροφορίες που παρέχει μια αναπαράσταση και αφετέρου να μπορεί να συμπεράνει τις πληροφορίες που απαιτούνται για να κατασκευάσει μια άλλη ισοδύναμη αναπαράσταση. Η ικανότητα αυτή μπορεί να αποτελέσει ένα μέτρο του βαθμού ουσιαστικής κατανόησης των χημικών εννοιών.
Στην παρούσα έρευνα μελετήσαμε την ικανότητα μαθητών Β΄ τάξης Λυκείου να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις από το ένα επίπεδο της Χημείας στο άλλο για την έννοια της χημικής αντίδρασης.

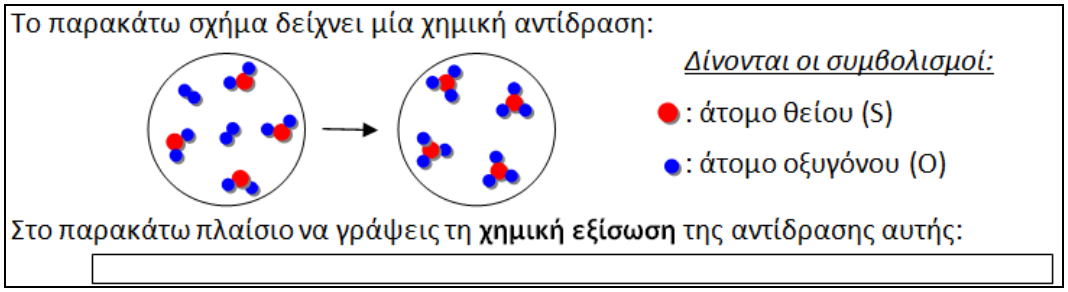
2. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιήσαμε στην έρευνα ήταν ποιοτική με εργαλείο την προσωπική ημιδομημένη συνέντευξη, σε δείγμα 16 μαθητών δύο Γενικών Λυκείων της Ελλάδας (Creswell & Plano Clark 2011). Επτά μαθητές είχαν επιλέξει θετική κατεύθυνση, 3 τεχνολογική και 6 θεωρητική. Η παρούσα έρευνα αποτελεί συνέχεια προηγούμενης ποσοτικής έρευνας (Γκίτζια 2013) και η επιδίωξή μας ήταν να αποκτήσουμε βαθύτερη γνώση στο υπό μελέτη θέμα. Στη συνέντευξη ζητήσαμε από τους μαθητές να μεταφράσουν αναπαραστάσεις χημικών αντιδράσεων από το ένα επίπεδο της Χημείας στο άλλο. Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης οι μαθητές καλούνταν να εξηγήσουν το συλλογισμό τους ή/και να περιγράψουν με λόγια τις αναπαραστάσεις που κατασκεύασαν.

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας αποκάλυψαν σημαντικές δυσκολίες και παρανοήσεις των μαθητών του δείγματός μας, όπως έλλειψη ή σύγχυση γνώσεων για την έννοια της χημικής αντίδρασης, για το ρόλο των συντελεστών στις χημικές εξισώσεις, για τους μοριακούς τύπους (Μ.Τ.) ή/και για την ερμηνεία των δεικτών στους Μ.Τ. Τα σημαντικότερα ευρήματα για κάθε μία μετάφραση ακολουθούν παρακάτω.
Η πρώτη μετάφραση που εξετάσαμε ήταν από το υπομικροσκοπικό στο συμβολικό επίπεδο (Εικόνα 1).

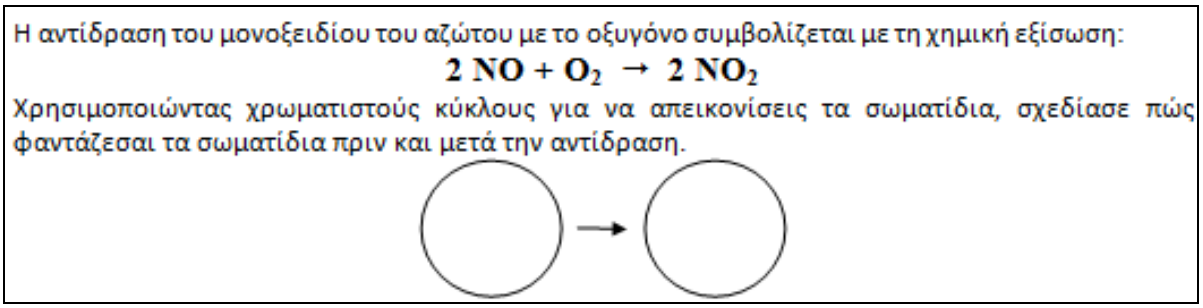
Εικόνα 1: Μετάφραση χημικής αντίδρασης από το υπομικροσκοπικό στο συμβολικό επίπεδο.



Όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, δώσαμε στους μαθητές μία υπομικροσκοπική αναπαράσταση για μία χημική αντίδραση, στην οποία απεικονίζονται τα σωματίδια των αντιδρώντων και των προϊόντων. Στην αναπαράσταση δίνεται ότι ο κάθε κόκκινος κύκλος αντιστοιχεί στο άτομο του θείου και ο κάθε μπλε κύκλος στο άτομο του οξυγόνου. Δίνονται, επίσης, τα σύμβολα «S» και «O» για το θείο και το οξυγόνο αντίστοιχα. Συνεπώς, οι μαθητές θα έπρεπε να ερμηνεύσουν την δομή των μορίων και να συμπεράνουν τους σωστούς μοριακούς τύπους για τα αντιδρώντα και τα προϊόντα. Δηλαδή, θα έπρεπε να μεταφράσουν τα μόρια: στο Μ.Τ. O_2, τα μόρια: στο Μ.Τ. SO_2 και τα μόρια: στο Μ.Τ. SO_3. Στη συνέχεια, θα έπρεπε

να γράψουν την αντίστοιχη χημική εξίσωση και να εκφράσουν την ελάχιστη αναλογία των μορίων στα αντιδρώντα και τα προϊόντα βάζοντας τους κατάλληλους συντελεστές. Η χημική εξίσωση στην οποία θα έπρεπε να καταλήξουν είναι η εξής: $O_2 + 2\ SO_2 \rightarrow 2\ SO_3$.
Η παραπάνω μετάφραση επιτεύχθηκε μόνο από 4 μαθητές σε σύνολο 16 που συμμετείχαν στην έρευνα. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι 6 μαθητές δήλωσαν αδυναμία να γράψουν οποιαδήποτε χημική εξίσωση και δεν μπορούσαν να καταλάβουν τι είναι «χημική εξίσωση». Στις χημικές εξισώσεις που έγραψαν οι υπόλοιποι μαθητές εντοπίστηκαν τα παρακάτω λάθη: α) Προκειμένου να ισοσταθμίσουν τη χημική εξίσωση, οι μαθητές έγραψαν λάθος Μ.Τ. για κάποιο αντιδρών ή προϊόν. Για παράδειγμα έγραψαν: $SO_2 + O \rightarrow SO_3$. Όπως εξήγησαν στη συνέντευξη, αυτό το έκαναν προκειμένου να είναι ισοσταθμισμένη η χημική εξίσωση. Συνεπώς, έχουν τη γνώση ότι οι χημικές εξισώσεις πρέπει να είναι ισοσταθμισμένες, αλλά δεν παίρνουν την πληροφορία για το Μ.Τ. του αντιδρώντος «O_2» από την αναπαράσταση. β) Έγραψαν λάθος Μ.Τ. για τα μόρια αντιδρώντων ή προϊόντων κάνοντας αυθαίρετους συλλογισμούς. Για παράδειγμα, ένας μαθητής έγραψε: $S_4O_2 + 2\ O_2 \rightarrow S_44O_3$. Ο μαθητής εξήγησε ότι έγραψε «S_4O_2» προκειμένου να απεικονίσει τα μόρια του διοξειδίου του θείου, γιατί ο δείκτης «4» δείχνει ότι εικονίζονται 4 άτομα θείου (S) σε ξεχωριστά μόρια το καθένα και ο δείκτης «2» δείχνει ότι υπάρχουν 2 άτομα οξυγόνου (O) ενωμένα με κάθε άτομο θείου (S). Για το προϊόν εξήγησε έναν παρόμοιο, πιο πολύπλοκο συλλογισμό για να αιτιολογήσει το συμβολισμό «S_44O_3» που έγραψε. γ) Μέτρησαν συνολικά τα άτομα του κάθε χημικού στοιχείου στα αντιδρώντα και στα προϊόντα, χωρίς να δώσουν καμία σημασία στη δομή των μορίων. Δηλαδή έγραψαν: $S_4O_{12(aq)} \rightarrow S_4O_{12}$, όπου φαίνεται ότι οι μαθητές πήραν πολύ λίγες πληροφορίες από την αναπαράσταση. δ) Έγραψαν τους Μ.Τ. όχι μόνο μεταφράζοντας την υπομικροσκοπική αναπαράσταση που έβλεπαν, αλλά ανακαλώντας πληροφορίες που έρχονται σε αντίθεση με αυτή. Για παράδειγμα, ένας μαθητής έγραψε: $SO_2 + O_2 \rightarrow SO_2$. Όπως εξήγησε στη συνέντευξη, έγραψε «SO_2» (αντί για «SO_3») στα προϊόντα διότι ο δείκτης «2» προκύπτει από το ανιόν του οξυγόνου. ε) Μετέφρασαν ξεχωριστά το κάθε σωματίδιο, γράφοντας: $SO_2 + O_2 + SO_2 + O_2 + SO_2 + SO_2 \rightarrow SO_3 + SO_3 + SO_3 + SO_3$. Σε αυτή την περίπτωση, παίρνουν τις πληροφορίες από την αναπαράσταση, αλλά τους λείπει ο κανόνας για τους συντελεστές.
Στη συνέχεια, εξετάσαμε την αντίστροφη μετάφραση, η οποία αποδείχθηκε πιο εύκολη για τους μαθητές. Εδώ τους δώσαμε τη χημική εξίσωση: $2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$ και τους ζητήσαμε να σχεδιάσουν πώς φαντάζονται τα σωματίδια πριν και μετά την αντίδραση (Εικόνα 2).

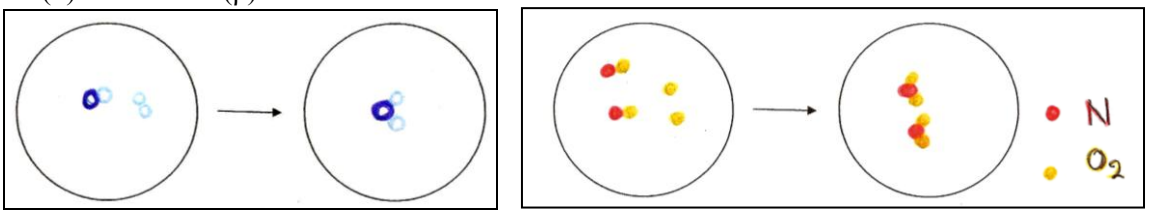
Εικόνα 2: Μετάφραση χημικής αντίδρασης από το συμβολικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο.



Οι 5 από τους 16 μαθητές κατασκεύασαν μία σωστή αναπαράσταση, ενώ οι αναπαραστάσεις των υπολοίπων περιείχαν τα παρακάτω λάθη: α) Μετέφρασαν σωστά τους Μ.Τ. στα αντίστοιχα σωματίδια, αλλά δεν έλαβαν υπόψη την ισοστάθμιση της μάζας (Εικόνα 3α). β) Σχεδίασαν λάθος κάποια σωματίδια, αλλά τήρησαν την ισοστάθμιση της μάζας (Εικόνα 3β).

Εικόνα 3: Υπομικροσκοπικές αναπαραστάσεις μαθητών για τη χημική εξίσωση: $2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$.

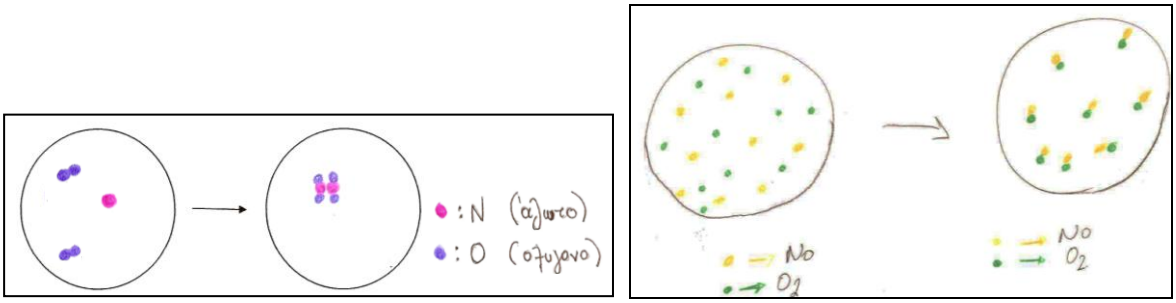
(α) (β)



γ) Σχεδίασαν λάθος σωματίδια για έναν ή περισσότερους Μ.Τ. και δεν τήρησαν την ισοστάθμιση της μάζας (Εικόνες 4α και 4β). δ) Επίσης, σε αρκετές περιπτώσεις οι μαθητές μετέφρασαν το Μ.Τ. «NO» σε έναν κύκλο ή/και το Μ.Τ. «O_2» σε έναν άλλο κύκλο (Εικόνες 3β, 4α και 4β). Αυτό δείχνει ότι δεν κοιτάζουν την εσωτερική δομή των μορίων, αλλά θεωρούν ότι μία ουσία αντιστοιχεί σε ένα είδος κύκλων. Δηλαδή, δεν κατέχουν τις έννοιες του «ατόμου» και του «μορίου» και δεν είναι σε θέση να τις διαχωρίσουν.

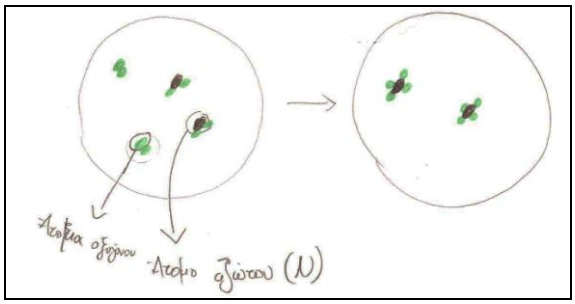
Εικόνα 4: Υπομικροσκοπικές αναπαραστάσεις μαθητών για τη χημική εξίσωση: $2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$.

(α) (β)



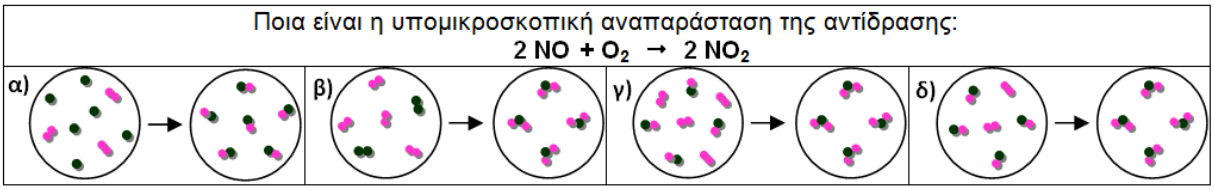
ε) Από τις εξηγήσεις των μαθητών αποκαλύφθηκαν λάθη ή/και παρανοήσεις σχετικά με την ερμηνεία των δεικτών και των συντελεστών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι μερικοί μαθητές θεωρούν ότι ο συντελεστής «2» μπροστά από το «NO» στα αντιδρώντα αναφέρεται και στο «O_2» και γι' αυτό σχεδιάζουν 2 μόρια O_2 (Εικόνα 5). Δηλαδή, φαίνεται να υπάρχει μία σύγχυση με την επιμεριστική ιδιότητα στα μαθηματικά. στ) Τέλος, σε κάποιους μαθητές παρατηρήθηκε ότι έχουν μία αθροιστική αντίληψη για τις χημικές αντιδράσεις (Εικόνες 4α, 4β και 5). Για παράδειγμα, ο μαθητής που σχεδίασε την αναπαράσταση στην Εικόνα 5 αναφέρει ότι: «*στα προϊόντα έβαλα το άτομο του αζώτου να ενώνεται με τα 2 οξυγόνα που είχε και άλλα 2 που πήρε*». Αυτό δείχνει ότι ο μαθητής βασίζεται στην αθροιστική αντίληψη που έχει για τη χημική αντίδραση και σχεδιάζει τη σωματιδιακή αναπαράσταση χωρίς να εφαρμόζει τους κανόνες συμβολισμού.

Εικόνα 5: Υπομικροσκοπική αναπαράσταση μαθητή για τη χημική εξίσωση: $2\ NO + O_2 \rightarrow 2\ NO_2$.



Στους μαθητές που δεν σχεδίασαν σωστά την υπομικροσκοπική αναπαράσταση δώσαμε συμπληρωματικά μία ερώτηση πολλαπλής επιλογής για το ίδιο θέμα και τους ζητήσαμε να εξηγήσουν ποια θεωρούν τη σωστή απάντηση (Εικόνα 6).

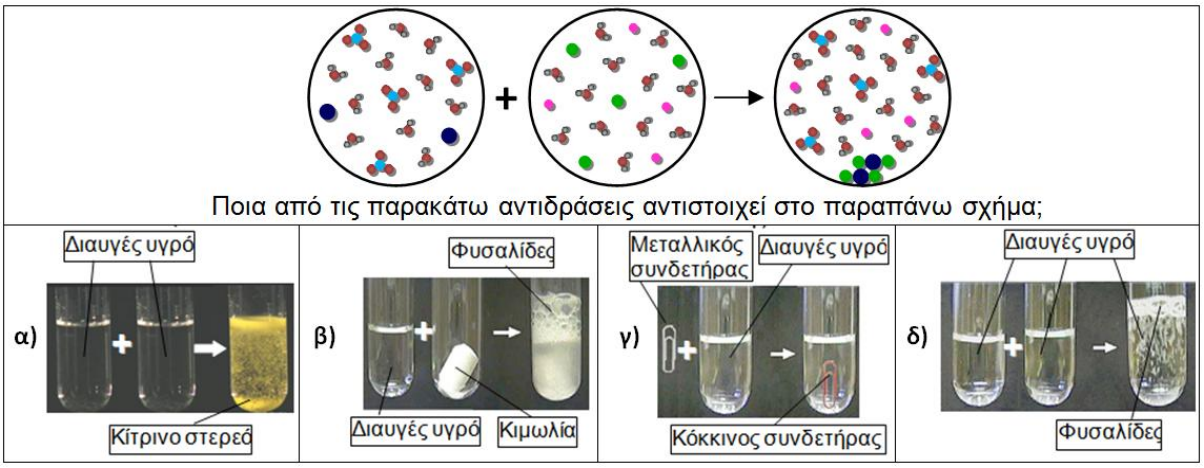
Εικόνα 6: Μετάφραση χημικής αντίδρασης από το συμβολικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο.



Η συμπληρωματική αυτή ερώτηση δόθηκε σε 12 μαθητές και τη σωστή απάντηση διάλεξαν οι 2 από αυτούς. Από τις εξηγήσεις τους αποκαλύφθηκαν παρανοήσεις, όπως: α) Οι συντελεστές δείχνουν τον αριθμό των μορίων που συμμετέχουν στην αντίδραση, και όχι την αναλογία. β) Στα αντιδρώντα τα άτομα δεν είναι ενωμένα μεταξύ τους, αλλά εξαιτίας της χημικής αντίδρασης ενώνονται και σχηματίζουν μόρια. Η άποψη αυτή φανερώνει την αθροιστική αντίληψη για τις χημικές αντιδράσεις και δείχνει ότι οι μαθητές δεν αντλούν πληροφορίες από τη χημική εξίσωση προκειμένου να απαντήσουν. γ) Για να γίνει μία χημική αντίδραση θα πρέπει να εξαφανιστούν κάποια σωματίδια. δ) Απεικονίζουν το Μ.Τ. «NO» με δύο ίδιους κύκλους ενωμένους, το οποίο δείχνει ότι δεν κοιτάζουν την εσωτερική δομή στο Μ.Τ. και θεωρούν ότι μία ουσία αντιστοιχεί σε ένα είδος κύκλων. ε) Το «NO» συμβολίζει μόνο το άζωτο. στ) Ο συντελεστής 2 μπροστά από το NO αναφέρεται και στο O_2 (σύγχυση με επιμεριστική ιδιότητα). Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι κάποιοι μαθητές διάλεξαν τη σωστή απάντηση, αλλά για λάθος λόγο! Για παράδειγμα, ένας μαθητής διάλεξε την απάντηση δ γιατί, όπως εξηγεί, πρέπει να εικονίζονται 2 μόρια O_2 καθώς υπάρχει ο συντελεστής 2 μπροστά από το NO, ενώ, όπως ισχυρίζεται, η απάντηση γ είναι λάθος γιατί εικονίζονται 4 μόρια O_2.

Τέλος, εξετάσαμε τη μετάφραση από το υπομικροσκοπικό στο μακροσκοπικό επίπεδο (Εικόνα 7). Η μετάφραση αυτή είναι πιο πολύπλοκη συγκριτικά με τις υπόλοιπες. Οι μαθητές θα έπρεπε να αναγνωρίσουν ότι τα σωματίδια στα αντιδρώντα είναι ομοιόμορφα ανακατεμένα μεταξύ τους, άρα αντιστοιχούν σε δύο διαλύματα. Συνεπώς, θα έπρεπε να απορρίψουν τις απαντήσεις β και γ, στις οποίες στα αντιδρώντα υπάρχουν στερεά υλικά (κιμωλία και συνδετήρας). Αντίθετα, στα προϊόντα υπάρχει ένα συσσωμάτωμα σωματιδίων το οποίο θα έπρεπε να αναγνωρίσουν ότι αντιστοιχεί σε κάποια στερεή ουσία και έτσι να καταλήξουν στη σωστή απάντηση α. Από τους 16 μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα, μόνο οι 5 από αυτούς έδωσαν τη σωστή απάντηση.

Εικόνα 7: Μετάφραση χημικής αντίδρασης από το υπομικροσκοπικό στο μακροσκοπικό επίπεδο.



Μέσω των συνεντεύξεων των μαθητών αποκαλύφθηκαν οι εξής παρανοήσεις: α) Δύο διαφορετικά διαυγή διαλύματα πρέπει να περιέχουν ίδια σωματίδια. Η άποψη αυτή δείχνει ότι οι μαθητές αποδίδουν μακροσκοπικά χαρακτηριστικά στα σωματίδια. β) Δεν είναι δυνατόν από δύο διαυγή υγρά να σχηματιστεί κίτρινο στερεό ή φυσαλίδες. γ) Οι ενωμένοι πράσινοι-μπλε κύκλοι στα προϊόντα αντιστοιχούν στις φυσαλίδες ή εξαιτίας της ένωσής τους προκαλούνται οι φυσαλίδες. Η άποψη αυτή δείχνει ότι οι μαθητές θεωρούν ότι όταν γίνεται μία χημική αντίδραση τότε δημιουργούνται πάντα φυσαλίδες, δηλαδή ταυτίζουν τη χημική αντίδραση με τη δημιουργία φυσαλίδων. δ) Οι πράσινοι κύκλοι δεν μπορεί να απεικονίζουν διαυγές υγρό. Εδώ αποδίδονται μακροσκοπικά χαρακτηριστικά στα σωματίδια. ε) Οι δύο μεγάλοι μπλε κύκλοι στα αντιδρώντα αντιστοιχούν στο συνδετήρα. στ) Επειδή οι ενωμένοι πράσινοι-μπλε κύκλοι βρίσκονται «κάτω-κάτω» στην αναπαράσταση αντιστοιχούν στον κόκκινο συνδετήρα που βρίσκεται «κάτω-κάτω».

4. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που περιγράφτηκαν παραπάνω προκύπτει το συμπέρασμα ότι η ικανότητα των μαθητών του δείγματός μας να μεταφράζουν αναπαραστάσεις για χημικές αντιδράσεις μεταξύ των επιπέδων της Χημείας είναι περιορισμένη. Σε μερικές περιπτώσεις υπάρχει έλλειψη εννοιολογικής κατανόησης για την έννοια της χημικής αντίδρασης, ενώ σε άλλες περιπτώσεις υπάρχει έλλειψη γνώσης των συμβάσεων που εφαρμόζονται στις συμβολικές αναπαραστάσεις και της ερμηνείας των συμβόλων που χρησιμοποιούνται. Αρκετοί μαθητές δεν μπορούσαν να ερμηνεύσουν σωστά τις αναπαραστάσεις και αντιμετώπιζαν σημαντικές δυσκολίες με το ρόλο των συντελεστών στις χημικές εξισώσεις και των δεικτών στους μοριακούς τύπους.

Δεδομένου ότι η εννοιολογική κατανόηση στη Χημεία είναι συνυφασμένη με την αντίληψη των φαινομένων στα τρία επίπεδα και στις μεταξύ τους συνδέσεις, προτείνουμε κάποιες βελτιώσεις για τη διδασκαλία του μαθήματος: α) Να διδάσκεται η έννοια της χημικής αντίδρασης και στα τρία επίπεδα της Χημείας και να επισημαίνεται η αντιστοιχία μεταξύ των διαφορετικών αναπαραστάσεων. β) Να εξηγούνται αναλυτικά οι υπομικροσκοπικές και οι συμβολικές αναπαραστάσεις και να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στους κανόνες συμβολισμού. γ) Οι μεταφράσεις αναπαραστάσεων μεταξύ των τριών επιπέδων της Χημείας και η κατασκευή αναπαραστάσεων από τους μαθητές να χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των μαθητών, διότι αποτελούν ένα δείκτη για την εννοιολογική κατανόηση των εννοιών και ταυτόχρονα δίνουν τη δυνατότητα να αποκαλυφθούν πιθανές παρανοήσεις.

5. Βιβλιογραφία

Γκίτζια Β. (2013). *Διερεύνηση της ικανότητας μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις διαφορετικού τύπου*. Ανάδειξη των αντιλήψεών τους για βασικές χημικές έννοιες. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Πανταζή Γ. & Τσαπαρλής Γ. (2016*). Χημικές εξισώσεις στο γυμνάσιο με σύμβολα και με προσομοιώματα. Πρακτικά* 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες» (Επιμ. Χ. Σκουμπουρδή και Μ. Σκουμιός), σελ. 677-689. (http://ltee.org/sekpy2016/)

Cheng, M. & Gilbet. J.K. (2009). Towards a better utilization of diagrams in research into the use of representative levels in chemical education. In Gilbert, J.K., Treagust, D. (ed), *Multiple Representations in Chemical Education*, Springer, 55-73.

Chittleborough, G. & Treagust, D. (2008). Correct interpretation of chemical diagrams requires transforming from one level of representation to another. *Research in Science Education*, 38, 463–482.

Creswell, J.W. & Plano Clark, V.L. (2011). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage Publications, 2011.

Kozma, R. & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In J. K. Gilbert, (ed.), *Visualization in science education*, Dordrecht, Springer, 121-146.

Ο ΛΥΚΕΙΑΚΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΟΣ (;) ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΗ – ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Ουρανία Γκικοπούλου[1], Παναγιώτης Τσάκωνας[2], Γεώργιος. Καλκάνης[1], Γεώργιος Τόμπρας[3]

[1]ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[3]Τμήμα Φυσικής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη
Συστηματικός πειραματισμός στη φυσική δεν πραγματοποιείται –αν και στοιχειωδώς προβλέπεται από τα Προγράμματα Σπουδών– στα λύκεια της χώρας μας (γι'αυτό και το ερωτηματικό στον τίτλο). Πρόκειται περί παγκόσμιας ιδιαιτερότητας όπως διαπιστώνεται καθημερινά από την πραγματικότητα των ελληνικών λυκείων και επιβεβαιώθηκε από σχετικές έρευνες που διενεργήσαμε με ερωτηματολόγια και συνεντεύξεις με εκπαιδευτικούς φυσικής και μαθητές λυκείου που συμμετείχαν στους Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής, αλλά και με τους υπεύθυνους όλων των αποστολών στη Διεθνή Ολυμπιάδα Φυσικής 2016. Προτείνουμε την καθιέρωση και συστηματική εφαρμογή πραγματικού πειραματισμού στο μάθημα της φυσικής όλων των τάξεων του λυκείου, ως συνέχεια του πειραματισμού στο γυμνάσιο και στο δημοτικό.

Abstract
Systematic experimentation in physics is not performed -although it is foreseen by the curricula- in high schools in our country (and therefore the question mark in the title). This is a global uniqueness as noted daily by the reality of Greek high schools and confirmed by relevant researches conducted through questionnaires and interviews with physics teachers and high school students who participated in the National Competitions of Physics, as well as with the leaders of all the delegations in the International Physics Olympiad 2016. We propose the establishment and systematic implementation of experimentation in physics in all grades of high school, as a continuation of the experimentation in junior high school and elementary school.

1. Εισαγωγή

Η διεθνής βιβλιογραφία βρίθει από ανακοινώσεις/δημοσιεύσεις με επιχειρήματα υπέρ της εφαρμογής πραγματικού πειραματισμού κατά την εκπαιδευτική διαδικασία σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης καθώς και προτάσεις και πρακτικές για τη βέλτιστη του, ώστε να παρέλκει η αναφορά μας σε σχετικές ανακοινώσεις/δημοσιεύσεις. Θα περιοριστούμε στην αναφορά μας σε μια «διαπίστωση -μόλις το 1857, λίγα χρόνια από την επανίδρυση του νέου ελληνικού κράτους- για την αναγκαιότητα της πειραματικής άσκησης των μαθητών των σχολείων» με τον επισημότερο δυνατό τρόπο. Με επιστολή του ο τότε Υπουργός Παιδείας ορίζει την άμεση έναρξη του μαθήματος της πειραματικής φυσικής με τα αναγκαία όργανα τα

οποία έχουν ήδη παραγγελθεί (http://micro-kosmos.uoa.gr => το υλικό/λογισμικό => η πειραματική άσκηση). Όμως μάθημα πειραματικής φυσικής δεν υπάρχει ακόμη και σήμερα, τουλάχιστον στο λύκειο.
Πράγματι, συστηματικός πειραματισμός στη φυσική δεν πραγματοποιείται –αν και στοιχειωδώς προβλέπεται από τα ισχύοντα Προγράμματα Σπουδών– στα λύκεια της χώρας μας. Αυτό διαπιστώνεται καθημερινά από την πραγματικότητα των ελληνικών λυκείων και επιβεβαιώνεται από δύο σχετικές έρευνες που διενεργήσαμε.

2. Μεθοδολογία

Η πρώτη έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τα έτη 2013, 2014, 2015, 2016, στο πλαίσιο των Πανελλήνιων Διαγωνισμών, από ερευνητές με χρήση ερωτηματολογίων, και διενέργεια συνεντεύξεων σε 92 διαφορετικούς (τυχαία επιλεγμένους) εκπαιδευτικούς φυσικής του Λυκείου σε σχολεία όλης της Ελλάδας, καθώς και σε 635 (τυχαία επιλεγμένους) μαθητές της Α΄, Β΄ και Γ΄ Λυκείου σε 20 (4, 4, 5 και 7, αντίστοιχα κατά τα αναφερόμενα έτη) εξεταστικά κέντρα / σχολεία της Αττικής και κατά τη β' φάση του Διαγωνισμού της Γ' Λυκείου. Οι ερωτήσεις αφορούσαν στη συχνότητα διεξαγωγής πραγματικών πειραμάτων φυσικής κατά τη διάρκεια του εκπαιδευτικού έτους (συστηματικά κάθε εβδομάδα, αποσπασματικά λίγες φορές κατά τη διάρκεια του έτους, καθόλου), αλλά και στο είδος του πραγματικού πειραματισμού (από τον εκπαιδευτικό ή από τους μαθητές, με συμβατικά όργανα πειραματισμού και μετρήσεις ή και με χρήση αισθητήρων και απτήρων σε διασύνδεση με ηλεκτρονικό υπολογιστή), αν υπήρχε. Επίσης, αν υπήρχε εικονικός πειραματισμός μέσω υπολογιστή (με αλλαγή παραμέτρων ή όχι).
Η δεύτερη έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της 47ης Διεθνούς Ολυμπιάδας Φυσικής 2016, στη Ζυρίχη και το Λιχτενστάιν από 11 έως και 17 Ιουλίου 2016, από τους εκπαιδευτικούς Υπεύθυνους της Ελληνικής Αποστολής στην Ολυμπιάδα, με χρήση ερωτηματολογίων και διενέργεια συνεντεύξεων με τους Υπεύθυνους των υπόλοιπων 86 Αποστολών που συμμετείχαν με μαθητικές ομάδες των χωρών τους στην Ολυμπιάδα αυτή.
Οι ερωτήσεις αφορούσαν στη διεξαγωγή ή όχι πραγματικού πειραματισμού σε κάθε βαθμίδα εκπαίδευσης, στη συχνότητα διεξαγωγής πραγματικών πειραμάτων φυσικής κατά τη διάρκεια του εκπαιδευτικού έτους (σε κάθε μάθημα, σε κάθε θεματική ενότητα, κάθε μήνα, κάθε εξάμηνο ή καθόλου), στο είδος του πειραματισμού (από τον εκπαιδευτικό ή από τους μαθητές, με μετρήσεις, επεξεργασία δεδομένων και σχεδίαση γραφημάτων), στο ποσοστό (%) του χρόνου της εκπαιδευτικής διαδικασίας που αφιερώνεται στον πειραματισμό, στη συμπερίληψη ή όχι πειραματισμού στις προαγωγικές εξετάσεις των μαθητών και στη συμπερίληψη ή όχι του πειραματισμού στις εισαγωγικές εξετάσεις για τα Ανώτερα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα. Επισημαίνεται ότι στις Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής οι μαθητές διαγωνίζονται σε τρία θεωρητικά θέματα και δύο πειραματικά (με διάρκεια εξέτασης 5 ώρες στα θεωρητικά και 5 ώρες στα πειραματικά). Στους μαθητές δίνονται διάφορα όργανα με τα οποία ο κάθε μαθητής μόνος του πρέπει να συνθέσει δύο ιδιαίτερα σύνθετες πειραματικές διατάξεις, να εκτελέσει ένα πλήθος μετρήσεων με μεγάλη ακρίβεια, να καταγράψει τις μετρήσεις του και να τις μεταφέρει σε ένα πλήθος διαγραμμάτων, να συνθέσει τα διαγράμματα και να συνάγει ως συμπεράσματα θεωρητικά πρότυπα που αφορούν κατά κανόνα θεωρίες μη διδαχθείσες στους Έλληνες μαθητές (τα θέματα με τις λύσεις τους είναι αναρτημένα στον διαδικτυακό τόπο του Πανεπιστημίου Αθηνών http://micro-kosmos.uoa.gr => οι Διαγωνισμοί και οι Ολυμπιάδες Φυσικής).
Οι εικόνες που ακολουθούν, από τρεις διαφορετικές Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής, είναι χαρακτηριστικές του τρόπου της πειραματικής εξέτασης των μαθητών. Στην τελευταία εικόνα

φαίνεται η Ελληνίδα μαθήτρια Ζωή Τσαγκαλίδου η οποία πήρε μέρος και διακρίθηκε σε δύο Ολυμπιάδες, το 2014 στην Astana του Καζαχστάν και το 2015 στη Mumbai της Ινδίας.

3. Αποτελέσματα

Με την πρώτη έρευνα διαπιστώθηκε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών λυκείου που συμμετείχαν στην έρευνα δεν έχουν εκτελέσει συστηματικό πραγματικό πειραματισμό, κατά τις διδασκόμενες θεματικές της κάθε τάξης σύμφωνα με τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών. Αντίθετα, με τη δεύτερη έρευνα διαπιστώθηκε ότι στη συντριπτική τους πλειοψηφία οι μαθητές των λυκείων των άλλων χωρών που συμμετέχουν στις Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής, εκτελούν συστηματικά κάποιου είδους πραγματικό πειραματισμό στη φυσική.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι τα αναμενόμενα από όσους εκπαιδευτικούς έχουν διαρκή επαφή επί πολλά χρόνια με τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών αλλά και τις εφαρμοζόμενες πρακτικές σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης -και τη βαθμίδα του λυκείου- της χώρας μας. Επίσης, αυτά τα αποτελέσματα είναι αναμενόμενα και από την εμπειρία μας από τη διεξαγωγή όλων των Πανελλήνιων Διαγωνισμών Φυσικής και των Διεθνών Ολυμπιάδων Φυσικής, όλων των ετών. Χαρακτηριστική είναι η δήλωση όλων σχεδόν των μαθητών της Γ' Λυκείου που επιλέχθηκαν και εκπροσώπησαν τη χώρα μας σε όλες σχεδόν τις τελευταίες Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής ότι δεν είχαν ποτέ εκτελέσει συστηματικά στο σχολείο τους πειράματα ή είχαν συμμετοχή αποσπασματικά στην εκτέλεση ή παρακολούθηση μερικών μόνο πειραμάτων.

4. Συμπεράσματα

Συμπεραίνουμε την αναγκαιότητα της καθιέρωσης και συστηματικής εφαρμογής ενός πραγματικού πειραματισμού στο μάθημα της φυσικής όλων των τάξεων του λυκείου, ως συνέχεια του πειραματισμού στο γυμνάσιο και στο δημοτικό, με ενδεχόμενη πειραματική εξέταση –με λήψη ή μόνο με επεξεργασία μετρήσεων– στη διαδικασία της εισαγωγικής εξέτασης στα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα της χώρας. Ήδη ο τρόπος εξέτασης με την επεξεργασία πειραματικών μετρήσεων έχει διερευνηθεί και εφαρμοσθεί επί πολλά χρόνια με τη συμπερίληψη τέτοιων θεμάτων στα θέματα των Πανελλήνιων Διαγωνισμών Φυσικής λυκείου. Γι' αυτό προτείνουμε την εισαγωγή συστηματικού πραγματικού πειραματισμού (και) στα λύκεια, η οποία είναι δυνατόν να γίνει με μηδενική ή μικρή επιβάρυνση για την πολιτεία, αφού όλα τα λύκεια διαθέτουν στοιχειώδεις διατάξεις πειραματισμού (και) με αισθητήρες και απτήρες, ενώ ανυπολόγιστα θα είναι τα οφέλη για τους μαθητές μας και τη χώρα.

Συγκεκριμένα, με βάση την εμπειρία μας από τους Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής και τις διαπιστώσεις μας από την πειραματική εξέταση στις Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής, προτείνονται συνοπτικά τα ακόλουθα: α) Υποχρεωτική εφαρμογή εργαστηριακών / πειραματικών ασκήσεων σε όλες τις τάξεις του λυκείου, με λήψη και επεξεργασία μετρήσεων, μέσω συμβατικών οργάνων ή και αισθητήρων / απτήρων (που ήδη διαθέτουν όλα τα λύκεια της χώρας). β) Καθιέρωση (και) πειραματικής άσκησης στα εξεταζόμενα θεωρητικά θέματα φυσικής (με επεξεργασία –καταρχήν– δεδομένων) κατά τις Εξετάσεις Εισαγωγής στα Ανώτατα Εκπαιδευτικά Ιδρύματα. Ήδη έχει μελετηθεί η εφικτότητα και αποτελεσματικότητα τέτοιων πειραματικών ασκήσεων στους Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής. Τα μέτρα αυτά (χωρίς μεγάλο οικονομικό κόστος) θα εξασφαλίσουν άμεσα την υποχρεωτικότητα της εφαρμογής εργαστηριακών / πειραματικών ασκήσεων φυσικής σε όλα τα λύκεια της χώρας. Υπενθυμίζεται ότι ήδη έχει συγγραφεί και εγκριθεί (χωρίς όμως να ενεργοποιηθεί ακόμη) από το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΦΕΚ 184/23-01-2015, μετά από πρόσκληση του Υπουργείου Παιδείας) αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών για τη Φυσική Λυκείου το οποίο ανταποκρίνεται στις παραπάνω προτάσεις, ανάγκες και πρακτικές.

5. Προϋποθέσεις

Για τη βέλτιστη, όμως, εφαρμογή και αποτελεσματικότητα οποιουδήποτε συστηματικού πραγματικού πειραματισμού στο μάθημα της φυσικής, πρέπει να εξασφαλιστούν μερικές προϋποθέσεις. Αυτές αφορούν: 1) στην ενσωμάτωση του πειραματισμού στα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση και 2) στην πρόβλεψη / σχεδίαση / δημιουργία / αξιοποίηση φύλλων εργασίας για κάθε πειραματισμό, διαρθρωμένων επίσης σύμφωνα με τα βήματα της μεθοδολογίας.

Η μεθοδολογία της επιστημονικής έρευνας της φυσικής, η επιστημονική μέθοδος, είναι δεδομένη και –μάλιστα– αυτή (και όχι το γνωσιακό αντικείμενο) διακρίνει τη φυσική επιστήμη από τα άλλα γνωσιακά πεδία. Ο ερευνητής / επιστήμονας, παρατηρώντας τον φυσικό κόσμο, με έναυσμα λογικά ερωτήματα για τα αίτια και την εξέλιξη ή τις συνέπειες φυσικών φαινομένων, εστιάζει το ενδιαφέρον του στη μελέτη τους και διατυπώνει ερωτήματα ή συνθέτει ένα πρόβλημα, διατυπώνει υποθέσεις ή πορείες επίλυσης του προβλήματος, εκτελεί αποδεικτικές δραστηριότητες ή αποδεικτικούς πειραματισμούς για την επιβεβαίωση κάποιας από τις υποθέσεις και διάψευση των άλλων ή την επίλυση του προβλήματος, αναγορεύει την επιβεβαιωθείσα υπόθεση σε θεωρία και την εφαρμόζει / την ελέγχει διαρκώς. Η θεωρία είναι αποδεκτή εφόσον δεν διαψεύδεται από καμία πειραματική διαδικασία. Όμως, αρκεί και ένα μη συμβατό με αυτή πειραματικό αποτέλεσμα για να την καταρρίψει και να

αναζητηθεί νέα υπόθεση προς επιβεβαίωση (με τη διαδικασία να επαναλαμβάνεται). Αυτή η διαδικασία / μεθοδολογία ονομάζεται ερευνητική / επιστημονική ή, απλώς, "επιστημονική μεθοδολογία" της έρευνας.

Αντίστοιχη της επιστημονικής έρευνας στη φυσική θεωρούμε την εκπαιδευτική διαδικασία για την εκπαίδευση στη φυσική. Η εκπαίδευση στη φυσική αφορά κατά κύριο λόγο στην απόκτηση και κατανόηση της επιστημονικής γνώσης, ενώ η παίδευση με τη φυσική αφορά στη δημιουργία και ανάπτυξη απροκατάληπτης / ορθολογικής σκέψης, κριτικής ικανότητας και πρακτικών δεξιοτήτων.

Η αντιστοίχιση επιστημονικής έρευνας και εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι πληρέστερη ή απόλυτη όταν η εκπαιδευτική διαδικασία έχει –όπως προτείνεται εδώ– διερευνητικό και ανακαλυπτικό χαρακτήρα, όπως ακριβώς η επιστημονική έρευνα, με αξιοποίηση του αποδεικτικού επιστημονικού και εκπαιδευτικού –αντίστοιχα- πειράματος.

Γι’ αυτό η μεθοδολογία της εκπαιδευτικής διαδικασίας προτείνεται να είναι η ερευνητική / επιστημονική μεθοδολογία, η οποία αξιοποιείται και ως επιστημονική / εκ-παιδευτική μεθοδολογία με διερεύνηση. Σύμφωνα με αυτήν ο εκπαιδευτικός προκαλεί με κάποιο έναυσμα στους εκπαιδευόμενους το ενδιαφέρον τους για το προς μελέτη θέμα, τους ενθαρρύνει να διατυπώσουν υποθέσεις, μετά δε από αποδεικτικό / επιβεβαιωτικό πειραματισμό τους οδηγεί να επιλέξουν τη σωστή υπόθεση και να διατυπώσουν συμπεράσματα (όπως, κατά την επιστημονική έρευνα, θα αναγόρευαν τη σωστή υπόθεση σε θεωρία). Στη συνέχεια εφαρμόζουν τα συμπεράσματα / τα γενικεύουν (όπως, κατά την επιστημονική έρευνα επιβάλλεται ο συνεχής έλεγχος με πειραματισμό ή με περαιτέρω εφαρμογές) αλλά και τα ερμηνεύουν με το πρότυπο του μικροκόσμου.

Αυτή η εκπαιδευτική μεθοδολογία εφαρμόζεται ήδη στην ύστερη πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Ε΄ και Στ΄ τάξη του Δημοτικού Σχολείου στο μάθημα των Φυσικών από το 2001, Αποστολάκης κά 2001, 2006) και στην πρώιμη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Α΄ Γυμνασίου στο μάθημα Η Φυσική με Πειράματα από το 2013, Καλκάνης κά 2013, και Β΄ Γυμνασίου στο μάθημα της Φυσικής από το 2014, Αντωνίου κά 2014), ενώ εφαρμόστηκε επιτυχώς και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (στα Εργαστήρια Φυσικών Επιστημών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ. Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών από το 2001 έως και το 2016, Καλκάνης 2010).

Εξάλλου, σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (http://ec.europa.eu/research/science-society => “Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe”), η εκπαίδευση στη φυσική –και γενικότερα στις φυσικές επιστήμες– βασισμένη στη διερεύνηση (Inquiry-based science education) έχει αποδείξει την αποτελεσματικότητά της τόσο στην πρωτοβάθμια όσο και στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση όσον αφορά στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος και τη βελτίωση της επίδοσης των μαθητών, ενώ ταυτόχρονα ενισχύει τα κίνητρα των εκπαιδευτικών. Η μεθοδολογία είναι αποτελεσματική για όλους τους μαθητές από τους πιο αδύναμους έως τους πιο ικανούς και είναι πλήρως συμβατή με τη φιλοδοξία της αριστείας

Απαραίτητο και αναπόσπαστο στοιχείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας των φυσικών επιστημών –αντίστοιχης της έρευνας των φυσικών επιστημών–, όπως και της αποδεικτικής μεθοδολογίας, είναι ο αποδεικτικός εκπαιδευτικός πειραματισμός –αντίστοιχος του αποδεικτικού επιστημονικού πειραματισμού–. Ο εκπαιδευτικός πειραματισμός, εδώ, περιορίζεται και αναφέρεται ως αποδεικτικός πειραματισμός σε αντιδιαστολή του επιδεικτικού / διαπιστωτικού εκπαιδευτικού πειραματισμού. Εννοούμε βέβαια, τον πραγματικό πειραματισμό, ο οποίος κατά κανόνα πρέπει να εκτελείται, ενώ τα υποκατάστατά του, ο εικονικός ή/και ο νοητικός πειραματισμός είναι δυνατόν να έχουν συμπληρωματικό ρόλο σε ειδικές μόνο περιπτώσεις όταν και όπου είναι αδύνατος ο πραγματικός πειραματισμός. Επίσης, ως εκπαιδευτικό πειραματισμό χαρακτηρίζουμε τον πραγματικό (με

πραγματικά υλικά, μέσα και όργανα) πειραματισμό ο οποίος είναι μέρος μιας άτυπης ή τυπικής, συστηματικής ή μη συστηματικής, εκ-παιδευτικής διαδικασίας.
Προτείνουμε επίσης για κάθε εκπαιδευτικό πειραματισμό, οποιασδήποτε θεματικής, να έχει προβλεφθεί, να έχει σχεδιαστεί και να αξιοποιείται ένα φύλλο εργασίας διαρθρωμένο στα βήματα της επιστημονικής / εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση. Το φύλλο εργασίας συμπληρώνεται από τους μαθητές, οι οποίοι καταγράφουν επίσης τις τιμές των μετρήσεων και τις επεξεργάζονται. Αυτό το φύλλο εργασίας είναι δυνατόν να αξιοποιηθεί από τον εκπαιδευτικό επίσης και ως αξιολογικό εργαλείο.

6. Βιβλιογραφία

http://micro-kosmos.uoa.gr => το υλικό / λογισμικό => η πειραματική άσκηση

http://micro-kosmos.uoa.gr => οι Διαγωνισμοί και οι Ολυμπιάδες Φυσικής

http://ec.europa.eu/research/science-society => EUROPEAN COMMISSION 2007, Directorate - General for Research Directorate L - Science, Economy and Society, Unit L4 - Scientific Culture and Gender, “Science Education NOW: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe”

Ν. Αντωνίου, Π. Δημητριάδης, Κ. Καμπούρης, Κ. Παπαμιχάλης, Λ. Παπατσίμπα, «Φυσική – Εργαστηριακός Οδηγός», Β' Γυμνασίου, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2014

Εμ. Αποστολάκης, Β. Κορόζη, Ελ. Παναγοπούλου, Κ. Πετρέα, Στ. Σάββας, Γ.Θ. Καλκάνης, "Ερευνώ και Ανακαλύπτω", εγχειρίδια Ε΄ και Στ' Δημοτικού (βιβλίο για το μαθητή, βιβλίο για το δάσκαλο, ένθετο "με μια ματιά", φύλλα αξιολόγησης), Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα 2001

Εμ. Αποστολάκης, Ελ. Παναγοπούλου, Στ. Σάββας, Νεκτ. Τσαγλιώτης, Βεατρ. Μακρή, Γεωρ. Πανταζής, Κυρ. Πετρέα, Σοφ. Σωτηρίου, Β. Τόλιας, Αθ. Τσαγκογέωργα, Γεωρ. Θεοφ. Καλκάνης, "ΦΥΣΙΚΑ Ε΄ και Στ΄Δημοτικού - Ερευνώ και Ανακαλύπτω", Βιβλίο Μαθητή, Τετράδιο Εργασιών, Βιβλίο Δασκάλου, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2006

Γ. Θ. Καλκάνης, Ο. Γκικοπούλου, Ε. Καπότης, Δ. Γουσόπουλος, Μ.Πατρινόπουλος, Π. Τσάκωνας, Π. Δημητριάδης, Λ. Παπατσίμπα, Κ. Μιτζήθρας, Α. Καπόγιαννης, Δ.Ι. Σωτηρόπουλος, Σ. Πολίτης, βιβλίο "Η Φυσική με Πειράματα" Α' Γυμνασίου, Υπουργείο Παιδείας, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα 2013

Γ. Θ. Καλκάνης, "ΕκΠαιδευτική ΦΥΣΙΚΗ, ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ" (για τους φοιτητές του Τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών), Αθήνα, 2007 και "ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ και ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ", (για τους φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Αθηνών), Αθήνα, 2010

ONASSIS ΚΟΙΝΩΦΕΛΕΣ ΙΔΡΥΜΑ

Η έρευνα για την πειραματική εκπαίδευση των μαθητών λυκείου των χωρών που έλαβαν μέρος στη Διεθνή Ολυμπιάδα Φυσικής 2016 στην Ελβετία και το Λιχτενστάιν, διεξήχθη με χορηγία του Κοινωφελούς Ιδρύματος Αλέξανδρος Σ. Ωνάσης, που χορηγεί και τη συμμετοχή των Ελληνικών Ομάδων στις Διεθνείς ή Βαλκανικές Μαθητικές Ολυμπιάδες.

ΜΙΑ ΜΙΚΡΟ-ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΘΗΣΗΣ: ΕΡΕΥΝΑ ΔΡΑΣΗΣ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΗ ΜΕ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗ ΣΤΗ ΧΗΜΕΙΑ Α΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

Γεώργιος Πολυζώης[1], *Δημήτριος Βαμνιές*[2]

[1] Σύμβουλος Β' Φυσικής, ΙΕΠ
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί την αναφορά μιας έρευνας δράσης. Το περιεχόμενό της διδακτικής πρακτικής, στην παρούσα εργασία, αφορά στην διδασκαλία και μάθηση της έννοιας του mol (Α΄ Λυκείου), αξιοποιώντας τη "μάθηση με διερώτηση" ("inquiry based learning" - IBL). Η έρευνα δράσης πραγματοποιήθηκε από μια Επαγγελματική Κοινότητα Μάθησης (ΕΚΜ).

Abstract

This paper is a report on an action research project. It refers to the teaching and learning of the concept of mol (10 grade), utilizing the "inquiry based learning" - IBL. The action research was conducted by a Professional Learning Community (PLC).

1. Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αποτελεί την αναφορά μιας έρευνας δράσης (Kemmis 2001, Schön 1983) που διεξήχθη το δίμηνο Μαρτίου-Απριλίου του 2014 στο Ζάννειο Πρότυπο Πειραματικό Γενικό Λύκειο (ΠΠΓΕΛ) Πειραιά. Ο υποδιευθυντής του Ζάννειου Γ. Π., φυσικός, προχώρησε, στην απόφαση να συστήσει μια Επαγγελματική Κοινότητα Μάθησης (ΕΚΜ) (Hord 1997, Dufour 2004, Kruse, Louis & Bryk 1995) Φυσικών Επιστημών. Στην κοινότητα αυτή τον ρόλο του εκπαιδευτικού - ερευνητή είχε ο Δ., χημικός του σχολείου, διευκολυντής ήταν ο Γ.Π., φυσικός και κριτικός φίλος-συνεργάτης (critical friend) ο Σχολικός Σύμβουλος Γ. (Ferrance 2000, Koshy 2005).

Στο σχεδιασμό του όλου εγχειρήματος λήφθηκαν υπόψη - κατά παρακολούθηση της σχετικής βιβλιογραφίας - τρία διακριτά πεδία: της λειτουργίας Επαγγελματικών Κοινοτήτων Μάθησης (ΕΚΜ), της πραγματοποίησης έρευνας δράσης και της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ). Η έρευνα δράσης πραγματοποιήθηκε στο υποκεφάλαιο 4.1 της Χημείας της Α΄ Λυκείου. Το υποκεφάλαιο αυτό του βιβλίου σχετίζεται με την έννοια του mol και την εφαρμογή στη Χημεία αλγεβρικών μεθόδων που απορρέουν από την έννοια του mol.

Ως ΕΚΜ ορίζονται *ομάδες* εκπαιδευτικών σε σχολικά περιβάλλοντα που εργάζονται συνεργατικά με στόχο την βελτίωση των εκπαιδευτικών πρακτικών και στρατηγικών που χρησιμοποιούνται στο σχολείο ώστε να υπάρξει βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων (NCTE, 2010)

Οι ΕΚΜ, παγκόσμια, αποτελούν μια καινοτόμα υπόθεση της τελευταίας δεκαπενταετίας. (DuFour 2004). Παρόλο που τα ερευνητικά δεδομένα είναι περιορισμένα, αντιφατικά και «εν τω γεννάσθαι», θεωρείται αποδειγμένο, ότι η τάση των ΕΚΜ είναι αυξητική.
Η μεθοδολογία των ΕΚΜ, αυτοπροτείνεται ως απάντηση, όχι μόνο στις πολλαπλές όψεις της αξιολόγησης ή/και επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών αλλά και στην προδιαγεγραμμένη πορεία των εκπαιδευτικών μεταρρυθμίσεων. Οι μεταρρυθμίσεις εξαρτώνται από την ατομική και συλλογική ικανότητα των εκπαιδευτικών σε σχολικό επίπεδο, να προωθούν και να βελτιώνουν τη μαθησιακή ικανότητα των μαθητών. Η επίτευξη τέτοιων ικανοτήτων από πλευράς εκπαιδευτικών είναι κρίσιμο και σύνθετο θέμα. Οι εκπαιδευτικοί, μέσω των ΕΚΜ, φαίνεται, να δίνουν μια πολλά υποσχόμενη λύση στο θέμα αυτό.
Οι Kruse et al. στο άρθρο τους "Building Professional Community in Schools" καταθέτουν πέντε βασικά στοιχεία για τη δημιουργία ΕΚΜ. Τα κρίσιμα αυτά στοιχεία είναι ο αναστοχαστικός διάλογος μεταξύ των εκπαιδευτικών, η άρση της απομόνωσης της διδασκαλίας των εκπαιδευτικών, η εστίαση στο φαινόμενο της μάθησης, η συνεργασία, και τέλος η πίστη σε κοινά οράματα και αξίες. Στα στοιχεία αυτά συγκλίνουν και οι εργασίες διαφόρων άλλων ερευνητών (Darling - Hammond & Richardson 2009, Coburn & Russell 2008). Επομένως, η έμφαση στα συγκεκριμένα στοιχεία θα δημιουργήσει τις συνθήκες υποστήριξης / βιωσιμότητας μιας ΕΚΜ.

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Η έρευνα δράση, στην παρούσα εργασία *σκόπευε* στο να καταγραφεί η εμπλοκή των εκπαιδευτικών και να βελτιωθεί η ικανότητά τους να αναστοχάζονται (Fullan 2006) για τις πρακτικές τους στο σχολικό περιβάλλον και να κερδίζουν μεγαλύτερη αυτονομία, χειριζόμενοι (manipulating) οι ίδιοι πιο ενεργητικά και δυναμικά περιβάλλοντα μάθησης προς όφελος της βελτίωσης των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών (Mammino 2008).
Η έρευνα δράση, που πραγματοποιήθηκε, *στόχευε* στη βελτίωση της μάθησης των μαθητών στο περιεχόμενο του υποκεφαλαίου 4.1 της Χημείας της Α΄ Λυκείου. Συγκεκριμένα έθεσε και διερεύνησε τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα / στόχους
1ος Στόχος (Σ-1): Αποκτούν οι μαθητές επαρκή κατανόηση των μεγεθών του υποκεφαλαίου και ως εκ τούτου δεν καταφεύγουν στην παπαγαλία, αλλά στη δικαιολογημένη (μαθηματικά και χημικά) αξιοποίηση αλγορίθμων και ορισμών[2];
2ος Στόχος (Σ-2): Αποκτούν οι μαθητές την ικανότητα να μεταφέρουν το νόημα των υπολογισμών, που σχετίζονται με το mol, από το μακροεπίπεδο στο (ατομικό / μοριακό) μικροεπίπεδο;

Το δείγμα και οι μεθοδολογικές επιλογές της έρευνας δράσης

Το δείγμα της έρευνας δράσης ήταν ένα 25μελές τμήμα της Α΄ Λυκείου του Ζαννείου ΠΠΓΕΛ, στο οποίο πραγματοποιήθηκαν έξι (6) ωριαίες συμμετοχικές παρατηρήσεις (Κατσαρού & Τσάφος 2003) Στην εκπαιδευτική έρευνα δράσης αξιοποιήθηκαν δύο (2) ανοιχτές και ελεύθερες τεχνικές συλλογής δεδομένων: (α) οι παρατηρήσεις και ο σχεδιασμός των διδασκαλιών των Γ.Π. και Δ. πριν από την πραγματοποίησή τους (ντοκουμέντα πριν την διδασκαλία) και (β) τα ημερολόγια του Γ.Π. από την παρατήρηση των διδακτικών

[2]Η μαθηματική γλώσσα πρέπει να θεωρείται συμπληρωματική της χημικής γλώσσας και έτσι η ταυτόχρονη χρήση τους πρέπει να δίνει "λύσεις" και όχι "απαντήσεις" στα προβλήματα Χημείας (Meija & Bisenieks 2004). Οι αλγεβρικές μέθοδοι που καταλήγουν σε μηχανιστική εφαρμογή αλγορίθμων (algorithmic formulas) δε συμβάλλουν σε βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση ούτε ενεργοποιούν δεξιότητες σκέψης υψηλού επιπέδου (higher-level thinking skills) (Robinson 2003).

διαδικασιών. Αξιοποιήθηκε και μια πιο αυστηρή ημι-ποσοτική τεχνική, συγκεκριμένα η κλείδα παρατήρησης διδασκαλίας του Τμήματος ΦΠΨ /Τομέας Παιδαγωγικής της Φιλοσοφικής Σχολής του ΕΚΠΑ, από την οποία είχε αφαιρεθεί η ποσοτική αποτίμηση. Η κλείδα παρατήρησης αποτελείται από έξι ερωτήσεις, για τις οποίες προτείνεται ένας αριθμός επιλογών. Οι επιλογές δεν είναι μοναδικές. Η κλείδα ολοκληρώνεται με μία ερώτηση με τρία υποερωτήματα ανοιχτού τύπου. Η έρευνα δράσης ολοκληρώθηκε σε πέντε (5) φάσεις. Έτσι εξασφαλίστηκε ο δι-υποκειμενικός έλεγχος των πορισμάτων στις διάφορες φάσεις της έρευνας δράσης (Cohen & Manion 2000,· Mason 2003).
Η ΕΚΜ αξιοποίησε για τη βελτίωση της μάθησης, στην τάξη και στο εργαστήριο, κατά τη διάρκεια της έρευνας δράσης: (α) την απαραίτητη βιβλιογραφία τη σχετική με τις διδακτικές προσεγγίσεις στην τάξη και στο εργαστήριο (Furio et al. 2000, Padilla et al. 2008) (β) διδασκαλίες IBL βασισμένες σε ένα κατ' εξοχήν διερευνητικό εργαλείο, όπως ο 'χάρτης εννοιών' (Novak & Cañas 2006) και αξιολόγηση των μαθητών με πίνακα εννοιών (Ault 2001) (γ) εκπαιδευτικό λογισμικό (Eteokleous & Hadjithoma 2007) (Σχήμα 1^{ο}).

3. Αποτελέσματα

'Φάση 0'

Στην ΕΚΜ, ο Γ.Π., δρώντας ως διευκολυντής, προετοίμασε το κλίμα για τη συνεργασία και τον αναστοχασμό με τον εκπαιδευτικό ερευνητή Δ. Συμφωνήθηκε συνεργασία ομοτίμων στο *πλαίσιο της ΕΚΜ* και επιλέχθηκε η συμμετοχική παρατήρηση, όπως προτείνει η *έρευνα δράσης*. Ο αναστοχασμός για θέματα λειτουργίας της ΕΚΜ προέρχονταν από τη μελέτη υλικού της έρευνας δράσης. Η προσπάθεια να συγκροτηθεί το αρχικό ντοκουμέντο, που θα περιείχε την πορεία διδασκαλίας, οδήγησε την ΕΚΜ στη διερεύνηση της αντίστοιχης βιβλιογραφίας (Padilla & Furio-Mas 2008)[3] και κατόπιν στην τελική συμφωνία της διατύπωσης των στόχων Σ-1 και Σ-2 του μεθοδολογικού μέρους της εργασίας.

Φάση 1^{η}: Δύο Διδασκαλίες στο Τμήμα και Αναστοχασμός της 1^{ης} Φάσης

Το ντοκουμέντο που συμφωνήθηκε από την ΕΚΜ να υλοποιήσει ο Δ., με εφαρμογή της IBL, αφορούσε την έκθεση των μαθητών σε *μια διχοτομία.* Στη διδασκαλία παρουσιαστήκαν δύο προσεγγίσεις για τις ασκήσεις μετατροπής mol-μάζας-όγκου (για αέρια)-αριθμός ατόμων, η προσέγγιση με αξιοποίηση της απλής *μεθόδου των τριών* και η προσέγγιση με αξιοποίηση των *τύπων* ($n = m/M_r = N/N_A = V/V_m$)[4]. Στον αναστοχασμό η ΕΚΜ παρατήρησε ότι η πρακτική των μαθητών ήταν μικτή. Άλλοι μαθητές αξιοποιούσαν τη μαθηματική αναλογία (απλή μέθοδος των τριών), και άλλοι μαθητές αξιοποιούσαν τους τύπους.

[3] Στο σημείο αυτό παρουσιάστηκε μια σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις των μελών της ΕΚΜ για τη διδασκαλία του mol.Οι Furio, Arcona & Guisasola ήδη από το 2002 έθεσαν το θέμα ότι πολλά βιβλία Χημείας, ακόμη και διάσημων συγγραφέων, προσεγγίζουν το ζήτημα του ορισμού του mol με τρόπο μη συμβατό με τις υποδείξεις της Διεθνούς Ένωσης για τη Βασική και την Εφαρμοσμένη Χημεία (International Union of Pure and Applied Chemistry – IUPAG) (Mills & Milton, 2009) (!). Επρόκειτο για μια έκτακτη κατάσταση στο πλαίσιο της ΕΚΜ., την κατάληξη της οποίας δεν αναφέρουμε στην παρούσα εργασία.

[4] Όπου, n ποσότητα της ουσίας σε mol, m μάζα, N μόρια ή άτομα, V όγκος (για αέρια), ενώ M_r σχετική μοριακή μάζα, N_A αριθμός του Avogadro, V_m μολαρικός όγκος (V_m = 22,4L για S.T.P.).

Φάση 2η: Δύο ακόμη Διδασκαλίες στο Τμήμα και ο Αναστοχασμός τους

Ο Δ. πραγματοποίησε δύο ακόμη διδασκαλίες στο τμήμα, προχωρώντας την ύλη για τον υπολογισμό των mol και στις χημικές ενώσεις. Έλυσε πολλά παραδείγματα συμμετοχικά με τους μαθητές (εφαρμογή του IBL). Στον αναστοχασμό των διδασκαλιών παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές δούλεψαν και με τις δύο μεθόδους μετατροπής. Η ΕΚΜ αποφάσισε να πραγματοποιήσει *ενδιάμεση αξιολόγηση* στο τμήμα[5].

Φάση 3η:Ο πίνακας εννοιών

Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης, συνέτειναν στο να αξιοποιηθεί από την ΕΚΜ ένας ποιοτικότερος τρόπος παρουσίασης της διασύνδεσης των μετρούμενων ποσοτήτων. Η διασύνδεση θα γινόταν με χάρτες εννοιών (Novak & Cañas 2006). Η βιβλιογραφία προτείνει έναν τρόπο παρουσίασης του περιεχομένου με χάρτες (Furio et all. 2000, όπως παρατίθεται στο Malcom et all. 2014). Η ΕΚΜ δεν πρόκρινε τον τρόπο αυτό, γιατί υπερτονιζόταν ο ρόλος των τύπων και ίσως αυτό επηρέαζε την απόδοση των μαθητών που αξιοποιούσαν την προσέγγιση με απλές μεθόδους των τριών.
Η ΕΚΜ στο σημείο αυτό ζήτησε τη γνώμη του κριτικού φίλου. Ο κριτικός φίλος Γ. συμφώνησε με την αξιοποίηση εννοιολογικών χαρτών και απέστειλε τη γνώμη του στην ΕΚΜ, επικοινωνώντας μαζί της. Η γνώμη του κριτικού φίλου Γ. αποτυπώθηκε σε δύο εννοιολογικούς χάρτες. Ο πρώτος εννοιολογικός χάρτης είναι ανάλογος μιας παράστασης που υπάρχει στο σχολικό βιβλίο (Λιοδάκης κ.ά. 2013, σελ.109) και δεν τον αξιοποίησε η ΕΚΜ. Ο δεύτερος εννοιολογικός χάρτης, αυτός του κριτικού φίλου, απλοποιήθηκε στην παρουσίασή του, συγκρίθηκε με παρόμοιους πίνακες εννοιών του διευκολυντή Γ.Π. (Παλίλης κ.ά, 1998**),** γενικεύτηκε, με στόχο να περιλαμβάνει όχι μόνον τη μελέτη της χημικής ένωσης, αλλά και των στοιχείων της, και αξιοποιήθηκε από την ΕΚΜ. Το ντοκουμέντο της διδασκαλίας της τρίτης φάσης περιείχε αυτόν τον εννοιολογικό χάρτη. Ο Δ. κατασκεύασε τον εννοιολογικό χάρτη στη διδασκαλία του, σε συνεργασία με τους μαθητές. Ο Γ.Π. παρακολούθησε τη διδασκαλία κατασκευής και εφαρμογής του εννοιολογικού χάρτη στο τμήμα.

Αναστοχασμός της διδασκαλίας της τρίτης (3ης) φάσης.

Στην τρίτη φάση η ΕΚΜ επέλεξε να παρουσιάσει μια διδασκαλία IBL βασισμένη σε ένα κατ' εξοχήν διερευνητικό εργαλείο, όπως ο 'χάρτης εννοιών'. Ο χάρτης εννοιών κατασκευάστηκε με συνεργασία του Δ. με τους μαθητές. Κύρια στόχευση του χάρτη εννοιών ήταν οι μαθητές να συσχετίσουν τη μονάδα mol όχι μόνον για χημικές ενώσεις ή στοιχεία, αλλά και για τα *στοιχεία που συμμετέχουν στο σχηματισμό της ένωσης* (π.χ. τα mol του οξυγόνου [O] στην ένωση θειικό οξύ H_2SO_4).
Η ΕΚΜ στην ουσία πρότεινε έναν νέο τρόπο λύσης των ασκήσεων με τη χρήση του χάρτη εννοιών. Οι ασκήσεις λύνονταν όχι με τις προσεγγίσεις της απλής μεθόδου των τριών ή με τους τύπους, αλλά με αξιοποίηση των *(δια -)δρόμων* του χάρτη (Ault 2001). Αυτό είχε μια αρχική δυσκολία για τους μαθητές, γιατί δεν ευνοούσε την απομνημόνευση. Αντίθετα, απαιτούσε κατανόηση και εφαρμογή του αλγορίθμου με συστηματικό τρόπο, όπως απαιτούσε ο στόχος Σ-1, ακολουθώντας τους *δρόμους* που επέβαλαν τα δεδομένα και τα ζητούμενα της άσκησης. Στο ημερολόγιό του ο Γ.Π. καταγράφηκε η αξιοσημείωτη δυσκολία που συναντούσαν οι μαθητές. Η ΕΚΜ αποφάσισε να πραγματοποιήσει αξιολόγηση της διδασκαλίας της τρίτης (3ης) φάσης, στο τμήμα, με αξιοποίηση του χάρτη εννοιών.

[5] Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης θα δοθούν συνοπτικά στα συμπεράσματα της εργασίας.

Αξιολόγηση της τρίτης (3ης) φάσης και ο αναστοχασμός της

Το διαγώνισμα του χάρτη εννοιών περιείχε τις ασκήσεις που είχαν λύσει οι μαθητές στην ενδιάμεση αξιολόγηση. Η εικόνα του τεστ δεν ικανοποίησε τις προσδοκίες της ΕΚΜ. Η ΕΚΜ αποφάσισε, να προχωρήσει σε βελτιωτικές κινήσεις για την αύξηση της κατανόησης των μαθητών, υποστηρίζοντας τη μάθηση των μαθητών με εργαστηριακές δραστηριότητες. Το σχολικό εργαστήριο προσφέρεται για τη εμπειρική / πρακτική προσέγγιση μιας IBL διδασκαλίας, με την αξιοποίηση και το χειρισμό διαφόρων υλικών (NRC 2006). Ο αναστοχασμός της τρίτης φάσης ολοκληρώθηκε με τη συγγραφή του ντοκουμέντου για την τέταρτη φάση της έρευνας δράσης. Το ντοκουμέντο περιείχε δύο (2) χειροπιαστές δραστηριότητες (Ghaffari 2006). Αποσκοπούσαν να διασύνδεουν το μικροεπίπεδο και το μακροεπίπεδο που απαιτούν οι υπολογισμοί με βάση την ποσότητα σε mol, όπως απαιτούσε ο στόχος Σ-2.

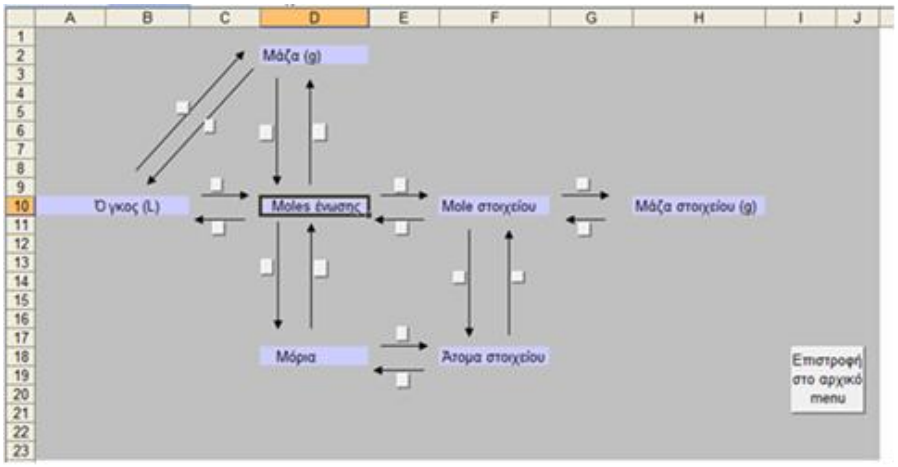
Φάση 4η : Στο εργαστήριο

Ο Γ.Π. παρακολούθησε τις διδασκαλίες του Δ. στο εργαστήριο των ΦΕ του σχολείου. Είχαν επιλεγεί, όπως προαναφέρθηκε, δύο δραστηριότητες. Η πρώτη αφορούσε στο μακροεπίπεδο στο οποίο αναφέρεται η ποσότητα των ουσιών σε mol. Οι μαθητές ζύγισαν mol διαφόρων ουσιών (π.χ. NaCl) και διαπίστωσαν ότι το mol είναι μια μακροσκοπική μονάδα στο S. I. Στη δεύτερη δραστηριότητα οι μαθητές κατασκεύασαν προσομοιώματα μορίων διαφόρων στοιχείων και χημικών ενώσεων, περνώντας έτσι στο μικροεπίπεδο. Οι δραστηριότητες αυτές συνδέθηκαν με τις διαδρομές του εννοιολογικού πίνακα, ώστε να βελτιωθεί η κατανόηση των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων με τους ‘δρόμους’ του χάρτη εννοιών.

Αναστοχασμός της τέταρτης φάσης

Η τέταρτη φάση αποτέλεσε το εμπειρικό / πρακτικό τμήμα της IBL διδασκαλίας. Οι μαθητές μέτρησαν ουσίες τόσο ως μάζα, σε g, όσο και ως αριθμούς, σε μόρια και άτομα. Με τον τρόπο αυτό η ΕΚΜ υλοποιούσε τη διασύνδεση που επιδίωκε το μακρο- και το μικρο- επίπεδο των υπολογισμών στη Χημεία, όπως απαιτούσε ο στόχος Σ-2. Ο αναστοχασμός της τέταρτης φάσης ολοκληρώθηκε με τη συγγραφή του ντοκουμέντου για την πέμπτη φάση της έρευνας δράσης Το ντοκουμέντο αφορούσε στη μεθοδολογία της ένταξης εκπαιδευτικού λογισμικού στο τμήμα. Το εκπαιδευτικό λογισμικό ήταν μια εφαρμογή που αξιοποιούσε μακροεντολές του Excel (Παλίλης Πολυζώης Σπυρόπουλος & Τζέγκας 1999). Η ένταξη του εκπαιδευτικού λογισμικού στη διδασκαλία (Eteokleous & Hadjithoma 2007) δεν παρουσίασε δυσκολίες, γιατί η εφαρμογή βασίζεται στην αξιοποίηση της ίδιας εικόνας με τον χάρτη εννοιών, σε ψηφιακή μορφή, αντί για «μολύβι – χαρτί» του παραδοσιακού πίνακα εννοιών. Οι μαθητές είναι πλήρως εξοικειωμένοι με τον χειρισμό τέτοιων ψηφιακών αναπαραστάσεων (Prensky 2001). Η οθόνη του λογισμικού εμφανίζεται στο Σχήμα 1ο. Πρόκειται για μια εφαρμογή της IBL μάθησης με αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού. Ο μαθητής θέτει τις ερωτήσεις του και ακολουθεί τη διαδρομή που ο ίδιος έχει καθορίσει για τη λύση της άσκησης. Για να περάσει από το ένα τμήμα της διαδρομής στο επόμενο, ο μαθητής πρέπει να εισάγει το αποτέλεσμα του προηγούμενου βήματος. Το λογισμικό, λοιπόν, δεν παρέχει απλά λύση στο μαθητή. Αντίθετα, ο μαθητής οφείλει να κατανοεί τα τμήματα της διαδρομής λύσης της άσκησης. Σε κάθε τμήμα / διάλογο /καρτέλα ο μαθητής έχει τον έλεγχο και διερευνά τις δυνατότητες που του παρέχει το λογισμικό.

Σχήμα 1ο: Η διεπαφή του εκπαιδευτικού λογισμικού σε περιβάλλον excel



Φάση 5η :

Λόγω της έλλειψης χρόνου η πέμπτη φάση της έρευνας περιέλαβε τη συμμετοχή όσο το δυνατόν περισσότερων μαθητών στη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού. Με τον τρόπο αυτό η ΕΚΜ στόχευε μέσα σε *ένα μόνο*ν μάθημα να μπορέσει να καταγράψει ο Γ.Π., που το παρακολούθησε, την επίδοση των μαθητών. Ο καθηγητής Δ. κατέγραφε στον πίνακα τις ενέργειες που πραγματοποιούσαν οι μαθητές με τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού. Ο αναστοχασμός και η παρουσίαση της τελευταίας αυτής φάσης θα γίνουν στα συμπεράσματα της εργασίας.

4. Συμπεράσματα

Παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές είναι δυνατόν να απομνημονεύουν τύπους ή τρόπους λύσης (Robinson, 2003), αλλά δεν είναι δυνατόν να τους αξιοποιούν σε στοιχειώδη προβλήματα, που απαιτούν έστω και μια μικρή ακολουθία υπολογισμών (Barb & Quinn, 1997· Bennett & Maier, 1996). Καταγράφηκε ετερογένεια των μεθόδων, τις οποίες την αξιοποιούν οι μαθητές στη λύση των προβλημάτων.
Παρότι η διδασκαλία του Δ. καταγράφηκε με πάρα πολλά θετικά στοιχεία IBL μεθόδου, η επίδοση των μαθητών στην *ενδιάμεση αξιολόγηση* δεν ήταν ικανοποιητική. Αυτό υποδεικνύει ότι το περιβάλλον της τάξης και το εκπαιδευτικό μέσο 'σχολικό βιβλίο' δεν επαρκούν για την εμπέδωση ύλης, η οποία χαρακτηρίζεται από υψηλό ακαδημαϊκό περιεχόμενο.
Ο χάρτης εννοιών, ως αξιολογικό εργαλείο, αποτέλεσε για την ΕΚΜ εύρημα, το οποίο αποσκοπούσε κυρίως στη βελτίωση της απόδοσης των μαθητών σε σχέση με το παραδοσιακό διαγώνισμα. Όμως, η υπόδειξη της εργασίας είναι σαφής, οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με διαλογικούς και αναπαραστατικούς τρόπους αξιολόγησης. Κάτι τέτοιο, αν επιβεβαιωθεί σε μεγαλύτερη κλίμακα, αποτελεί ένδειξη παραδοσιακού σχολείου.
Οι βιωματικές δραστηριότητες στο εργαστήριο, πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα δράσης στοχευμένα, μετά την αξιολόγηση των μαθητών με το παραδοσιακό διαγώνισμα και τον διερευνητικό τρόπο του χάρτη εννοιών. Για τις δραστηριότητες αυτές δεν υπήρξε ανάλογη αξιολόγηση. Όμως, ό ενθουσιασμός των μαθητών είναι μια ένδειξη ότι η εργαστηριακή πρακτική κερδίζει το ενδιαφέρον τους.
Η ένταξη του εκπαιδευτικού λογισμικού στην τάξη έγινε άμεσα, μιας και το περιβάλλον στη διεπαφή του εκπαιδευτικού λογισμικού αξιοποιούσε σε ψηφιακή μορφή τον ήδη γνωστό από

το περιβάλλον 'μολύβι-χαρτί' πίνακα εννοιών. Η αξιολόγηση βασίστηκε στις σημειώσεις του ημερολογίου του Γ.Π. και αφορούσε μόνον τους μαθητές που συμμετείχαν εκείνη την ημέρα. Οι συγκεκριμένοι μαθητές παρουσιάστηκαν με σαφώς βελτιωμένη επίδοση. Κατανόησαν τα βήματα των δρόμων για τη λύση των ασκήσεων τόσο εύκολης όσο και της δύσκολης μορφής.
Βασική υπόδειξη της έρευνας είναι επίσης η επανάληψη της αξιοποίησης τόσο του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού λογισμικού όσο και η αξιολόγηση των βιωματικών εργαστηριακών δραστηριοτήτων, ώστε να καταγραφεί η επίδρασή τους στη μάθηση των μαθητών στο συγκεκριμένο περιεχόμενο.
Σχετικά με το θέμα δημιουργίας και διατήρησης των ΕΚΜ προτείνεται η υιοθέτηση της έρευνας δράσης (Calhoun 1994) από ομάδες εκπαιδευτικών, ώστε να καταγραφεί και στα ελληνικά εκπαιδευτικά δρώμενα αισθητή εμφάνιση της καινοτομίας των ΕΚΜ. Η παρούσα έρευνα, αναμένει την επιβεβαίωσή της και από άλλες εφαρμογές ΕΚΜ που έχουν ανάλογο προσανατολισμό.

5. Βιβλιογραφία

Κατσαρού, Ε. & Τσάφος, Β. (2003). *Από την Έρευνα στη Διδασκαλία*. Αθήνα: Εκδόσεις Σαββάλα.

Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π. & Κάλλη, Α. (2013). *Χημεία Α΄ Λυκείου*. Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Παλίλης, Β., Πολυζώης, Γ., Τσιγαρίδας, Η., Μανούρη, Ο., Σπυρόπουλος, Χ., Τζέγκας, Χ., Τσέκος, Π., (1998**)**. Εννοιολογικός χάρτης των βασικών μεγεθών της Χημείας. *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*, Αθήνα, 4-6 Δεκεμβρίου 1998.

Παλίλης, Β., Πολυζώης, Γ., Σπυρόπουλος, Χ., Τζέγκας, Χ. (1999). Εφαρμογή των φύλλων εργασίας του Excel στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνέδριου Πληροφορική & Εκπαίδευση*, Ιωάννινα, 14-15 Μαΐου 1999.

Σταυρίδου, Ε. (2011). *Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης. Βασικό επιμορφωτικό υλικό. Τόμος Β, ΠΕ-04.* Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Ault, A. (2001).How to Say How Much: Amounts and Stoichiometry. *Journal of Chemical education, 78 (10)*, 1347 – 1349.

Barb, C., Quinn, A. L. (1997). Problem Solving Does Not Have to Be a Problem. *Mathematics Teacher 90* (7), 536-541.

Bennett, A., Maier, E. (1996). A Visual Approach to Solving Mixture Problems. *Mathematics Teacher 89* (2), 108-111.

Calhoun, E. F. (1994).*How to Use Action Research in the Self-Renewing School*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.

Coburn, C., E., Russell, J., L. (2008). Getting the most out of professional learning communities and coaching: Promoting interactions that support instructional improvement. *Learning policy brief, 1*(3), 1-4.

Cohen, L. & Manion, L. (2000). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. Μεταίχμιο.

Darling-Hammond, L. & Richardson, N. (2009). Research review/teacher learning: What matters. *Educational leadership, 66*(5), 46-53.

DuFour, R. (2004). Professional Learning Communities: A Bandwagon, an Idea Worth Considering, or Our Best Hope for High Levels of Learning? *Middle School Journal (J1), 39*(1), 4-8.

Eteokleous, N., Hadjithoma, C. (2007). Ict in Primary Schools: Explaining the Integration in Relation to the Context. *Mediterranean Journal of Educational Studies, 12*(1),1-25.

Ferrance, E. (2000). *Action Research*. Northeast and Islands Regional Educational Laboratory at Brown University.

Fullan, M. (2006). *Change theory: A force for school improvement*. Centre for Strategic Education, Victoria 2006.

Furió, C., Azcona, R., Guisasola, J. & Ratcliffe, M. (2000). The Learning and Teaching of the Concepts 'Amount of Substance' and 'Mole': A Review of the Literature. *Chemistry Education, 3*, 277 - 292.

Ghaffari, S. (2006). A Laboratory Experiment Using Molecular Models for an Introductory Chemistry Class. *Journal of Chemical education 83* (8), 1182-1184.

Hord, S. (1997). *Professional learning communities: Communities of continuous inquiry and improvement*. Austin, TX: Southwest Educational Development Laboratory.

Kemmis, S. (2001). Exploring the relevance of critical theory for action research: Emancipatory Action Research in the Footsteps of Jürgen Habermas. In P. Reason & H.

Koshy, V. (2005). *Action Research for Improving Practice: A Practical Guide*. London: Paul Chapman Publishing.

Kruse, S. D. & Louis, K. S. (1993). An Emerging Framework for Analyzing School-Based Professional Community.

Malcolm, S. A., Rollnick, M. & Mavhunga, M. E. (2014). Conceptualization of the Molee: An Argument for a Refined Conception of the Molee for Effective Teaching of Stoichiometry. *Presented as a Short Paper at the 22nd Annual Conference of SAARMSTE*. 13-16 January 2014, at the Nelson Mandela Metropolitan University, Port Elizabeth, South Africa.

Mammino, L. (2008). Teaching chemistry with and without external representations in professional environments with limited resources. In *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 155-185). Dordrecht: Springer.

Mason, J. (2003). *Η διεξαγωγή της ποιοτικής έρευνας*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.

Meija, J., Bisenieks, J (2004). Mathematical Charm in Chemistry Problems. *Journal of Chemical education, 81* (7), 995-996.

Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2006). The theory underlying concept maps and how to construct them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008. *Florida Institute for Human and Machine Cognition*. Available at: http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf.

National Council of Teachers (NCTE). (2010). Teacher Learning Communities. *The Council Chronicle,* November 2010.

National Research Council (NRC). (2006). *America's lab report: Investigations in high school science*. Washington, DC: National Academy Press

Orphanos, S. (2014). How professional learning communities affect teacher learning and teaching practices. Retrieved January ,12 2015 http://www.academia.edu/5090785/_How_professional_learning_communities affect_teacher_learning_and_teaching_practices

Padilla, K. & Furio-Mas, C. (2008). The importance of history and philosophy of science in correcting distorted views of 'amount of substance'and 'molee'concepts in chemistry teaching. *Science & Education, 17*(4), 403-424.

Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the horizon, 9*(5), 1-6.

Reason, P. (2006). Choice and quality in action research practice. *Journal of Management Inquiry*, *15*(2), 187-203.

Robinson, V. M. J., Lloyd, C. A. & Rowe, K. J. (2008). The impact of leadership on student outcomes: An analysis of the differential effects of leadership types. *Educational Administration Quarterly*, *44* (5), 635-674.

Schön, D. A. (1983). *The Reflective Practitioner, How Professionals Think in Action.* London: Temple Smith.

ΠΟΣΟ ΕΓΚΥΡΑ ΕΙΝΑΙ ΤΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΟΤΑΝ Η ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΡΙΖΕΤΑΙ ΑΠΛΑ ΣΕ ΕΛΕΓΧΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΩΝ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΠΛΩΝ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΩΝ?

Γεώργιος Ιωαννίδης
ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Πατρών

Περίληψη

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι η διερεύνηση της εγκυρότητας των τελικών συμπερασμάτων σε διάφορες εργασίες διδακτικής θετικών επιστημών. Το κύριο πρόβλημα εντοπίζεται στην απλή χρήση στατιστικών μεθόδων στην ανάλυση των δεδομένων, με πρακτικές που είναι απλές ως προς την εφαρμογή, ενώ καταλήγουν σε συμπεράσματα συχνά απλοϊκά και μη υποστηριζόμενα από τις μετρήσεις. Ενώ η επαναλαμβανόμενη χρήση αποκλειστικά στατιστικών εργαλείων και μεθόδων είναι πραγματικά απλή αριθμητικά, παραγνωρίζει την ύπαρξη συστηματικών (μη-στατιστικών) πειραματικών σφαλμάτων μέτρησης, ο μη συνυπολογισμός των οποίων είναι αιτία ικανή να οδηγήσει στην εξαγωγή εσφαλμένων συμπερασμάτων. Ερμηνεύεται έτσι η μη επαναληψιμότητα των πειραμάτων και τα όποια αμοιβαία αντικρουόμενα συμπεράσματα, ενώ δίνονται και ορισμένες βελτιωτικές προτάσεις.

Abstract

The aim of the present study is the investigation of the validity of various results in education research, due to the way these have been derived from the data taken. The use of simple statistical tools for data analysis is seen as the mail culprit, leading to results that are not supported by the quality of the data taken. The repeated use of purely statistical tools, albeit simple in execution as it really is, ignores the presence of systematic (non-statistical) measurement errors. It is precisely this failure during data analysis that very often leads to erroneous results. The non-repeatability of various experiments is thus explained, while some suggestions are offered to improve the situation.

1. Εισαγωγή - Η φύση του γενικότερου προβλήματος: η μη επαναληψιμότητα των διαφόρων πειραματικών συμπερασμάτων

Τα τελευταία έτη έχει αρχίσει να γίνεται αντιληπτό ότι ένα μεγάλο μέρος από τις ερευνητικές μετρήσεις (σε διάφορα γνωστικά πεδία), πολλές από τις οποίες δημοσιεύονται, δεν είναι δυνατόν να επιβεβαιωθούν από άλλα πειράματα που ενώ μετρούν τα ίδια πράγματα το κάνουν με διαφορετικό τρόπο. Έτσι τίθεται θέμα εγκυρότητάς τους. Συγκεκριμένα, διαδοχικά πειράματα καταλήγουν σε αντίθετα συμπεράσματα στα ίδια ερωτήματα, προκαλώντας πλήρη σύγχυση. Όπως αναφέρει και ο J.P.A. Ioannidis (2005), «τα περισσότερα ερευνητικά συμπεράσματα είναι τελείως εσφαλμένα, για τους περισσότερους ερευνητικούς σχεδιασμούς και για τα περισσότερα γνωστικά πεδία». Συμπερασματικά, «η πιθανότητα για κάποιο από τα συμπεράσματα μιας έρευνας να είναι ορθό μπορεί να εξαρτάται από το πόσο ισχυρή είναι η μελέτη όπως και τα συστηματικά σφάλματα, τον αριθμό των άλλων μελετών που έχουν διεξαχθεί πάνω στο ίδιο θέμα, και, το σημαντικότερο, το λόγο των επαληθευμένων προς τους μη επαληθευμένους συσχετισμούς από αυτούς που διερευνήθηκαν, για κάθε επιστημονικό

πεδίο». Τίθεται, λοιπόν, θέμα επαναληψιμότητας (και άρα εγκυρότητας) των διαφόρων πειραματικών συμπερασμάτων.
Σε ερευνητικά πεδία όπως η μέτρηση της εκπαιδευτικής αποτελεσματικότητας στην διδασκαλία Θετικών επιστημών, το θέμα περιπλέκεται περεταίρω. Ενώ οι μέθοδοι ανάλυσης των δεδομένων είναι παρόμοιες με αυτές της ιατρικής και φαρμακολογίας λόγου χάριν, και υπάρχει επιπλέον και η ομοιότητα του ότι έχουν να κάνουν με ανθρώπους και υφίστανται πάντα οι ατομικές διαφορές μεταξύ τους, υπάρχουν και διαφορές. Πρέπει, επίσης, να συνεκτιμηθεί το γεγονός ότι τα αποτελέσματα κάθε μορφής αλλαγής στην διδασκαλία παίρνουν πολύ περισσότερο χρόνο ώστε να πιστοποιηθούν από ότι λ.χ. ένα φάρμακο όπου οι ερευνητές μετρούν την πορεία ίασης των ασθενών (- ή αντίθετα να διαπιστώνουν άμεσα και με τραγικό τρόπο τα αποτελέσματα). Έτσι, λόγω ακριβώς της μη αμεσότητας στην επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων μέσω πολλαπλών ελέγχων γνώσης (σε διάφορες ηλικίες των ίδιων μαθητών ή και σε άλλους μαθητές ίδιας ηλικίας), είναι ακόμα πιο σημαντικό να είμαστε σίγουροι για τα αποτελέσματα των όποιων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων κάνουμε.
Το ότι υπάρχει, λοιπόν, πρόβλημα πρέπει να θεωρείται ως δεδομένο, τουλάχιστον δυνητικά – καθότι λίγοι ασχολούνται με την επιβεβαίωση αποτελεσμάτων άλλων, ή και προηγουμένων δικών τους. Πάντως, ανεξάρτητα με το είδος της εκπαιδευτικής παρέμβασης που μελετάται, ελάχιστες είναι οι περιπτώσεις μη θετικών αποτελεσμάτων – ακριβώς όπως και στα προαναφερθέντα ερευνητικά πεδία. Η παρούσα μελέτη ασχολείται με τις διάφορες αιτίες του γενικότερου αυτού φαινομένου, με έμφαση όμως στις εφαρμογές στην διδασκαλία Θετικών Επιστημών.
Ενώ οι αιτίες αυτής της μη επαναληψιμότητας των αποτελεσμάτων είναι σύνθετες (και κάθε φορά διαφορετικές στην λεπτομέρεια), ο πρώτος και κύριος λόγος εντοπίζεται στην μη σωστή αντιμετώπιση των εκάστοτε συστηματικών σφαλμάτων κάθε μέτρησης, είτε αυτά εμπίπτουν στην κατηγορία των bias που ίσως και να μπορούν να αντιμετωπιστούν, είτε εμπίπτουν στην κατηγορία του τελικού «παραμένοντος συστηματικού σφάλματος» οπότε απλά πρέπει να συνυπολογίζονται στην διαμόρφωση του εκάστοτε συνολικού σφάλματος, επηρεάζοντας όμως και τα συμπεράσματα, όπως είναι φυσικό. Η πρώτη, λοιπόν, αιτία έχει ως βάση την πλημμελή εφαρμογή μεθοδολογιών μέτρησης, όπως λ.χ. αυτές των Φυσικών επιστημών.
Η δεύτερη αιτία του φαινομένου της μη επαναληψιμότητας των αποτελεσμάτων μπορεί να αναζητηθεί στην απλή χρήση στατιστικών μεθόδων και συναρτήσεων στην επεξεργασία των δεδομένων, πρακτικές που βασικό πλεονέκτημα έχουν το ότι είναι συνολικά απλές ως προς την εφαρμογή τους. Σε συνδυασμό με την προαναφερθείσα αιτία (δηλαδή της μη ορθής αντιμετώπισης των εκάστοτε συστηματικών σφαλμάτων) καταλήγουν, έτσι, σε συμπεράσματα συχνά απλοϊκά, που δεν υποστηρίζονται από τις μετρήσεις. Η δεύτερη, άρα αιτία έχει ως βάση την πλημμελή χρήση μεθόδων πραγματικής στατιστικής επαγωγής, θεωρίας πιθανοτήτων και θεωρίας αποφάσεων, γενικά δηλαδή των Μαθηματικών.

2. Η έννοια του «σφάλματος» και η διαφοροποίησή του από το «λάθος»

Τα ακόλουθα αφορούν μετρήσεις κάθε μορφής και άρα επηρεάζουν έρευνες κάθε ειδικότητας, είτε αυτές αναφέρονται στις ανθρωπιστικές επιστήμες είτε στις θετικές, είτε στις εφαρμογές τους, ισχύουν δε γενικά όποτε γίνεται κάποια μέτρηση (ή παρατήρηση) οποιουδήποτε μεγέθους με οποιονδήποτε τρόπο και αν έχει ληφθεί (λ.χ. είτε ερωτηματολόγιο είτε βολτόμετρο).
Κάθε μέτρηση ενός οποιουδήποτε μεγέθους χαρακτηρίζεται από μια αβεβαιότητα που ονομάζουμε σφάλμα. Οι έννοιες «σφάλμα» και «λάθος» είναι τελείως διαφορετικές και δεν πρέπει να συγχέονται μεταξύ τους. Τα σφάλματα μέτρησης (ή παρατήρησης) μπορούν να χαρακτηριστούν και να κατηγοριοποιηθούν. Συγκεκριμένα, μπορούν να διαχωριστούν: (α)

στα συστηματικά σφάλματα και (β) στα τυχαία (ή στατιστικά) σφάλματα. Οι δύο αυτές κατηγορίες σφαλμάτων, μπορούν να υπολογιστούν και στη συνέχεια να αθροιστούν, ώστε να προκύψει το τελικό σφάλμα μέτρησης. Όπως είναι λογικά αναμενόμενο, το άθροισμα αυτό γίνεται διανυσματικά, καθότι οι δύο κατηγορίες είναι τελείως ανεξάρτητες μεταξύ τους. Εδώ ισχύει το ότι «ανεξάρτητες ποσότητες σημαίνει κάθετα διανύσματα», ακριβώς όπως στην διανυσματική πρόσθεση ταχυτήτων σε κάθετους άξονες, ή στον υπολογισμό της σύνθετης αντίστασης RLC, στον ηλεκτρισμό. Έτσι προκύπτει το εκάστοτε τελικό σφάλμα μέτρησης, το οποίο και διαφέρει από μέτρηση σε μέτρηση (ακόμα και για την ίδια έρευνα), διότι εξαρτάται από το εκάστοτε μετρούμενο μέγεθος. Το τελικό σφάλμα που υπολογίζεται είναι διαφορετικό για κάθε σημείο διαγράμματος, και για οποιοδήποτε πειραματικό διάγραμμα ή ιστόγραμμα. Αυτή η διαφοροποίηση των τελικών σφαλμάτων μεταξύ τους επηρεάζει άρα (α) κάθε σύγκριση μεταξύ διαφόρων μετρήσεων στο ίδιο διάγραμμα ή και (β) κάθε σύγκριση μεταξύ διαφορετικών διαγραμμάτων. Ερευνητικά, αυτό είναι ταυτόσημο με το να πούμε ότι η διαφοροποίηση επηρεάζει την σύγκριση μεταξύ μετρήσεων διαφόρων δειγμάτων ή και καταστάσεων. Έτσι, για να μπορούμε να εκφέρουμε γνώμη για το αν μια διδασκαλία πέτυχε ή όχι (λ.χ. πόσο καλή ήταν η πειραματική εκπαιδευτική παρέμβαση), χρειάζεται να υπολογιστεί το συνολικό σφάλμα για κάθε μια από τις μετρήσεις που έγιναν – δηλαδή για κάθε σημείο κάθε διαγράμματος. Άλλωστε, σε κανένα αποτέλεσμα δεν μπορεί να προσδοθεί οποιαδήποτε αξία, αν δεν υποστηρίζεται από μία αντικειμενική εκτίμηση του συνολικού σφάλματος μέτρησης, για κάθε τι που συγκρίνεται.

Αυτό συμβαίνει διότι το αν υπάρχει ή όχι διακριτή διαφορά μεταξύ των σημείων που συγκρίνονται, θα εξαρτηθεί από το πόσο μεγάλο είναι το συνολικό πειραματικό σφάλμα για τα συγκεκριμένα σημεία που συγκρίνονται. Τέτοιες μετρήσεις αντιστοιχούν στο όποιο μετρούμενο μέγεθος όπως λ.χ. σε γνώμη-άποψη μαθητή σε σχέση με κάποιο Φυσικό φαινόμενο. Όλα τα σφάλματα εξαρτώνται από την φύση αυτού που μετριέται, αλλά διαφέρουν ακόμα και μεταξύ σημείων του ίδιου ιστογράμματος με διαφορετικό αριθμό μαθητών που επέλεξαν αυτήν την απάντηση.

3. Τα συστηματικά σφάλματα

Τα συστηματικά σφάλματα (systematic errors) είναι μη τυχαία σφάλματα, που όμως περιορίζουν την αξιοπιστία μιας μέτρησης. Θα πρέπει να τονιστεί ότι τα συστηματικά σφάλματα δεν μειώνονται καθόλου όταν αυξηθεί το πλήθος των μετρήσεων (του δείγματος). Πηγάζουν από διάφορες αιτίες, και επειδή καμία πειραματική μέθοδος μέτρησης ή παρατήρησης δεν μπορεί να αποφύγει τα συστηματικά σφάλματα, καμία έρευνα οποιασδήποτε μορφής δεν έχει μηδενικά συστηματικά. Αντιθέτως, τα συστηματικά σφάλματα είναι πανταχού παρόντα σε όλες τις μετρήσεις και (παρά την κοινή πρακτική σε ορισμένους κλάδους) δεν πρέπει να αποφεύγεται ο προσδιορισμός τους, όσο δύσκολο και αν είναι αυτό.

Ο μη προσδιορισμός τους ισοδυναμεί, πρακτικά, με σιωπηλή παραδοχή ενός δήθεν μηδενισμού τους (- κάτι που είναι σίγουρα λάθος). Τα συστηματικά, είτε είναι (α) τύπου bias, είτε (β) απλά συνεισφέρουν στο συνολικό σφάλμα ως "παραμένοντα συστηματικά σφάλματα" στα αριθμητικά αποτελέσματα, ακόμα και μετά τις όποιες τυχόν αναγωγές και αφαιρέσεις, μειώνοντας έτσι την εγκυρότητα των μετρήσεων και άρα των τελικών αποτελεσμάτων. Σημειώνεται εδώ ότι αν βρεθεί κάποιος (πειραματικά ορθός) τρόπος προσδιορισμού των τύπου bias συστηματικών σφαλμάτων αυτά μπορεί να αφαιρεθούν από την πειραματική μέτρηση – και πρέπει να γίνει. Αν δεν υπάρχει τρόπος ούτε να μετρήσουμε ούτε καν να εκτιμήσουμε το bias (λ.χ. δεν γνωρίζουμε αν είναι προς το να αυξάνει ή να ελαττώνει την μέτρησή μας) τότε, επειδή ακριβώς δεν είναι πρακτικά δυνατή η οποιαδήποτε

αριθμητική παρέμβαση (με αναγωγή των μετρήσεων), θα πρέπει οπωσδήποτε να αυξηθεί η εκτίμηση του "παραμένοντος συστηματικού σφάλματος", κατά την ανάλυση των δεδομένων.
Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για την ταξινόμηση των συστηματικών σφαλμάτων σε σχέση με την προέλευσή τους (και η ταξινόμηση αυτή είναι ανεξάρτητη του αν είναι προς μία κατεύθυνση –δηλαδή bias- ή όχι). Αυτό επειδή πολλά από τα συστηματικά μπορούν και να προβλεφθούν και ίσως και να αντιμετωπιστούν (ή τελικά απλά να εκτιμηθούν ακριβέστερα), αν ταξινομηθούν και κατηγοριοποιηθούν σύμφωνα με κάποια κοινά χαρακτηριστικά, αν τους αποδοθεί ένας κατάλληλος ορισμός και αν γίνει μία περιγραφή των κατάλληλων προληπτικών μέτρων (Sackett 1979). Η σύγχρονη προσέγγιση είναι η ταξινόμηση σε 3 κατηγορίες: (α) στα συστηματικά σφάλματα επιλογής (selection biases), (β) στα συστηματικά σφάλματα πληροφορίας (information biases) και (γ) στους συγχυτές, (confounders) – (βλέπε Grimes et al. 2002, ενώ για την μετάφραση του όρου βλέπε Mellou & Sparos 2005).
Το συστηματικά σφάλματα δεν εξορκίζονται με το να αγνοούνται στην ανάλυση δεδομένων, αντίθετα ενυπάρχουν, και συχνά ανατρέπουν τα τελικά αποτελέσματα. Έτσι, κατά τη διάρκεια κάθε πειράματος, είναι γνωστό ότι κατά πάσα πιθανότητα υποπίπτουμε σε κάποια συστηματικά σφάλματα. Ενώ αυτό είναι βέβαιο, το ζητούμενο είναι να εκτιμηθεί ποσοτικά η τάξη μεγέθους του σφάλματος που εμπεριέχεται. Όμως, αυτό καθίσταται δυνατόν μόνο αν συγκριθεί η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε με κάποια άλλη που θεωρείται «πρότυπο». Αυτό αποτελεί τον μόνο τρόπο ώστε να ποσοτικοποιηθούν τα συστηματικά σφάλματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα διάπραξης συστηματικού σφάλματος είναι το εξής: Επιχειρείται η μέτρηση ενός μήκους (λ.χ. 8 μέτρα) με ένα χάρακα 1m. Αν ο συγκεκριμένος χάρακας που θα χρησιμοποιηθεί δεν έχει μήκος ακριβώς 1 μέτρο αλλά -λόγω κατασκευαστικών ατελειών- είναι κάπως «ελαττωματικός» με συνέπεια το πραγματικό του μήκος να μην είναι 100cm, αλλά 99,8cm για παράδειγμα, τότε το υπό μέτρηση μέγεθος (μήκος) δεν είναι 8 X 100cm = 800cm, αλλά 8 X 99,8cm=798,4cm. Επιπλέον, μπορεί ο χάρακας να χρησιμοποιείται (ή να διαβάζεται) με ανακριβή τρόπο, κάτι που αποτελεί άλλη αιτία που προκαλεί τη γέννηση του συστηματικού σφάλματος. Άλλα παραδείγματα ακριβέστερων «πρότυπων» οργάνων (στην Φυσική) αποτελούν τα μαγνητόμετρα nuclear magnetic resonance NMR (αντί αυτών φαινομένου Hall) ή επιταχυνσιόμετρα ύψιστης ακρίβειας (αντί των απλών micro-electromechanical systems MEMS), τα οποία χρησιμοποιούνται για την εκ των υστέρων βαθμονόμηση των απλούστερων οργάνων. Άπαξ και εντοπιστεί οποιασδήποτε κατηγορίας και προέλευσης συστηματικό σφάλμα και υπολογιστεί αριθμητικά το μέγεθός του, μπορεί (και πρέπει) να αφαιρεθεί (με σωστό πρόσημο) από τις μετρήσεις, οι οποίες θα παρουσιαστούν απαλλαγμένες από το (όπως τότε ονομάζεται) bias. Η αναγωγή, με σκοπό την αφαίρεση του bias εκτελείται με απλή αναγωγή (αναλογικά) ή ακόμα και με χρήση εξειδικευμένων τεχνικών προσομοίωσης με Η/Υ - δηλαδή με τεχνικές "Monte Carlo simulation" (για μία εισαγωγή βλέπε: https://en.wikipedia.org/wiki/Monte_Carlo_method), η ανάλυση των οποίων, όμως, υπερβαίνει την παρούσα μελέτη.
Εξειδικευμένο (αλλά κοινότατο) παράδειγμα συστηματικού σφάλματος τύπου bias είναι, όσον αφορά ιατρική και φαρμακολογία, το φαινόμενο placebo (δηλαδή του εικονικού φαρμάκου που λόγω αυθυποβολής προκαλεί κάποια ίαση). Το, κατά κάποιον τρόπο, αντίστοιχο φαινόμενο στην διδασκαλία Θετικών Επιστημών είναι η (όποια) βελτίωση μάθησης που προκαλείται λόγω της αύξησης του ενδιαφέροντος των μαθητών, λόγω του διάφορου της διδασκαλίας (π.χ. νέοι δάσκαλοι, νέα μέσα, νέοι μέθοδοι) και όπως στην ιατρική είναι πάντοτε προς θετική κατεύθυνση. Και ενώ μεν σε ενδελεχείς ερευνητικές μετρήσεις πάντα χρησιμοποιείται και δεύτερο δείγμα μαθητών (για έλεγχο) όπου η διδασκαλία γίνεται χωρίς τις νέες (πειραματικές) μεθόδους διδασκαλίας, αυτό δεν ακολουθείται πάντα. Επιπροσθέτως, πόσο όμοια είναι τα δύο δείγματα, ενώ μήπως υπάρχει σε αυξημένο βαθμό τέτοιο φαινόμενο "placebo" στην πειραματική ομάδα, σε σχέση με την

μονάδα ελέγχου? Η όποια νέα πειραματική μέθοδος (συχνά με Η/Υ) είναι, άλλωστε, αναμενόμενο να δημιουργεί πρόσθετο ενδιαφέρον στους μαθητές.
Υπάρχουν όμως και συστηματικά σφάλματα τα οποία δεν είναι δυνατόν να υπολογιστούν από μία ακριβέστερη μέτρηση, δηλαδή με κάποια ακριβέστερη διαδικασία. Λόγου χάρη, στο προηγούμενο παράδειγμα μέτρησης μήκους, για να μετρήσουμε την ακρίβεια του χάρακα, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας ακριβέστερος, ενώ ταυτόχρονα η μέτρηση πρέπει να γίνει με τρόπο που να είναι ιδιαίτερα ακριβής και χρονοβόρος. Τι γίνεται όμως αν δεν υπάρχει τέτοιος ακριβέστερος χάρακας; Ακόμα και αν υπάρχει κάποιο πρότυπο, πόσο σίγουροι μπορεί να είμαστε (τελικά) για την ακρίβεια αυτού του νέου πρότυπου; Σε εκπαιδευτική έρευνα, πόσο αντιπροσωπευτικό είναι το δείγμα των παιδιών στο συγκεκριμένο σχολείο που χρησιμοποιήθηκε ερευνητικά, ή επίσης όποιοι οι δάσκαλοι των προηγουμένων τάξεων σε σχέση με τους υπολοίπους στο σχολείο; Και το ίδιο το σχολείο, πόσο αντιπροσωπευτικό είναι σε σχέση με άλλα σχολεία όλης της χώρας, και πώς μπορεί να ποσοτικοποιηθεί κάτι τέτοιο; Είναι καλύτερο από τον μέσο όρο ή ίσως χειρότερο; Το ποσοστό των παιδιών που δεν χρησιμοποιούν Ελληνικά στο σπίτι είναι και αυτό κοντά στον μέσο όρο της χώρας; Τέτοια σφάλματα που πηγάζουν από τις διαδικασίες επιλογής δείγματος είναι συστηματικά σφάλματα επιλογής. Παρ όλα ταύτα, αυτού του τύπου τα σφάλματα (λόγω δείγματος) αποτελούν απλά και μόνο μια από τις πηγές συστηματικών σφαλμάτων – υπάρχουν και πολλές άλλες. Λόγου χάρη, πόσο σίγουροι είμαστε για την ορθότητα της διαδικασίας μέτρησης που χρησιμοποιήθηκε; Πόσο ίδιοι μεταξύ τους είναι οι δάσκαλοι ερευνητές, αν το δείγμα περιλάμβανε πολλά σχολεία και πολλούς δασκάλους; Ή πόσο αντιπροσωπευτικοί είναι αυτοί οι δάσκαλοι σε σχέση με τον μέσο όρο δασκάλων της χώρας; Αυτή ακριβώς η έλλειψη εμπιστοσύνης για το τελικό "μέτρο" με το οποίο συγκρίνουμε, όπως και για την διαδικασία που ακολουθήθηκε, αποτελεί το μέτρο του τελικού «παραμένοντος συστηματικού σφάλματος» για την μέτρηση αυτή, και μπορεί να προέρχεται από πολλές πηγές. Για πιο σύνθετες μετρήσεις (λ.χ. ένα οποιοδήποτε σύνθετο ερωτηματολόγιο που ελέγχει γνώσεις μαθητών) αυτό το παραμένον συστηματικό σφάλμα είναι ακόμα μεγαλύτερο, ακριβώς επειδή η μέτρηση είναι πιο σύνθετη. Λόγου χάρη, πόσο ξεκάθαρα αντιληπτή είναι κάθε ερώτηση από τους μαθητές; Είναι όλες εξίσου δύσκολα αντιληπτές (σε περίπτωση εσωτερικής σύγκρισης των μαθητικών απαντήσεων);
Συμπερασματικά, η συμβολή των συστηματικών σφαλμάτων στις μετρήσεις που γίνονται στα πλαίσια ερευνών στις ανθρωπιστικές επιστήμες είναι, στην πραγματικότητα, ιδιαίτερα υψηλές (ενίοτε ακόμα και καθοριστικές) στην διαμόρφωση του εκάστοτε τελικού σφάλματος μέτρησης. Υπενθυμίζεται ότι αν το δείγμα είναι πραγματικά μεγάλο, ακριβώς επειδή μειώνονται τα στατιστικά, αυξάνεται (κατ' αναλογία) η συμβολή των συστηματικών στην διαμόρφωση του συνολικού σφάλματος. Ενώ, λοιπόν, ο ερευνητής νομίζει ότι μπορεί να είναι σίγουρος για α συμπεράσματά του, συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο.

4. Τα τυχαία ή στατιστικά σφάλματα

Τα τυχαία (ή στατιστικά) σφάλματα (Random Errors or Statistical Errors), είναι σφάλματα που υπεισέρχονται σε κάθε μέτρηση και την επηρεάζουν με τυχαίο τρόπο και επομένως δεν μπορούν να αφαιρεθούν κατά την επεξεργασία τους. Εάν η μέτρηση αυτή επαναληφθεί, τότε οι τιμές που λαμβάνονται ως αποτέλεσμα της μέτρησης μπορεί να διαφέρουν κατά τι. Λόγω της τυχαίας προέλευσης που τα διακρίνει, (και σε πλήρη αντίθεση με τα συστηματικά) τα τυχαία σφάλματα μπορούν να μειωθούν με αύξηση του αριθμού των μετρήσεων – είναι δηλαδή στατιστικά αντιμετωπίσιμα, από όπου και προέρχεται το δεύτερο όνομά τους Πρόκειται για σφάλματα που σχετίζονται με την ακρίβεια μιας μέτρησης και δείχνουν τις διακυμάνσεις που έχουν οι μετρήσεις της πειραματικής διαδικασίας που γίνονται κάτω από

τις ίδιες φαινομενικά συνθήκες και οδηγούν στην κατανομή των αποτελεσμάτων γύρω από μια μέση τιμή. Τα τυχαία σφάλματα συχνά (αλλά όχι πάντα) παρουσιάζουν μια κανονική κατανομή Gauss. Στις περιπτώσεις που η κατανομή είναι πραγματικά "κανονική" Gaussian, είναι εφικτό να χρησιμοποιηθούν απλές στατιστικές μέθοδοι για την μελέτη των τυχαίων σφαλμάτων. Παραδείγματα προέλευσης τέτοιων τυχαίων σφαλμάτων αποτελούν λ.χ. οι όποιες διαφορές μεταξύ των μαθητών σε μία σχολική μέτρηση (που θεωρούνται ως ενιαίο σύνολο σε μία σχολική τάξη, ενώ δεν είναι), ή η ύπαρξη κάποιας τυχαίας απόσπασης της προσοχής του μαθητή την στιγμή που απαντούσε στην συγκεκριμένη ερώτηση, ή η κούραση και φυσική κατάσταση του συγκεκριμένου μαθητή, μικροασθένεια αυτού μόνο του μαθητή, ή κάτι που είδε στην τηλεόραση τις μέρες πριν την μέτρηση. Αντίθετα, στο ίδιο παράδειγμα, αν όλοι οι μαθητές είχαν δει κάτι σχετικό στο σχολείο τους στα πλαίσια κάποιου άλλου μαθήματος, αυτό θα μετέτρεπε το σφάλμα σε (συστηματικό) bias και θα μπορούσε να επηρεάσει τις μετρήσεις είτε θετικά είτε αρνητικά σε σχέση με το όποιο μετρούμενο μέγεθος (αναλόγως του τι ειπώθηκε). Για όλους τους λόγους που προαναφέρθηκαν, τα τυχαία σφάλματα είναι, γενικά, αναπόφευκτα. Όπως άλλωστε προαναφέρθηκε, ούτε όλοι οι μαθητές είναι ίδιοι, ενώ η διδασκαλία στην τάξη είναι γενικά ενιαία, αλλά και ο πειραματικός τρόπος μέτρησης που χρησιμοποιείται αναφέρεται πάντα στο σύνολο των μαθητών.
Είναι, λοιπόν, φανερό ότι μια απλή παράθεση του μεγέθους N του δείγματος μιας έρευνας είναι και τελείως ανεπαρκής αλλά και (ακόμα χειρότερα) παραπλανητική, σε σχέση με την στάθμιση της συνολικής εγκυρότητας και συνολικής αξίας κάθε μορφής (ποσοτικής) έρευνας, ανεξαρτήτως γνωστικού πεδίου.

5. Τα εργαλεία μέτρησης της γνώσης που διαθέτουμε – ερωτηματολόγια (ανοιχτού και κλειστού τύπου) και συνεντεύξεις

Η εγκυρότητα (validity) ενός εργαλείου-ερωτηματολογίου είναι έννοια πραγματικά διαφορετική και μόνο έμμεσα σχετιζόμενη με αυτήν της πιστότητας (reliability). Ενώ η εγκυρότητα (validity) εξετάζει το κατά πόσον το εργαλείο μετράει αυτό ακριβώς που προσπαθεί να μετρήσει, η πιστότητα (reliability) μετρά το κατά πόσον το εργαλείο μετράει (κάτι οποιοδήποτε) με τρόπο συνεπή και επαναλήψιμο (Tavacol et al. 2008). Και ενώ μεν ένα εργαλείο δεν μπορεί να είναι (με πειραματικά αξιοποιήσιμο τρόπο) έγκυρο (valid) αν δεν είναι κατ' αρχή αρκετά πιστό (reliable), το αντίθετο δεν ισχύει καθόλου, επειδή οι δύο έννοιες διαφέρουν τελείως, με το ένα (την πιστότητα) να αποτελεί (τελικά) αναγκαία αλλά όχι και ικανή συνθήκη ώστε να υπάρξει αρκετή πειραματική εγκυρότητα.
Συμπερασματικά, το αν έχει κάποιο ερωτηματολόγιο χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στο παρελθόν δεν αποτελεί καν ένδειξη εγκυρότητάς του. Δεν υφίσταται η έννοια του "εκ των πρωτέρω" έγκυρου εργαλείου, ερωτηματολογίου, ή τύπου συνέντευξης με ερωτήσεις που έχουν προκαθοριστεί. Αντίθετα, η εγκυρότητα του κάθε ερωτηματολογίου πρέπει να αποδεικνύεται κάθε φορά εκ των υστέρων – δηλαδή μετά την εφαρμογή του με την λήψη των δεδομένων. Πρέπει άρα να αποτελεί ριζικό και αναπόσπαστο τμήμα της ανάλυσης των δεδομένων. Γιατί; Ποια είναι η υποβόσκουσα αιτία; Η πραγματική διαφορά μεταξύ των εννοιών εγκυρότητας (validity) και πιστότητας (reliability) συνίσταται, από την σκοπιά ενός έμπειρου πειραματικού, στην ύπαρξη των συστηματικών σφαλμάτων τα οποία, όπως προαναφέρθηκε, αποτελούν ριζικά διαφορετικό τύπο σφαλμάτων από τα τυχαία (ή στατιστικά) σφάλματα και (εξ ορισμού) είναι ανεξάρτητα (και άρα δεν επηρεάζονται) από το πλήθος N του δείγματος.
Πάντως, ανεξάρτητα του σε ποια από τις δύο κατηγορίες συστηματικών ανήκουν (δηλαδή bias ή παραμένοντα συστηματικά), τα σφάλματα αυτά αποτελούν την πραγματική (και υποβόσκουσα) αιτία της ριζικής διαφοράς μεταξύ εγκυρότητας και πιστότητας. Αυτός ακριβώς είναι και ο λόγος που το αν κάποιο εργαλείο αποδείχθηκε ότι ήταν έγκυρο (valid) σε

μία έρευνα (με τα όποια συστηματικά σφάλματα που αυτή περιείχε), δεν αποτελεί ούτε καν ένδειξη εγκυρότητας για μία επόμενη έρευνα, με τα δικά της συστηματικά (που γενικά είναι επόμενο να είναι πολύ διαφορετικά ως προς την φύση και το μέγεθός τους από την προηγούμενη).

6. Η φύση του προβλήματος κατά την ανάλυση των δεδομένων

Τα συστηματικά σφάλματα είναι εκ της φύσης τους πολύ δύσκολο να εκτιμηθούν. Δηλαδή να βρεθεί (α) η αιτία προέλευσής τους και (β) το μέγεθός τους. Επίσης κάθε μαθηματική πράξη που κάνουμε στα πρωταρχικά δεδομένα (raw data) έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του μεγέθους των σφαλμάτων αυτών. Δηλαδή, κάθε διαίρεση πρόσθεση ή πολλαπλασιασμός «προωθεί» το σφάλμα της αρχικής μέτρησης και το διαφοροποιεί, - ποτέ όμως δεν το μειώνει στην ουσία, αντίθετα πάντα το αυξάνει. Η πραγματική αιτία της συνεχούς αύξησης του σφάλματος, πρέπει να αναζητηθεί στο δεύτερο θερμοδυναμικό αξίωμα (δηλαδή της συνεχούς αύξησης της Εντροπίας), όπως αυτό εφαρμόζεται στην Πληροφορική, κατά τον C. Shannon.
Αυτή η διαφοροποίηση του σφάλματος (ώστε να φθάσουμε στο σφάλμα του τελικού πειραματικού αποτελέσματος που συνήθως παρουσιάζεται υπό μορφή κάποιου διαγράμματος) είναι δυνατόν να υπολογιστεί με την διαδικασία που ονομάζεται «διάδοση σφάλματος» ή “error propagation”. Ενώ όμως είναι δυνατόν να γίνει τέτοιος υπολογισμός, αυτό συμβαίνει πολύ σπάνια.
Διευκρινίζεται ότι ακόμα και ένας απλός υπολογισμός κάποιας συνάρτησης (από αυτές που συχνά χρησιμοποιούνται στη πειραματική ανάλυση – λ.χ. μίας στατιστικής συνάρτησης) εμπεριέχει την διάδοση σφαλμάτων που επηρεάζουν το αριθμητικό αποτέλεσμα της συνάρτησης, και ενώ αυτό θα πρέπει να συνυπολογίζεται στην εξαγωγή των επιμέρους (ή και τελικών) συμπερασμάτων, αυτό συμβαίνει και πάλι πάρα πολύ σπάνια (- ιδιαίτερα σπάνια).
Πάντως, ένας πολύ δοκιμασμένος τρόπος για να εκτιμήσει ο ερευνητής την ποιότητα των πειραματικών δεδομένων που έχει πάρει, είναι μέσω σχηματισμού διαφόρων γραφημάτων και διεξοδικής παρατήρησης τους, όπως και συσχετισμού μεταξύ των γραφημάτων αυτών.

7. Ο έλεγχος ερευνητικών υποθέσεων ως μέθοδος εξαγωγή γενικών αποτελεσμάτων

Συνεχίζεται, σε διάφορα άρθρα, η ανορθολογική χρήση διαφόρων απλών στατιστικών συναρτήσεων (μη Μπαεσιανής στατιστικής) όπως η “Kuder-Richardson Coefficient of reliability (K-R 20)”, για δυαδικά δεδομένα, ή όπως αυτή τροποποιήθηκε από τον Hoyt για εκλαϊκευθεί ως “Cronbach-alpha” για μη δυαδικά δεδομένα, δηλαδή αυτά που περιλαμβάνουν κάποια στάθμιση εκ μέρους του μαθητή (και όχι απλά ερωτήσεις σωστό/λάθος). Αυτά θεωρούνται ότι είναι κατάλληλα για τον έλεγχο ερωτηματολογίων.
Τέτοιες συναρτήσεις μετράνε μόνο την “εσωτερική πιστότητα” (internal consistency) μιας συγκεκριμένης χρήσης (δοκιμής) ενός ερωτηματολογίου, σε ένα συγκεκριμένο δείγμα – μετράνε άρα μια όψη της πιστότητας (reliability) (Cortina J. 1993). Συγκεκριμένα μετριέται το πόσο πολύ οι απαντήσεις στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου συσχετίζονται μεταξύ τους (υπολογίζεται ανά ζεύγος αυτών) – οπότε θα μπορούσε να υποτεθεί ότι ίσως δεν είναι οι μαθητές που “παρασύρονται” αλλά ότι στην πραγματικότητα (μέχρι ένα βαθμό) οι ερωτήσεις μετρούν το ίδιο πράγμα (κάτι που μπορεί να γίνεται ακόμα και επίτηδες - ερευνητικά), ή απλά τους ερωτάται με ελαφρά διαφορετικό (και μη διακριτό από αυτούς) τρόπο, η ίδια πραγματικά ερώτηση –με στόχο τον εσωτερικό έλεγχο.
Επιπλέον η “εσωτερική πιστότητα” (internal consistency) δεν είναι καν ταυτόσημο με την πιστότητα (reliability). Οι δύο αυτές έννοιες, εκτός από την λεκτική τους διαφορά στην Αγγλική, είναι φανερό ότι διαφέρουν μεταξύ τους και από το ότι: (α) η “εσωτερική

πιστότητα" ισχύει για συγκεκριμένη μέτρηση και μόνο, με συγκεκριμένο δείγμα παιδιών και συνθήκες μέτρησης, (β) ελέγχει τον αριθμητικό συσχετισμό των απαντήσεων, στο σύνολο των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου, (γ) η τελική τιμή εξαρτάται και από τον αριθμό των ερωτήσεων όπως και το πόσο πλησίον βρίσκονται, εννοιολογικά και λεκτικά, μεταξύ τους.
Γιατί, λοιπόν, να θεωρείται ότι δείχνει κατά πόσο το ερωτηματολόγιο είναι εργαλείο πιστό, δηλαδή μετράει με τρόπο συνεπή και επαναλήψιμο?
Συνήθως, ο απώτερος λόγος που υπολογίζονται τέτοιες συναρτήσεις είναι ως προετοιμασία για την ορθή εφαρμογή ενός ελέγχου κάποιας συγκεκριμένης ερευνητικής υπόθεσης (hypothesis testing). Τέτοιες διαδικασίες είναι κοινές σε κλάδους όπως κυρίως η ιατρική και ψυχολογία, διότι λ.χ. απαντούν στην απλή ερώτηση του αν μία (δοκιμαζομένη) ουσία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φάρμακο, ή (εναλλακτικά) κατά πόσο υπάρχει κάποιο κοινό υποβόσκον αίτιο που έχει ως αποτέλεσμα μερικά (ή και όλα) από όσα μετρούνται κατά την διάρκεια του πειράματος. Στην εκπαίδευση, αυτό που είναι υπό δοκιμή είναι (αντί για φάρμακο) μια νέας μορφής διδακτική παρέμβαση. Υπενθυμίζεται ότι ακόμα και στην περίπτωση της προαναφερθείσας ορθής χρήσης τους, οι συναρτήσεις πρέπει να υπολογίζονται πάντα ύστερα από κάθε εφαρμογή ερωτηματολογίου σε κάθε δείγμα (δηλαδή a posteriori), και όχι να θεωρούνται σαν (δήθεν) ορθά τα αριθμητικά αποτελέσματα που ελήφθησαν σε παλαιότερα πειράματα με χρήση του ιδίου ερωτηματολογίου (Streiner 2003).
Είναι δηλαδή πληροφορίες για κάτι που συνέβη στο παρελθόν (αποκλειστικά), ενώ δεν παρέχουν τίποτα που μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε υποθετικά, ή ως πρόβλεψη. Πολύ περισσότερο, αν όμως ο σκοπός της έρευνας είναι πιο σύνθετος όπως λ.χ. ερωτήματα κατανόησης ενός μεγάλου εύρους εννοιών στην διδασκαλία επιστημών, η τακτική "ελέγχου υποθέσεων" κρίνεται απλοϊκή (ως απλά δυαδική – λ.χ. αποτελεί φάρμακο ναι ή όχι), και άρα ο υπολογισμός τέτοιων συναρτήσεων είναι είτε περιττός και ακατάλληλος, είτε ακόμα και παραπλανητικός. Δεν είναι απλά ένα θέμα για το αν λ.χ. η χρήση μιας συσκευής ή ενός λογισμικού υποβοηθάει ή όχι την γνώση στους μαθητές. Αντίθετα, το πραγματικό ερώτημα είναι πόσο μεγάλη ήταν η κατανόηση σε κάθε ένα από τα θέματα της διδακτικής παρέμβασης, όπως και το πώς αυτό θα μπορούσε να βελτιστοποιηθεί στην πράξη. Η μελέτη των ιδεών των παιδιών και των (εκάστοτε) παρανοήσεών τους πριν και μετά την παρέμβαση είναι ο κύριος στόχος. Άλλωστε αυτός είναι ο γενικότερος και βαθύτερος στόχος της εκπαιδευτικής έρευνας. Επιπλέον, αυτό οδηγεί και στην ανάλυση κάθε ερώτησης (ερωτηματολογίου) ξεχωριστά, αλλά και κάθε παρανόησης ξέχωρα από την άλλη. Η συστηματική μελέτη των απαντήσεων των παιδιών, κατάλληλα επεξεργασμένες, αποτελεί πάντα τον ερευνητικό στόχο.
Είναι λοιπόν φανερό ότι οι όποιες τιμές εξάγονται από μεθόδους σύγκρισης μεταξύ ομάδας ελέγχου και πειραματικής ομάδας του συνολικού δείγματος, ή οι όποιες τιμές παρέχονται από διάφορες στατιστικές συναρτήσεις (-υπάρχουν αρκετές), απέχουν κατά δύο φορές από το να μετρούν την εγκυρότητα. Πρώτον διότι η μετρούμενη "εσωτερική πιστότητα" (internal consistency) απέχει από την πιστότητα (reliability), και δεύτερον διότι και η reliability απέχει πολύ από την εγκυρότητα (validity). Επί παραδείγματι, όπως είναι γνωστό, η τιμή των προαναφερθέντων KR-20, και Cronbach-alpha αυξάνεται (αριθμητικά) όσο αυξάνεται ο αριθμός των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου, ή ακόμα και όταν οι ερωτήσεις καλύπτουν ένα στενότερο φάσμα εννοιών που ερευνώνται (Schmitt N. 1996). Πώς, λοιπόν, μετά όλα αυτά, θα μπορούσαν να αποτελούν κριτήριο κάποιας υποτιθέμενης απόδειξης ορθότητας?
Άλλωστε, ο Gigerenzer (1991) αναρωτιέται "where are the error-bars in social-science journals" κάτω από την ενότητα "deficits of hypothesis testing", τόσο στο άρθρο όσο επίσης και στο βιβλίο "The Empire of Chance" (Gigerenzer & Porter 1990). Είναι, λοιπόν, φανερό ότι έχουν διατυπωθεί σοβαρές αμφιβολίες σε σχέση με την αλόγιστη εφαρμογή μεθόδων απλής στατιστικής επαγωγής (inference) σε κάθε μορφή ανάλυσης. Και στην Ελλάδα έχουν

παρουσιαστεί οι δυσμενείς επιπτώσεις της παρουσίασης πειραματικών αποτελεσμάτων χωρίς ενδείξεις για τα (συστηματικά και στατιστικά) σφάλματά τους (Ιωαννίδης 2008). Πόσο δε μάλλον, η εξαγωγή ακόμα και συμπερασμάτων από τέτοιου τύπου μετρήσεις.
Επιπροσθέτως, για θέματα διδασκαλίας επιστημών, πρέπει να προβληματίζει οποιαδήποτε προσπάθεια γενικευμένης (και απλής) δυαδικής απάντησης του τύπου "είναι καλό ή ό όχι η χρήση του συγκεκριμένου εργαλείου", αντί της πολύ πιο σύνθετης "πόσο είναι διδακτικά ωφέλιμη, και για διδασκαλία ποιων εννοιών, σε ποια ηλικία, και με ποια μέθοδο". Δεν πρόκειται για φάρμακο.

8. Η εξαγωγή επιμέρους αποτελεσμάτων από την ανάλυση των δεδομένων

Η χρήση των διαφόρων στατιστικών συναρτήσεων ως μέθοδος ελέγχου των δεδομένων είναι, φυσικά, θεμιτή. Εδώ όμως πρέπει να τονιστεί ότι όλες αυτές οι συναρτήσεις δίνουν αριθμητικά αποτελέσματα που ισχύουν μόνο κάτω από συγκεκριμένες προϋποθέσεις, εκ των οποίων η βασικότερη είναι ότι η κατανομή σφάλματος στις μετρήσεις είναι Γκαουσιανή (Gaussian).
Ας πάρουμε ένα τελείως γενικευμένο απλό παράδειγμα, όπως την σύγκριση μεταξύ του ποσοστού "σωστών απαντήσεων" σε δύο δείγματα μαθητών Α και Β. Έστω ότι, αριθμητικά, το δείγμα Α έχει μικρότερο ποσοστό από αυτό του Β. Ο ερευνητής ρωτάει, πολύ απλά, πόσο βέβαιο είναι αυτό το αποτέλεσμα. Μπορεί δηλαδή, παρά τις μετρήσεις, να μην είναι δυνατή η διάκριση μεταξύ δειγμάτων Α και Β – ή ίσως και η πραγματικότητα να είναι αντίθετη; Για να απαντηθεί (αριθμητικά) το "αν και κατά πόσο μπορεί να γίνει διάκριση" μεταξύ Α και Β χρειάζεται να υποθέσουμε κάποια "κατανομή πιθανότητας" για τις μετρήσεις που έγιναν. Μια απλή απαρίθμηση των κοινά αναγνωρισμένων κατανομών πιθανότητας θα απαιτούσε πολλές σελίδες. Αν τώρα προστεθεί το ότι η σίγουρη ύπαρξη συστηματικών σφαλμάτων στις μετρήσεις διαφοροποιεί ακόμα και αυτές τις (μαθηματικά καθορισμένες) κατανομές πιθανοτήτων, το ερώτημα μετατίθεται στο "ποια κατανομή ισχύει" στην περίπτωση αυτή, ώστε να οδηγηθούμε σε αριθμητικό αποτέλεσμα. Επειδή η Gaussian κατανομή ισχύει για τυχαίες μεταβλητές και είναι σχετικά απλή υπολογιστικά, επιλέγεται αυτή (- ενώ προς στιγμή εξαιρούνται και τα συστηματικά σφάλματα που σίγουρα παραλλάσουν την κατανομή και μάλιστα με τρόπο κατ' αρχή άγνωστο). Έτσι εξάγεται ένα αριθμητικό αποτέλεσμα, το οποίο όμως δεν πρέπει να θεωρείται απόλυτο, προφανώς.
Αποτελεί αντικείμενο υποθετικής συζήτησης το αν τα συστηματικά σφάλματα πάνω στις μετρήσεις ελέγχου ποιότητας μαύρης Ιρλανδέζικής μπύρας (όπως αυτό για την πρωταρχική χρήση του "Student's" t-test) είναι αμελητέα. Είναι πολύ πιθανό να είναι σχεδόν αμελητέα, μια και πρόκειται για γραμμή βιομηχανικής παραγωγής. Σίγουρα όμως δεν είναι αμελητέα για μετρήσεις που μελετούν την ανθρώπινη γνώση. Το ίδιο που ισχύει για απλά χ2-test, ισχύει και για διάφορα άλλα που χρησιμοποιούνται σε όποιες απλές αναλύσεις μετρήσεων. Η φύση και το μέγεθος των συστηματικών σφαλμάτων ξεπερνάει πάντα τέτοιες προσεγγίσεις, ακόμα και για ιδιαίτερα επιμελημένες μετρήσεις.
Ο J.P.A. Ioannidis (2005) αναφέρει ότι «πρέπει να αναγνωρίσουμε ότι ο έλεγχος στατιστικής σημαντικότητας σε μια έρευνα δίνει μια μερική εικόνα μόνο». Είναι σαφές ότι μία απλή στατιστική ανάλυση δεν είναι ικανή να δώσει απαντήσεις στο σύνθετο ερώτημα των συνολικών σφαλμάτων πειραματικής μέτρησης, που μάλιστα διαφέρουν στο μέγεθος για κάθε ένα από τα μετρούμενα σημεία. Αυτό, φυσικά, δεν σημαίνει ότι δεν έχουν νόημα οι στατιστικές αναλύσεις. Αντίθετα έχουν πολύ μεγάλο νόημα, αλλά δεν πρέπει να εξετάζονται απλοϊκά, αλλά στα πλαίσια μιας γενικότερης στατιστικής συνεπαγωγής (statistical inference) και της ευρύτερης επιστημονικής συνεπαγωγής.

9. Αποτελέσματα: Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων οδηγεί στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων - ή μήπως όχι?

Τέτοιες συναρτήσεις όπως οι προαναφερόμενες είναι απλά στατιστικές στην φύση τους, ενώ οι πιο κοινές από αυτές προϋποθέτουν Gaussian κατανομές, κάτι ανέφικτο λόγω της συμφυούς ύπαρξης πολύ σημαντικών "παραμενόντων συστηματικών σφαλμάτων" (remaining systematic errors i.e. non-bias), κάτι εγγενές σε όλες τις μετρήσεις που σχετίζονται με γνώσεις – απλά και μόνο λόγω πολυπλοκότητας και ευρύτητας του ερευνώμενου αντικειμένου. Ως γνωστό, τα σφάλματα αυτά προστιθέμενα στα όποια στατιστικά τοιαύτα, καταλήγουν σε κατανομές που διαφέρουν πολύ από τις κανονικές κατανομές. Άρα, ακόμα και στις περιπτώσεις ορθής χρήσης των συναρτήσεων (δηλαδή απλά για έλεγχο υποθέσεων), η χρήση τους πρέπει να γίνεται με εξαιρετική προσοχή (Green & Thompson 2005), καθότι δεν υπάρχει τρόπος να ληφθούν υπόψη τα συστηματικά σφάλματα, εντός του όποιου υπολογισμού των συναρτήσεων αυτών. Είναι πράγματι παράδοξο το ότι ενώ είναι πολύ σπάνιο να δημοσιεύονται έρευνες στις θετικές επιστήμες ή στην μηχανολογία χωρίς κάποια ειδική μελέτη των συστηματικών σφαλμάτων των πειραμάτων που διεξήχθησαν, στον χώρο των ανθρωπιστικών ερευνών γενικότερα, όπου τα συστηματικά σφάλματα είναι πολύ μεγαλύτερα στο μέγεθος, προτιμάται (με ελάχιστες φωτεινές εξαιρέσεις) η τακτική του να αγνοούνται επιδεικτικά. Συχνά ένας -κατά βάση απλοϊκός- στατιστικός έλεγχος σημαντικότητας χρησιμοποιείται, και ο έλεγχος υποθέσεων διεξάγεται χωρίς ορθή θεώρηση όλων των συστηματικών σφαλμάτων (διαφόρων τύπων και προέλευσης), και αυτό είναι από την φύση του βαθιά προβληματικό.

10. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Συμπερασματικά, η διαδικασία της ανάλυσης δεδομένων για την εξαγωγή χρήσιμων πληροφοριών από πειράματα, δεν αρκεί να στηρίζεται απλά σε μια απλή στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Μια ενδελεχής ανάλυση πειραματικών δεδομένων συνήθως χρησιμοποιεί κάποιες στατιστικές μεθόδους αλλά πρέπει να επεκτείνεται ώστε να περιλάβει τα σφάλματα κάθε τύπου και κατηγορίας. Έτσι, η τελική πληροφορία που προκύπτει από την ανάλυση δεδομένων εμπεριέχει και τον βαθμό της εμπιστοσύνης την οποία πρέπει να δίνουμε στην πληροφορία. Μέσα στα όρια της εμπιστοσύνης αυτής, τα τελικά συμπεράσματα μπορούν να επιβεβαιωθούν μέσω οποιασδήποτε εναλλακτικής πειραματικής επιβεβαίωσης. Μόνο με αυτό τον τρόπο μπορούν να θεωρηθούν τα συμπεράσματα ως επιστημονικώς ορθά.

Απλή χρήση στατιστικών συναρτήσεων χρησιμοποιώντας πακέτα λογισμικού, όσο καλά και να είναι αυτά, απλά δεν αρκεί για να καταλήξουμε σε ορθά ερευνητικά συμπεράσματα. Δεν χρειάζεται να γίνει κανένα σχόλιο σε σχέση με πρακτικές απλής παράθεσης αριθμητικών αποτελεσμάτων σειράς διαφορετικών στατιστικών συναρτήσεων, για τις οποίες ούτε η μέθοδος υπολογισμού είναι γνωστή, αλλά ούτε καν τηρούνται οι προϋποθέσεις κάτω από τις οποίες κάθε τέτοια συνάρτηση είναι έγκυρη και χρήσιμη.

Δεν υπάρχει, τελικά, καμία στατιστική ή άλλου τύπου αριθμητική συνάρτηση, και καμιά αυτοματοποιημένη στατιστική ή άλλου τύπου διαδικασία ελέγχου οποιασδήποτε θεωρητικής υπόθεσης, που να μπορεί να λειτουργεί ως (απλό μεθοδολογικό) υποκατάστατο της επιστημονικής πειραματικής συνεπαγωγής (experimental inference). Σύμφωνα με αυτή γίνεται κάθε δυνατή διαδικασία ελαχιστοποίησης των συστηματικών σφαλμάτων, εκτιμώνται τα παραμένοντα συστηματικά, υπολογίζονται τα (τελείως ανεξάρτητα προς αυτά) στατιστικά σφάλματα, και από αυτά τα δύο υπολογίζονται τα συνολικά σφάλματα για κάθε μέτρηση, για να ακολουθήσει μετά ενδελεχή επιστημονική σκέψη, η συνεπαγωγή πραγματικά έγκυρων επιστημονικών συμπερασμάτων.

11. Βιβλιογραφία

Ιωαννίδης Γ. Σ., «Ραβδογράμματα, Ψέματα, και ατυχείς Μεταφράσεις» ανακοίνωση ύστερα από πρόσκληση, στα πρακτικά του 12ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Ένωσης Ελλήνων Φυσικών, Καβάλα 20-23 Μαρτίου 2008, ISBN 978-960-89657-3-7, σελ. 14-15

Cortina J. (1993). What is coefficient alpha: an examination of theory and applications. Journal of applied psychology, 78, 98-104.

Gigerenzer, G. & Porter, T. (1990). The empire of chance: How probability changed science and everyday life (Vol. 12). Cambridge University Press.

Gigerenzer, G., et al. (1991). On the tyranny of hypothesis testing in the social sciences. Contemporary psychology, 36(2), 102-105.

Green S. & Thompson M. (2005). Structural equation modelling in clinical psychology research In: Roberts M, Ilardi S, [Eds.] Handbook of research in clinical psychology, Oxford: Wiley-Blackwell, 138 – 175

Grimes, D. A. & Schulz, K. F. (2002). Bias and causal associations in observational research. The Lancet, 359(9302), 248-252.

Ioannidis, J.P.A. (2005). Why most published research findings are false. PLoS Med, 2(8), e124, 696 - 701. - (Retrieved from: http://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.0020124

Mellou, K. & Sparos, L. (2005). Systematic errors in etiological epidemiological studies, Arch Hellen Med, 22(2), 199-207.

Sackett, D.L. (1979). Bias in analytic research, Journal of Chronic Diseases, 32, 51 - 63

Schmitt N. (1996). Uses and abuses of coefficient alpha. Psychological Assessment, 8, 4, 350-353.

Streiner D.L. (2003). Starting at the beginning: an introduction to coefficient alpha and internal consistency, Journal of personality assessment, 80 (1), 99-103.

Tavakol M., Mohagheghi M.A., Dennick R. (2008). Assessing the skills of surgical residents using simulation, Journal Surgical Education, 65 (2), 77-83.

Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΤΟΝ ΣΥΛΛΟΓΙΣΜΟ ΠΑΙΔΙΩΝ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΗΛΙΚΙΑΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΗ ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΣΗΜΕΙΩΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΗΦΑΙΣΤΕΙΩΝ

Μαρία-Ελένη Χαχλιουτάκη[1], Παναγιώτης Παντίδος[1], Μαρία Καμπεζά[2]

[1] ΤΕΠΑΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[2] ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών,

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η σχέση ανάμεσα στη μεταβολή των τροπικοτήτων που χρησιμοποιούν παιδιά προσχολικής ηλικίας για την εννοιολόγηση του φαινομένου των ηφαιστείων και στην εξέλιξη των συλλογισμών τους. Αναλύθηκαν οι προφορικές συνεντεύξεις και οι τρισδιάστατες κατασκευές 41 παιδιών (4-6 ετών) που υλοποιήθηκαν σε ένα πλαίσιο προ και μετά-τεστ. Προέκυψε πως κανένα προνήπιο δε χρησιμοποίησε νέες τροπικότητες κατά την έκφραση του συλλογισμού του στο μετά-τεστ σε σχέση με το προ-τεστ, ενώ και τα 27 νήπια εμφάνισαν κάποιου είδους μεταβολή ως προς τους τρόπους που χρησιμοποιούν για να συγκροτήσουν τις εξηγήσεις τους. Σε 15 από αυτά τα παιδιά, η μεταβολή αυτή παρέπεμπε και σε εξέλιξη στον συλλογισμό τους σχετικά με το μηχανισμό δημιουργίας του ηφαιστείου και την εξέλιξη του φαινομένου.

Abstract

The present study examines the connection between the change in modalities used by preschoolers in the meaning making process concerning the phenomenon of volcanoes and the advancement to their reasoning. In a pre- and post-test research design oral interviews and 3-D models of 41 children (4-6 years) were analyzed. It was shown that none of the younger children used new modalities to express his/her reasoning in the post-test compared to the pre-test. However, the rest 27 older children changed the modes they used to form their explanations. For fifteen of these children, the change in their modes indicated advancement to their reasoning about the generating mechanism of the volcano and its activity.

1. Εισαγωγή

Στη διδακτική των φυσικών επιστημών, τα τελευταία χρόνια, η παραγωγή νοήματος και κατ' επέκταση η οικοδόμηση των επιστημονικών εννοιών, αντιμετωπίζεται ως πολυτροπική διαδικασία στην οποία εμπλέκονται και οι ιδιότητες των φορέων που χρησιμοποιούνται για την υλική αναπαράσταση των νοημάτων. Έτσι, η νοηματοδότηση συνδέεται πλέον και με τη συνέργεια των σημειωτικών τρόπων, όπως ο προφορικός λόγος, η σωματική έκφραση, ο χειρισμός αντικείμενων κ.ά., τους οποίους χρησιμοποιούν οι εκπαιδευόμενοι για να συγκροτήσουν τις έννοιες και τα φαινόμενα του φυσικού κόσμου (Givry & Tiberghien 2012). Οι Ping και Goldin-Meadow (2008) αναφέρουν ότι οι εικονίζουσες χειρονομίες λειτουργούν ως αρμοί διασύνδεσης ανάμεσα στον προφορικό λόγο και τις υλικές οντότητες ενός περιβάλλοντος μάθησης, ενώ ακόμα και όταν τα υλικά αντικείμενα απουσιάζουν, τότε οι εικονίζουσες χειρονομίες συνεργάζονται με τις νοητικές εικόνες αυτών. Αντίστοιχα, οι Hostetter, Alibali και Kita (2007) αναφέρουν ότι για την μεταφορά οπτικο-χωρικών πληροφοριών μέσω του προφορικού λόγου, το γνωστικό σύστημα του ανθρώπου, στην προσπάθειά του να αποδώσει το

νόημα, κατακερματίζει τις νοητικές εικόνες που έχουν αποτυπωθεί παράγοντας χειρονομίες αναπαραστατικού τύπου.
Γενικότερα, αρκετοί είναι οι ερευνητές που υποστηρίζουν ότι οι χειρονομίες δεν αποσαφηνίζουν απλά τα λεγόμενα του προφορικού λόγου, αλλά προωθούν τη νοητική ανάπτυξη των εκπαιδευόμενων (Novack & Goldin-Meadow 2015) και μπορούν να δημιουργήσουν συνθήκες εξέλιξης των συλλογισμών υποδηλώνοντας εννοιολογική αλλαγή (Kastens, Agrawal & Liben 2008).
Σημαντικοί επίσης παράγοντες νοηματοδότησης αποτελούν οποιεσδήποτε δράσεις των εκπαιδευομένων στον χώρο που οδηγούν σε κατασκευές, όπως είναι οι ζωγραφικές απεικονίσεις και τα τρισδιάστατα αντικείμενα. Σε αυτές τις περιπτώσεις η παραγωγή νοήματος συνδέεται τόσο με την αυτούσια αναπαράσταση του έργου (Einarsdottir, Dockett & Perry 2009, Chang 2012), όσο και με τις προφορικές, γραπτές ή/και σωματικές εξηγήσεις που δίνει ο ίδιος ο εκπαιδευόμενος για την κατασκευή του (Cox 2005).
Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να διερευνήσει αν οι νέοι/διαφορετικοί τρόποι αναπαράστασης, προφορικού λόγου, σωματικής έκφρασης και υλικών κατασκευών, που χρησιμοποιούν παιδιά προσχολικής ηλικίας για να εξηγήσουν όψεις του φαινομένου των ηφαίστειων, προσθέτουν και νέα στοιχεία στους συλλογισμούς τους.

2. Μεθοδολογία

Ερευνητικός σχεδιασμός

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε ποιοτική ανάλυση εμπειρικών δεδομένων. Συγκεκριμένα, αναλύθηκε οπτικοακουστικό υλικό από το προ-τεστ και το μετά-τεστ μιας διδακτικής παρέμβασης για το φαινόμενο των ηφαιστείων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Οι συνεντεύξεις που αναλύθηκαν αποτελούνταν από δύο έργα. Στο πρώτο έργο τα παιδιά απαντούσαν στις ερωτήσεις της ερευνήτριας, χρησιμοποιώντας προφορικό λόγο και ενδεχομένως κάποιες χειρονομίες για να εξηγήσουν το φαινόμενο (πλαίσιο προφορικού λόγου), ενώ στο δεύτερο έργο τα παιδιά κατασκεύαζαν ένα τρισδιάστατο μοντέλο ηφαιστείου με διάφορα υλικά για να το απεικονίσουν χωρικά (πλαίσιο κατασκευής). Και τα δύο έργα βιντεοσκοπήθηκαν. Αναλύθηκε ο προφορικός λόγος των παιδιών και οι χειρονομίες που κατά περίσταση χρησιμοποίησαν στα δύο έργα, καθώς και τα στοιχεία από τις κατασκευές των παιδιών.
Ως προς τη διδακτική παρέμβαση, οι δραστηριότητες για τα ηφαίστεια περιελάμβαναν την παρατήρηση και διαπίστωση της ύπαρξης ηφαιστείων στην επιφάνεια του πλανήτη με τη βοήθεια του Google Earth, τη σύνδεση αυτών με τα όρια των τεκτονικών πλακών και τη συζήτηση σχετικά με τη δημιουργία της έκρηξης ενός ηφαιστείου, την παρακολούθηση βίντεο με ηφαιστειακή δραστηριότητα, τον πειραματισμό με ένα αυτοσχέδιο μοντέλο ηφαιστείου (που δημιουργήθηκε ειδικά για τις ανάγκες της έρευνας), την κατασκευή αφίσας σχετικά με τις κινήσεις των τεκτονικών πλακών και τη δημιουργία των ηφαιστείων, όπως επίσης και τη δημιουργία μιας μικρής ιστορίας σχετικής με το φαινόμενο. Καθ' όλη τη διάρκεια της παρέμβασης, τα παιδιά ενθαρρύνονταν να χρησιμοποιούν τα χέρια τους ή και ολόκληρο το σώμα τους για να απεικονίσουν την κίνηση των τεκτονικών πλακών.
Η συλλογή των δεδομένων έγινε από 41 παιδιά (14 προνήπια και 27 νήπια), ενός δημόσιου νηπιαγωγείου από την ευρύτερη περιοχή της Πάτρας, μέσω ατομικών ημι-δομημένων συνεντεύξεων.

Κωδικοποίηση

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η καταγραφή των τροπικοτήτων του προφορικού λόγου, της σωματικής έκφρασης και της τρισδιάστατης κατασκευής που δημιούργησαν τα παιδιά στην

προσπάθειά τους να εννοιολογήσουν το φαινόμενο των ηφαιστείων. Ακολουθώντας το πρωτόκολλο κωδικοποίησης οπτικοακουστικού υλικού βασισμένο στο πρότυπο της Interaction analysis των Jordan και Henderson (1995), στις εφαρμογές των Pozzer-Ardenghi και Roth (2005) και Χαχλιουτάκη, Παντίδο και Ηρακλειώτη (2016) για την κωδικοποίηση δεδομένων προφορικού λόγου και χειρονομιών, τα δεδομένα κωδικοποιήθηκαν σε τέσσερις φάσεις: α) μετεγγραφή του ακουστικού υλικού σε γραπτό κείμενο, β) καταγραφή των τροπικοτήτων του προφορικού λόγου, γ) θέαση των βίντεο και σήμανση της κάθε χειρονομίας και σωματικής έκφρασης εκεί που εμφανίζεται, και δ) κωδικοποίηση των σχετικών τροπικοτήτων που χρησιμοποίησαν τα παιδιά στην τρισδιάστατη κατασκευή τους. Η κωδικοποίηση πραγματοποιήθηκε αρχικά ξεχωριστά από τους δύο πρώτους συγγραφείς και κατόπιν πραγματοποιήθηκαν συναντήσεις μεταξύ τους διατρέχοντας από κοινού το κάθε τεστ, μέχρι να επιτευχθεί μια κοινή συμφωνία (Givry & Roth 2006).

Σε πρώτη φάση, η κωδικοποίηση εμπεριείχε όλα τα στοιχεία που χρησιμοποίησαν τα παιδιά κατά την έκφρασή τους, δηλαδή όλα εκείνα για τα οποία «μιλάνε» τα παιδιά. Ενώ σε δεύτερη φάση εντοπίστηκαν τα στοιχεία που είχαν άμεση σχέση με τις διαστάσεις του υπό μελέτη φαινομένου, δηλαδή τον μηχανισμό δημιουργίας των ηφαιστείων και την εξέλιξη του φαινομένου. Πιο συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν ρήματα, ουσιαστικά, τοπικά επιρρήματα ή και πιο σύνθετες φράσεις, εικονίζουσες, δεικτικές και εργοτικές χειρονομίες, όπως και δομικά στοιχεία από τις κατασκευές, τα οποία αναφέρονται στις υπό μελέτη διαστάσεις του φαινομένου των ηφαιστείων και παρουσιάζονται στους Πίνακες 1, 2 και 3 ανάλογα με το σημειωτικό σύστημα μέσω του οποίου εκφράστηκαν.

Τα στοιχεία προφορικού λόγου συμβολίστηκαν με s_i από την αγγλική λέξη *speech*, π.χ. s_1 για το ρήμα '*πετάγεται*', s_2 για τη λέξη '*λάβα*' κτλ. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι τροπικότητες προφορικού λόγου που χρησιμοποίησαν τα παιδιά για να περιγράψουν κάποια διάσταση του φαινομένου, είτε για τον μηχανισμό δημιουργίας των ηφαιστείων, είτε για την εξέλιξη του φαινομένου, δηλαδή την πορεία του μάγματος από το εσωτερικό του ηφαιστείου προς τα έξω.

Πίνακας 1: Τροπικότητες προφορικού λόγου

Προφορικός λόγος	
Διάσταση φαινομένου	**Τροπικότητες/Στοιχεία**
Μηχανισμός δημιουργίας ηφαιστείου	s_4: βουνό από πέτρες, s_5: δεινόσαυροι, s_7: δηλητηριώδη αέρια, s_{10}: ίδιο με τις πέτρες, s_{11}: όταν η μία (πέτρα) βυθιστεί/βυθίζονται, s_{13}: έρχεται από κάτω/κάτω από το ηφαίστειο, s_{16}: ο Θεός, s_{18}: κάποιος το κουνάει/κουνιέται, s_{19}: όταν πατάνε πάνω του οι άνθρωποι/όταν τα ακουμπάνε, s_{20}: κάτω από τη γη, s_{24}: δημιουργείται βουνό, s_{25}: τεκτονικές πλάκες, s_{26}: θυμώνουν, s_{28}: ο σεισμός, s_{30}: ο ηφαιστειολόγος, s_{31}: ο δημοσιογράφος, s_{33}: έβαλαν φωτιά (οι άνθρωποι), s_{34}: οι αναπτήρες, s_{35}: πέσουνε, s_{36}: από αυτό το κόκκινο (μάγμα), s_{37}: κάποιος πίεσε την άμμο, s_{38}: έχει φτιαχτεί από ξύλο, s_{43}: κάποιοι άνθρωποι έσκαψαν πολύ βαθιά, s_{48}: μέσα είναι ένας δράκος, s_{49}: βουλιάζουνε, s_{51}: ένας άνθρωπος, s_{52}: ανακατεύονταν οι πέτρες με το χώμα και το νερό, s_{53}: απομακρύνονται (οι τεκτονικές πλάκες), s_{54}: αν αφήσει κενό (η τεκτονική πλάκα), s_{57}: από τον ήλιο, s_{58}: δημιουργείται από το πάτωμα/χώμα, s_{60}: έβαλαν νερό (οι άνθρωποι), s_{62}: συγκρούονται (οι τεκτονικές πλάκες)
Εξέλιξη του φαινομένου	s_1: βγάζουν/βγαίνει/πετάγεται, s_2: έχει λάβα, s_3: εκράγονται/θα εκραγεί, s_6: ξυπνάει, s_{12}: κάνει μπουρμπουλήθρες/βράζει, s_{14}: καπνοί, s_{15}: έχει φωτιά/φλόγες, s_{17}: έχει μια τρύπα από πάνω/κρατήρας, s_{21}: έχει χώμα, s_{22}: ανάβει λίγο, s_{23}: ανεβαίνει, s_{42}: σπάει, s_{45}: γίνεται πίτα, s_{46}: χύνεται/τρέχει, s_{47}: πέτρες που μένουν έξω και έχουν κρυώσει, s_{50}: το μάγμα ανεβαίνει, s_{61}: κάνει μια μεγάλη φούσκα

Αντίστοιχα, στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι τροπικότητες της σωματικής έκφρασης που χρησιμοποίησαν τα παιδιά για να εξηγήσουν το φαινόμενο. Οι εικονίζουσες χειρονομίες σημάνθηκαν με ig_i από την αγγλική λέξη *iconic (gestures)*, οι δεικτικές με dg_i από την λέξη *deictic (gestures)* και οι εργοτικές με eg_i από την λέξη *ergotic (gestures).* Θα πρέπει να σημειωθεί ότι εικονίζουσες είναι οι χειρονομίες οι οποίες αναπαριστούν μορφολογικά κάτι, δεικτικές εκείνες που δείχνουν, κυρίως με το δάχτυλο, ενώ εργοτικές είναι οι χειρονομίες που σχετίζονται με τον χειρισμό διαφόρων αντικειμένων και εν γένει χωρικών στοιχείων.

Πίνακας 2: Τροπικότητες σωματικής έκφρασης

Σωματική έκφραση	
Διάσταση φαινομένου	**Τροπικότητες/Στοιχεία**
Μηχανισμός δημιουργίας ηφαιστείου	ig_3: κίνηση συσσώρευσης πετρών, ig_4: κίνηση αναπαράστασης βύθισης της μιας παλάμης κάτω από την άλλη, ig_{10}: κίνηση βύθισης των πλακών σχηματίζοντας γωνία 90° με τις παλάμες, ig_{11}: σχηματίζει με τα χέρια ένα τρίγωνο, ig_{12}: αναπαριστά με τα χέρια τον όγκο ενός βουνού, ig_{13}: κίνηση σύγκρουση με κλειστές παλάμες, ig_{14}: κίνηση τριβής με τα δύο χέρια, ig_{15}: κίνηση απομάκρυνσης των δύο δαχτύλων, ig_{16}: κίνηση βύθισης της τεκτονικής πλάκας με το ένα χέρι, ig_{17}: τοποθετεί τεντωμένες τις παλάμες παράλληλα μεταξύ τους, ig_{19}: κίνηση τοποθέτησης νερού και φωτιάς
Εξέλιξη του φαινομένου	ig_1: ανοδική κίνηση χεριού, ig_2: ανοδική κίνηση χεριών και σώματος (με έξοδο), ig_5: κίνηση ανακατέματος με τα δύο χέρια, ig_6: επιτόπιο πήδημα σε όρθια στάση, ig_8: κίνηση δόνησης, ig_9: κίνηση των χεριών προς τα εμπρός αναπαριστώντας το άναμμα της φωτιάς, ig_{18}: καθοδική κίνηση λάβας που χύνεται, ig_{20}: κίνηση αναπαράστασης σφαιρικού όγκου με την παλάμη ανάποδα dg_1: δείχνει την ανοδική πορεία της λάβας μέσα από το ηφαίστειο, dg_2: δείχνει το σημείο από το οποίο βγαίνει η λάβα eg_1: δημιουργεί μια τρύπα στην κορυφή του ηφαιστείου, eg_2: σηκώνει το αντικείμενο και δείχνει ότι πετάει

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα στοιχεία που προέκυψαν από την τρισδιάστατη κατασκευή που δημιούργησαν τα παιδιά. Τα στοιχεία αυτά άλλοτε είναι σύμβολα (λ.χ. βέλη) και άλλοτε μικρά τμήματα της κατασκευής που εννοιολογούν τον μηχανισμό δημιουργίας των ηφαιστείων ή/και την εξέλιξη του φαινομένου (βλ. Πίνακα 3). Για τα αντικείμενα χρησιμοποιήθηκε το σύμβολο o_i από την αγγλική λέξη *object.*

Πίνακας 3: Τροπικότητες από την τρισδιάστατη κατασκευή

Τρισδιάστατη Κατασκευή	
Διάσταση φαινομένου	**Τροπικότητες/Στοιχεία**
Μηχανισμός δημιουργίας ηφαιστείου	o_8: αντικείμενο που αναπαριστά αναπτήρα, o_{14}: τεκτονικές πλάκες από κάτω, o_{17}: τοποθετεί τη λάβα κάτω από το ηφαίστειο, o_{19}: δύο τεκτονικές πλάκες κάτω από το ηφαίστειο, o_{20}: βελάκι μπλε, βυθίζεται η μία τεκτονική πλάκα, o_{21}: βελάκι κόκκινο, ανεβαίνει το μάγμα, o_{18}: πέτρες που ανακατεύονται με το νερό

Εξέλιξη του φαινομένου	o_2: λάβα/μάγμα με ανοδική πορεία στην κορυφή του ηφαιστείου, o_4: λάβα χύνεται πάνω στο ηφαίστειο, o_7: άσπρο βαμβάκι στην κορυφή, o_9: τοποθετεί μέσα τη λάβα, o_{12}: καπνός με ανοδική πορεία στην κορυφή του ηφαιστείου, o_{13}: πέτρες που έχουν σχηματιστεί από το πάγωμα της λάβας

Όλα αυτά τα ο-στοιχεία αποτελούν τροπικότητες οι οποίες αναφέρονται στην κίνηση κάποιων οντοτήτων, προσδιορίζουν οντότητες ως την αιτία δημιουργίας των ηφαιστείων, περιγράφουν τα μορφολογικά χαρακτηριστικά αυτών, αλλά και το χωρικό πλαίσιο όπου συμβαίνει το φαινόμενο.

Ανάλυση δεδομένων

Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε σε δύο επίπεδα:

1ο επίπεδο ανάλυσης: εξέλιξη τροπικοτήτων
Ως εξέλιξη τροπικοτήτων ορίζεται οποιαδήποτε μεταβολή παρουσιάζεται στο μετά-τεστ συγκριτικά με το προ-τεστ και έχει να κάνει με την εμφάνιση νέων σημαινόντων προφορικού λόγου, σωματικής έκφρασης και χωρικών στοιχείων.

2ο επίπεδο ανάλυσης: εξέλιξη στον συλλογισμό
Ελέγχθηκε εάν η αλλαγή των τροπικοτήτων από το προ-τεστ στο μετά-τεστ είναι και εξέλιξη στον συλλογισμό του παιδιού. Εδώ χρησιμοποιήθηκε το κριτήριο του πιο σύνθετου συλλογισμού. Πιο σύνθετος συλλογισμός θεωρήθηκε εκείνος στον οποίο, κατά το μετά-τεστ, τα παιδιά ενέταξαν νέες οντότητες ή/και συγκρότησαν νέες σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων συγκριτικά με το προ-τεστ. Επίσης, κάθε νέος-σύνθετος συλλογισμός αξιολογήθηκε με βάση την εγγύτητά του στο επιστημονικά συμβατό μοντέλο.

3. Αποτελέσματα

Από το 1ο επίπεδο ανάλυσης φάνηκε πως κανένα προνήπιο (14 παιδιά) δε χρησιμοποίησε κάποια νέα τροπικότητα κατά την έκφραση του συλλογισμού του στο μετά-τεστ, σε σχέση με το προ-τεστ. Αντίθετα, όλα τα νήπια (27 παιδιά) εισήγαγαν νέες τροπικότητες κατά την παραγωγή νοήματος (βλ. Πίνακα 4).

Πίνακας 4: Εξέλιξη τροπικοτήτων από το προ-τεστ στο μετά-τεστ

Νέες τροπικότητες στο μετά-τεστ		
Υποκείμενα	**Έργο 1 (Πλαίσιο Προφορικού Λόγου)**	**Έργο 2 (Πλαίσιο Κατασκευής)**
Π1	**s_3**, s_4, **ig_2**, ig_3	s_5, o_3, **o_4**
Π2	**s_{10}**, **s_{11}**, **s_3**, **ig_4**, **ig_2**	o_5
Π3	**s_{12}**, **ig_2**	**s_{13}**, **ig_5**, **dg_1**, o_6
Π4	s_{16}	eg_1, o_1, o_2
Π5	s_{18}, s_1, ig_6	s_{17}, eg_1, o_1, o_7
Π6	**s_{20}**, s_{21}, **s_{15}**, s_{22}, **s_{13}**, **ig_5**	**s_1**, **s_{15}**, o_6, **o_4**
Π7	s_{17}, s_{15}, **s_{25}**, s_{26}, s_1, s_{15}	s_{17}, s_1, s_{15}, eg_1, o_5, o_2
Π9	s_{15}, s_{31}	o_6

Π10	**s_{25}**, s_{35}, **s_{36}**, **ig_{10}**, ig_{11}	**dg_2**, o_1, **o_2**
Π14	**s_2**	**s_{17}**, **s_{15}**, o_1, **o_2**
Π17	s_{18}, ig_8	dg_2, o_2
Π18	s_{41}	o_6, o_2
Π19		**s_{23}**, o_6, **o_2**
Π21	s_{43}	**s_{17}**, **dg_2**, o_{11}
Π22	s_2, s_{44}	s_{17}, o_1, o_{12}
Π23	**s_{12}**, **s_{23}**, **s_{28}**	**s_{17}**, s_{47}, o_1, **o_4**, o_{13}
Π24	**s_{24}**, ig_{12}	**s_{15}**, **s_{25}**, **o_2**, **o_{14}**
Π25	s_2, s_{30}	s_{17}
Π28	**s_{13}**, **s_{23}**, **s_{25}**, **s_{49}**, **s_{50}**, **ig_2**, **ig_{13}**	o_1, **o_9**
Π29	**s_3**	**s_{17}**, **dg_2**, o_6, **o_9**
Π31	s_{39}, s_{51}	s_{14}, s_{47}, s_{50}, s_2, o_{12}, o_{13}, o_4
Π32	**s_{25}**, **s_{53}**, **s_{11}**, **s_{50}**, **s_{12}**, **s_{54}**, **ig_{15}**, **ig_{16}**, ig_{11}, ig_1, **ig_{17}**	**s_{25}**, **s_{11}**, **s_{46}**, **o_{19}**, o_1, **o_2**, **o_{20}**, **o_{21}**
Π33	s_{15}	s_1, s_{15}
Π34	s_{19}	s_2, s_{13}, s_{17}, dg_2, o_{15}, o_9
Π36	s_6, s_{26}, s_3, s_{16}	s_2, o_9
Π37	**s_{46}**, **s_2**, **ig_2**, **ig_{18}**	
Π41	s_{59}, **s_{60}**, **s_{25}**, s_2, ig_{20}, **ig_{13}**	**s_2**

Κατά το 2ο επίπεδο ανάλυσης, έπειτα από τον έλεγχο των νέων τροπικοτήτων αλλά και των νέων σχέσεων που πραγματοποιήθηκαν μεταξύ αυτών, προέκυψε πως 15 από τα 27 νήπια που πραγματοποίησαν αλλαγή στις τροπικότητες, παρουσίασαν εξέλιξη και στο συλλογισμό τους κατά την εξήγηση του φαινομένου. Στον Πίνακα 4 τα στοιχεία που σημαίνονται με έντονη γραφή δηλώνουν τις νέες/διαφορετικές τροπικότητες που εμφάνισαν τα παιδιά στο μετά-τεστ, οι οποίες είναι υπεύθυνες και για τους νέους συλλογισμούς. Έτσι, 2 από τα 15 παιδιά εμφάνισαν εξέλιξη στην εννοιολόγηση της δημιουργίας των ηφαιστείων, 7 από τα 15 παιδιά εμφάνισαν εξέλιξη ως προς την εξέλιξη του φαινομένου, ενώ 6 από τα 15 εμφάνισαν εξέλιξη και στα δύο αντικείμενα αναφοράς. Η εξέλιξη αυτή πραγματοποιήθηκε σε όλες τις περιπτώσεις, πλην μίας, με τη συνέργεια τουλάχιστον δύο σημειωτικών τρόπων.
Παράδειγμα εξέλιξης της εννοιολόγησης μέσω και των τριών σημειωτικών τρόπων αποτελεί το παιδί Π32. Κατά τη διάρκεια του προ-τεστ το παιδί Π32 αναφέρει ότι όταν οι πέτρες που βρίσκονται μέσα στο ηφαίστειο ανακατευτούν με το νερό δημιουργείται η έκρηξη του ηφαιστείου. Στο μετά-τεστ χρησιμοποιεί πιο οργανωμένο (προ)επιστημονικό προφορικό λόγο, με ταυτόχρονη χρήση πιο επιτηδευμένων χειρονομιών (βλ. Πίνακα 5).

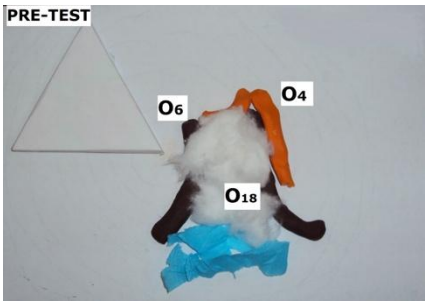
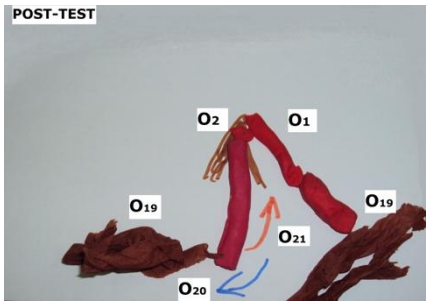
Πίνακας 5: Εννοιολόγηση μέσα από το πλαίσιο του προφορικού λόγου (Π32)

Προ-τεστ	**Μετά-τεστ**
«*μπορεί να είχαν σχηματιστεί από πέτρες (s_4) και είχε μια σαν τρύπα (s_{17})* […] *και νομίζω ότι έμπαιναν μέσα και κάτι γινόταν με τη Γη και σαν να τριβόταν* [**ig_{14}:** κίνηση τριβής με τις παλάμες] […] *κάτι γινόταν με το χώμα και μετά μπαίνουν*	«*νομίζω ότι όταν οι τεκτονικές πλάκες (s_{25}) απομακρύνονται (s_{53})* [**ig_{15}:** κίνηση απομάκρυνσης με δάχτυλα] *ή βυθίζεται (s_{11}) η μία* [**ig_{16}:** κίνηση βύθισης της μιας παλάμης κάτω από την άλλη] *γίνεται ένα ηφαίστειο* [**ig_{11}:** αναπαράσταση με τα

μέσα οι πέτρες που έχει από ένα άνοιγμα στην κάτω μεριά και ανακατεύονται με νερό (s_{52}) [**ig_5:** κυκλικές κινήσεις ανακατέματος] *και όσο δεν αντέχει κάνει έκρηξη (s_3)* [**ig_2:** κίνηση έκρηξης με τα χέρια προς τα επάνω] ».	χέρια ενός τριγώνου] *και ρουφάει το μάγμα (s_{50}), το βράζει (s_{12}) στη μέση* [**ig_5:** κυκλική κίνηση της μιας παλάμης] *και μετά όταν δεν αντέχει πια άλλο βγάζει (s_1) τη λάβα (s_2)* [**ig_1:** ανοδική κίνηση ενός χεριού] […] *δηλαδή αν αφήσει κενό η τεκτονική πλάκα (s_{54})* [**ig_{17}:** τοποθετεί τις τεντωμένες παλάμες παράλληλα με απόσταση μεταξύ τους]».

Πιο αναλυτικά, το παιδί αναφέρει τον όρο «τεκτονικές πλάκες» ως οντότητες που «απομακρύνονται» και «βυθίζεται η μία», και τις οποίες αναπαριστά και σωματικά αποδίδοντας αιτιότητα στη δημιουργία του ηφαιστείου. Στη συνέχεια, αναφέρει τους όρους «μάγμα» και «λάβα» ώστε να εννοιολογήσει τη μετέπειτα εξέλιξη του φαινομένου, δηλαδή την έξοδο του μάγματος από το εσωτερικό της γης προς την επιφάνεια μέσω της έκρηξης. Η περιγραφή του εξέφρασε στο μετά-τεστ αποτελεί έναν πιο σύνθετο και πλήρη συλλογισμό αφού έχει μεγαλύτερη εγγύτητα με το επιστημονικά συμβατό μοντέλο.
Με παρόμοιο τρόπο φαίνεται η εξέλιξη στην εννοιολόγηση μέσω της τρισδιάστατης κατασκευής του ηφαιστείου, μεταξύ του προ- και του μετά-τεστ (βλ. Πίνακα 6). Στο μετά-τεστ το παιδί (Π32) τοποθετεί χωρικά τις τεκτονικές πλάκες (o_{19}) κάτω από το ηφαίστειο (o_1), δείχνοντας παράλληλα την βύθιση της μίας προς το εσωτερικό της γης με το μπλε βέλος (o_{20}), ενώ με το κόκκινο βέλος (o_{21}) την άνοδο του μάγματος προς το εξωτερικό μέρος του ηφαιστείου.

Πίνακας 6: Εννοιολόγηση μέσω της τρισδιάστατης κατασκευής (Π32)

Σημειωτικός τρόπος	**Προ-τεστ**	**Μετά-τεστ**
Κατασκευή ηφαιστείου με διάφορα υλικά		
	o_6: Ηφαίστειο σαν βουνό **o_4:** Λάβα χύνεται **o_{18}:** Πέτρες που ανακατευονται	**o_1:** Τριγωνικό ηφαίστειο **o_2:** Λάβα **o_{19}:** Καφέ τεκτονικές πλάκες από κάτω **o_{20}:** Βελάκι μπλε-βύθιση τεκτονικής πλάκας **o_{21}:** Βελάκι κόκκινο- άνοδος του μάγματος

Αυτό που αξίζει να παρατηρήσουμε είναι ότι το παιδί αυτό, στο μετά-τεστ χρησιμοποιεί τρεις διαφορετικούς τρόπους έκφρασης και ο κάθε τρόπος κοινωνεί ξεχωριστό νόημα. Ουσιαστικά, το παιδί Π32 κατάφερε να εξελίξει «ισότιμα» τον προφορικό του λόγο, τη σωματική του έκφραση, αλλά και την κατασκευή που δημιούργησε.
Επιπλέον, σε περιπτώσεις όπου οι νέες τροπικότητες προέρχονται από τις χειρονομίες, τα νοήματα που μεταφέρονται φαίνεται να φέρουν ισχυρό νοηματικό φορτίο, υποδεικνύοντας τον δυναμικό ρόλο του ανθρώπινου σώματος. Πιο συγκεκριμένα, στις περισσότερες περιπτώσεις η έννοια της κίνησης των οντοτήτων που συμμετέχουν στο φαινόμενο

εκφράζονται μοναδικά μόνο μέσα από τις χειρονομίες των παιδιών. Παράδειγμα αποτελεί το παιδί Π10, όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε στον Πίνακα 7.

Πίνακας 7: Προφορικός λόγος και ταυτόχρονη σωματική έκφραση (Π10)

Σημειωτικά συστήματα	**Μετά-τεστ**
Προφορικός λόγος	*Όταν οι τεκτονικές πλάκες (s_{25})* ***πέσουνε και οι δύο (s_{35}) (ig_{10})****… δημιουργείται ένα ηφαίστειο […]*
Σωματική έκφραση	**ig_{10}:** κίνηση βύθισης των δύο πλακών σχηματίζοντας γωνία 90° με τις παλάμες του

Το παιδί αυτό εισαγάγει στο μετά-τεστ τις οντότητες «*τεκτονικές πλάκες*» αναφέροντας ότι «*πέφτουνε*». Η εννοιολόγηση όμως της κίνησης των πλακών προσφέρεται με μεγαλύτερη σαφήνεια από την ταυτόχρονη χειρονομία που κάνει αναπαριστώντας την βύθισή τους προς το εσωτερικό της γης. Η χειρονομία αυτή κοινωνεί πιο ισχυρό νόημα σε σχέση με τον προφορικό λόγο αφού από το αμφίσημο «πέφτουνε» απεικονίζει τον εξειδικευμένο τρόπο κίνησης των πλακών κάτι που δεν αποδίδεται με κάποιο άλλο σημειωτικό μέσο.

4. Συμπεράσματα

Στις περιπτώσεις που εμφανίστηκε εξέλιξη στον συλλογισμό των παιδιών, φάνηκε πως οι χειρονομίες και η τρισδιάστατη κατασκευή του ηφαιστείου βοηθούν στην οπτικοποίηση κινούμενων και χωρικών οντοτήτων, τις οποίες ο προφορικός λόγος δεν επαρκεί να περιγράψει. Παρόμοια συμπεράσματα είχαν καταδειχθεί και σε προηγούμενη έρευνα σχετικά με την εξέλιξη του συλλογισμού των παιδιών προσχολικής ηλικίας για το φαινόμενο των σεισμών (Chachlioutaki, Pantidos & Kampeza 2016). Οι έρευνες αυτές ενδυναμώνουν την θεώρηση για τον εξέχοντα ρόλο των χειρονομιών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, ειδικά σε έννοιες που δεν μπορούν να γίνουν άμεσα αντιληπτές από τα μικρά παιδιά (π.χ. η αλλαγή των εποχών, οι τεκτονικές πλάκες, κ.λπ.) (Singer et al. 2008). Οι χειρονομίες αποτελούν ένα δυνατό εργαλείο για την αξιολόγηση και την κατανόηση του τρόπου σκέψης των παιδιών (Pine, Lufkin & Messer 2004, Pouw et al. 2014).
Χρησιμοποιώντας τα στοιχεία αυτά, οι εκπαιδευτικοί θα μπορέσουν πιο στοχευμένα να μεταβάλλουν τον τρόπο με τον οποίο εκείνοι αλληλεπιδρούν με τους εκπαιδευόμενους (Pine, et al. 2004), μέσω των διάφορων σημειωτικών συστημάτων που χρησιμοποιούν στην εκπαιδευτική διαδικασία. Οι Cook και Goldin-Meadow (2006) υποστηρίζουν πώς οι εκπαιδευόμενοι τείνουν να υιοθετούν την «χειρονομιακή» συμπεριφορά των εκπαιδευτικών τους κατά τη διάρκεια ατομικών επιδράσεων ή μέσα σε μικρές ομάδες. Ειδικά όσον αφορά τις επιστήμες που ασχολούνται με τα γεωλογικά φαινόμενα, όπου η χωρική σκέψη αποτελεί βασικό παράγοντα για τη μάθηση, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να πολλαπλασιάσουν τη χρήση των εικονιζουσών χειρονομιών οι οποίες αναπαριστούν το σχήμα, τη θέση, τον προσανατολισμό, το σχετικό μέγεθος καθώς και τις τροχιές των οντοτήτων, αφού η

ταυτόχρονη χρήση των εικονιζουσών χειρονομιών και του προφορικού λόγου μπορεί να βοηθήσει τα παιδιά να συνδέσουν τις χωρικές έννοιες με το κατάλληλο επιστημονικό λεξιλόγιο (Kastens, Agrawal & Liben 2008).
Ο εκπαιδευτικός, συνεπώς, χρειάζεται να δίνει τη δυνατότητα στα παιδιά να χρησιμοποιούν ποικίλα μέσα για να εκφράζουν τις ιδέες τους. Μέσα σε ένα τέτοιο πλαίσιο, μπορεί να προκύψει η ανάγκη για τον σχεδιασμό νέων αναλυτικών προγραμμάτων, τον εμπλουτισμό των διδακτικών πρακτικών και την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού. Αναδεικνύεται έτσι η ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης, εντάσσοντας και άλλες έννοιες σε μια τέτοια πολυτροπική προσέγγιση.

5. Βιβλιογραφία

Χαχλιουτάκη, Μ.Ε., Παντίδος, Π. & Ηρακλειώτη, Ε. (2016). Προφορικός λόγος, σχέδιο και χειρονομίες: αναλύοντας τις απαντήσεις των παιδιών για τη δημιουργία των σεισμών. Στο 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Φυσικών Επιστημών στην Προσχολική Εκπαίδευση, Ρέθυμνο, 27-29, Μαΐου.

Chaclioutaki, M.E., Pantidos, P. & Kampeza, M. (2016). Changing semiotic modes indicates the introduction of new elements in children's reasoning: the case of earthquakes. *Educational Journal of the University of Patras UNESCO Chair*, 3(2), 198-208.

Chang, N. (2012). What are the roles that children's drawings play in inquiry of science concepts? *Early Child Development and Care*, 182(5), 621-637.

Cook, S. W. & Goldin-Meadow, S. (2006). The role of gesture in learning: Do children use their hands to change their minds? *Journal of Cognition and Development*, *7*(2), 211-232.

Cox, S. (2005). Intention and meaning in young children's drawing. *International Journal of Art and Design Education*, 24(2), 115-125.

Einarsdottir, J., Dockett, S. & Perry, B. (2009). Making meaning: children's perspectives expressed through drawings. *Early Child Development and Care*, *179*(2), 217-232.

Givry, D. & Roth, W.-M. (2006). Toward a new conception of conceptions: Interplay of talk, gestures, and structures in the setting. *Journal of Research in Science Teaching*, *43*, 1086-1109.

Givry, D. & Tiberghien, A. (2012). Studying students' learning processes used during physics teaching sequence about gas with networks of ideas and their domain of applicability. *International Journal of Science Education*, *34*(2), 223-249.

Hostetter, A. B., Alibali, M. W. & Kita, S. (2007). I see in my hands' eye: Representational gestures reflect conceptual demands, *Language and Cognitive Processes*, *22*(3), 313-336.

Jordan, B. & Henderson, A. (1995). Interaction analysis: Foundations and practice. *Journal of the Learning Sciences*, *4*(1), 39-103.

Kastens, K.A., Agrawal, S. & Liben, L.S. (2008). Research in science education: The role of gestures in geoscience teaching and learning. *Journal of Geoscience Education*, 56(4), 362-368.

Novack, M. & Goldin-Meadow, S. (2015). Learning from gesture: How our hands change our minds. *Educational Psychology Review*, *27*(3), 405-412.

Pine, K.J., Lufkin & N., Messer, D. (2004). More gestures than answers: Children learning about balance. *Developmental Psychology*, 40(6), 1059-1067.

Ping, M. R. & Goldin-Meadow, S. (2008). Hands in the air: Using ungrounded iconic gestures to teach children conservation of quantity. *Developmental Psychology, 44(5)*, 1277-1287.

Pouw, W. T. J. L., de Nooijer, J. A., van Gog, T., Zwaan, R. A. & Paas, F. (2014). Toward a more embedded/extended perspective on the cognitive function of gestures, *frontiers in Psychology*, 359(5), 1-14.

Pozzer-Ardenghi, L. & Roth, W. M. (2005). Photographs in lectures: Gestures as meaning-making resources. *Linguistics and Education*, *15*(3), 275-293.

Singer, M., Radinsky, J. & Goldman, S. R. (2008). The role of gesture in meaning construction. *Discourse Processes*, *45*(4-5), 365-386.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΙΟΣ-ΓΗ-ΣΕΛΗΝΗ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ιωάννης Σταράκης, Κρυσταλλία Χαλκιά
ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετώνται οι διαδικασίες μάθησης μαθητών της Ε' δημοτικού κατά τη διδασκαλία των κινήσεων του συστήματος Ήλιος–Γη–Σελήνη. Αποτυπώνονται γενικές τάσεις, αναφορικά με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν καθώς και τα κομβικά χαρακτηριστικά τα οποία διευκολύνουν την πορεία τους προς το συμπέρασμα. Από την έρευνα προκύπτει ότι υπάρχουν εκείνες οι διαδικασίες μάθησης που διευκολύνουν τους μαθητές να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά ισχυρές εναλλακτικές αντιλήψεις, όταν ανακύπτουν, και να συνδέσουν τις κινήσεις με παρατηρήσεις σχετιζόμενες με καθημερινά φαινόμενα.

Abstract

In the present paper, learning processes that k-5 students follow when teaching the basic movements of the Sun-Earth-Moon, are investigated. General trends regarding the difficulties faced by them and key features that facilitate the way to the conclusion, are reflected. According to the results of the research, students follow learning pathways that helps them to face effectively strong alternative conceptions, when they arise, and to link basic movements with observations related to phenomena of everyday life.

1. Εισαγωγή

Βασική προϋπόθεση κατανόησης της δομής του ηλιακού μας συστήματος αποτελεί η γνώση των αλληλεπιδράσεων του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη (Χαλκιά 2006). Οι αλληλεπιδράσεις αυτές αποτυπώνονται σε πολλά αστρονομικά φαινόμενα τα περισσότερα από τα οποία επηρεάζουν τη Γη ή είναι ορατά από αυτή. Κατά συνέπεια η κατανόηση των κινήσεων του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη θεωρείται προαπαιτούμενο για την κατανόηση των προαναφερθέντων φαινομένων, εφόσον καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την εξέλιξή τους (Treagust & Smith 1989, Taylor et. al 2003, Plummer et. al. 2011). Όπως προκύπτει από τη σχετική βιβλιογραφία (Lelliot & Rollnik 2010), στις περισσότερες διδακτικές παρεμβάσεις για τη διδασκαλία αστρονομικών φαινομένων, που εξαρτώνται από τις κινήσεις του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη, οι κινήσεις αυτές προσφέρονται δηλωτικά για να ερμηνευθούν στη συνέχεια τα φαινόμενα. Όταν όμως οι επιστημονικές πληροφορίες προσφέρονται, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις (Chinn & Brewer 1998), ελλοχεύει ο κίνδυνος η καινούρια πληροφορία να αφομοιωθεί στις υπάρχουσες γνωσιακές δομές (Duit & Treagust 2003).

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά ερωτήματα

Η παρούσα εργασία συνοψίζει μια έρευνα η οποία ενσωματώνοντας όλα τα παραπάνω στόχευε στη δημιουργία εννοιολογικού πλαισίου για τις κινήσεις του συστήματος Ήλιος-Γη-Σελήνη σε ένα κονστρουκτιβιστικό πλαίσιο μάθησης, υπό το ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα: *«Μπορούν μαθητές Ε' Δημοτικού να οικοδομήσουν την επιστημονική γνώση για τις βασικές κινήσεις του συστήματος Ήλιος–Γη–Σελήνη;»*. Το ερώτημα αυτό αναλύεται σε 3 επιμέρους ερωτήματα:

α) *«Μπορούν μαθητές Ε' Δημοτικού να οικοδομήσουν την επιστημονική γνώση ότι η Γη ιδιοπεριστρέφεται με περίοδο 24 ώρες;»*

β) *«Μπορούν μαθητές Ε' Δημοτικού να οικοδομήσουν την επιστημονική γνώση ότι η Σελήνη περιφέρεται γύρω από τη Γη με περίοδο ένα συνοδικό μήνα;»*

γ) *«Μπορούν μαθητές της Ε' Δημοτικού να οικοδομήσουν την επιστημονική γνώση ότι η Γη περιφέρεται γύρω από τον Ήλιο με περίοδο ένα έτος;»* Αρχικά αναλύθηκε η δομή του επιστημονικού περιεχομένου για τις κινήσεις και τα φαινόμενα με τα οποία συνδέονται. Η ανάλυση καθόρισε τις «βασικές» κινήσεις του συστήματος: α) ιδιοπεριστροφή Γης, β) περιφορά Σελήνης γύρω από τη Γη, γ) περιφορά Γης γύρω από τον Ήλιο.

Ακολούθησε η διερεύνηση αντιλήψεων για μερικά από τα προαναφερθέντα φαινόμενα η οποία οδήγησε στη δημιουργία μιας διδακτικής ακολουθίας για μαθητές 5ης Δημοτικού, αποτελούμενη από τρεις ενότητες: α) φαινόμενη κίνηση του Ήλιου, β) φαινόμενη κίνηση της Σελήνης, γ) εναλλαγή των εποχών.
Κάθε ενότητα της ακολουθίας αποτελεί προϋπόθεση «οικοδόμησης» του επιστημονικού μοντέλου μιας από τις προαναφερθείσες «βασικές» κινήσεις. Για την εφαρμογή της ακολουθίας χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος του «διδακτικού πειράματος» η οποία συνδυάζει στοιχεία κλασσικής συνέντευξης και διδασκαλίας (Komorek & Duit 2004).
Η ακολουθία εφαρμόστηκε σε 5 δημοτικά σχολεία της Αττικής, σε μαθητές Ε' τάξης. Συνολικά 40 μαθητές επιλέχτηκαν με τυχαία δειγματοληψία και χωρίστηκαν σε 10 τετράδες. Κάθε τετράδα συμμετείχε σε 3 διδακτικά πειράματα (1 για κάθε ενότητα της ακολουθίας) τα οποία βιντεοσκοπήθηκαν και διήρκησαν 2 διδακτικές ώρες έκαστο. Τα δεδομένα αναλύθηκαν με ποιοτικές μεθόδους ανάλυσης περιεχομένου (Erickson 1998).

3. Αποτελέσματα

Στην παράγραφο αυτή συνοψίζονται τα αποτελέσματα της έρευνας καθώς αποτυπώνονται οι γενικές τάσεις, αναφορικά με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές και τα κομβικά εκείνα χαρακτηριστικά τα οποία διευκολύνουν την πορεία τους προς το συμπέρασμα.
Στην παρούσα εργασία εστιάζουμε στις τάσεις που διαπερνούν συνολικά τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αντιμετωπίζουν τη διδασκαλία των βασικών κινήσεων του συστήματος Ήλιος–Γη–Σελήνη. Οι αντίστοιχες τάσεις αναφορικά με τη διδασκαλία των φαινόμενων της διδακτικής ακολουθίας έχουν παρουσιαστεί σε άλλες εργασίες (Σταράκης & Χαλκιά 2013, Σταράκης & Χαλκιά 2015).
Από την ανάλυση διαλόγων φαίνεται πως οι μαθητές μπορούν να «οικοδομήσουν» τις βασικές κινήσεις του συστήματος Ήλιος–Γη–Σελήνη. Παρακάτω παρουσιάζονται οι γενικές τάσεις που προκύπτουν καθώς και σχετικοί διάλογοι στο πλαίσιο των διδακτικών πειραμάτων Στους διαλόγους που παρατίθενται κάθε μαθητής/ρια χαρακτηρίζεται:

Α. από έναν αριθμό «1 έως 10» ο οποίος αντιπροσωπεύει την ομάδα στην οποία ανήκει

Β. από ένα γράμμα «Α έως Δ», το οποίο αντιπροσωπεύει με τη σειρά του τον/την ίδιο/α ακολουθώντας την αλφαβητική σειρά των ονομάτων τους.

Με τον αριθμό 0 χαρακτηρίζεται ο εκπαιδευτικός/ερευνητής.

3.1 Συνδυασμός των βασικών κινήσεων

Παρά το γεγονός πως κάθε ένα από τα διδακτικά πειράματα πραγματεύεται την οικοδόμηση μιας εκ των βασικών κινήσεων, οι μαθητές φαίνεται ότι δε δυσκολεύονται να τις συνδυάσουν προκειμένου να αναπτύξουν ένα ολοκληρωμένο μοντέλο συνδυασμού τους:

(Οι μαθητές καλούνται στο τέλος του τρίτου διδακτικού πειράματος να απαντήσουν σε ερώτημα αναφορικά με τις σχετικές θέσεις Ήλιου – Γης – Σελήνης σε χρονικό ορίζοντα ενός έτους)

0: Βλέπετε στη φωτογραφία τη Σελήνη να φαίνεται στον ουρανό στις 11 και 45 π.μ. Πόσες φορές μπορούμε να δούμε τη Σελήνη στο σημείο αυτό μέσα σε ένα χρόνο; 1Γ: Περίπου 1 φορά το μήνα.

0: Γιατί; 1Γ: Γιατί έχουμε μάθει ότι περίπου ένα μήνα κάνει η Σελήνη το γύρο της γύρω από τη Γη.

1Α: Άρα αν σήμερα στις 11 και 45 το βλέπω εδώ, αύριο θα το βλέπω λίγο πιο εκεί γιατί η Σελήνη θα έχει κουνηθεί λίγο. Μετά από 1 μήνα περίπου όμως….

1Δ: 28,8 μέρες θες να πεις.
1Α: Ναι ακριβώς, θα έχει κάνει έναν ολόκληρο κύκλο και θα την δω πάλι εδώ.

0: Σε ένα χρόνο πόσες φορές;
1Δ: Περίπου 12.

1Α: Όχι. 13 νομίζω γιατί δεν είναι κάθε 30 αλλά κάθε 28,8 μέρες.

1Β: Ναι αλλά μάθαμε σήμερα ότι η Γη κινείται και γύρω από τον Ήλιο. Μετά από 1 μήνα που θα έχει μετακινηθεί η Σελήνη ένα κύκλο γύρω από τη Γη, η Γη θα έχει φύγει λίγο.

1Γ: Αλλά η Σελήνη θα ακολουθεί τη Γη, οπότε δεν αλλάζει κάτι.
1Β: Δίκιο έχεις.

3.2 Αλλαγές συστημάτων αναφοράς

Οι μαθητές μπορούν να δώσουν ερμηνείες για τα υπό εξέταση φαινόμενα, κάνοντας αυτόματη μετάβαση από το σημείο αναφοράς ακίνητου παρατηρητή στη Γη (παρατήρηση) στο σημείο αναφοράς ακίνητου παρατηρητή εκτός του Ηλιακού Συστήματος (ερμηνεία παρατήρησης):

(Διατύπωση αρχικής ιδέας για την ερμηνεία της φαινόμενης κίνησης της Σελήνης στο δεύτερο διδακτικό πείραμα)

5Γ: Τη Σελήνη τη βλέπουμε να αλλάζει θέση όσο περνά η ώρα γιατί η Γη κινείται, και η Σελήνη θα φαίνεται σα να μετακινείται.

0: Όταν λες η Γη κινείται, τι εννοείς;
5Γ: Θα γυρίζει η Γη γύρω από τον εαυτό της, και το φεγγάρι θα φαίνεται σα να μετακινείται.

0: 5Β πως σου φαίνεται αυτό το σενάριο;

5Β: Έχει λογική γιατί αν κινείται η Γη γύρω από τον εαυτό της, όπως και ο Ήλιος, η Σελήνη θα φαίνεται να αλλάζει θέση χωρίς να χρειάζεται να κινείται.

0: Εσένα 5Α πως σου φαίνεται;

5Α: Αρκετά λογικό. Γιατί άμα είναι στο ίδιο σημείο το φεγγάρι αλλά κουνιέται η Γη (δείχνει ιδιοπεριστροφή με το χέρι του)… Όπως θα πηγαίνει η Γη προς τα αριστερά, το φεγγάρι θα φαίνεται να έχει πάει λίγο προς την άλλη μεριά.

3.3 Ταυτόχρονη λειτουργικότητα ερμηνειών

Οι μαθητές αντιλαμβάνονται ότι δύο διαφορετικά μοντέλα κίνησης μπορεί να φαίνονται εξίσου λειτουργικά για να ερμηνεύσουν ένα φαινόμενο, αλλά ότι μόνο ένα είναι το επιστημονικά αποδεκτό. Για παράδειγμα, στη φαινόμενη κίνηση του Ήλιου η πορεία των μαθητών προς το συμπέρασμα δεν επηρεάζεται από το ότι τόσο η γεωκεντρική αντίληψη όσο και η επιστημονική μπορούν να εξηγήσουν το φαινόμενο:

(Οι μαθητές καλούνται στο πρώτο διδακτικό πείραμα να προβλέψουν το περιεχόμενο ενός βίντεο το οποίο δείχνει τη Γη από το διαστημικό λεωφορείο Messenger καθώς αυτό απομακρύνεται από αυτή)

0: Με βάση τις απαντήσεις σας, αν ισχύει το 1^{ο} σενάριο (Ήλιος ακίνητος, περιστροφή Γης γύρω από το νοητό της άξονα) τι θα φαίνεται στο βίντεο καθώς θα απομακρύνεται το διαστημόπλοιο; 5Α: Να μη φαίνεται αυτό το κομμάτι της Γης που είναι φωτισμένο αλλά κάποιο άλλο γιατί η

Γη θα γυρίζει γύρω από τον εαυτό της.

0: Οι υπόλοιποι συμφωνείτε; (απαντούν όλοι θετικά). Ο Ήλιος;
5Γ: Ο Ήλιος πρέπει να είναι από τα αριστερά.

5Δ: Ναι, γιατί από εκεί είναι φωτισμένη η Γη.

5Γ: Και επειδή σε αυτή την εξήγηση μένει ακίνητος θα συνεχίζει να φωτίζει αυτό το αριστερό κομμάτι της Γης.

0: Οι υπόλοιποι τι λέτε; (συμφωνούν όλοι)

0: Αν ισχύει το άλλο σενάριο (Γη ακίνητη, περιφορά Ήλιου γύρω από Γη) το οποίο προτείνατε, τι περιμένετε να δείτε στο βίντεο; 5Δ: Περιμένω τη Γη να μείνει εκεί που βρίσκεται.

0: Συμφωνείτε οι υπόλοιποι; (όλοι λένε ναι). Και ο Ήλιος; 5Β: Ο Ήλιος θα εμφανιστεί κάποια στιγμή στην οθόνη όπως θα γυρίζει γύρω από τη Γη. (οι υπόλοιποι συμφωνούν)

3.4 Όταν μια κίνηση δεν εξηγεί ένα φαινόμενο, δεν υπάρχει

Εμπόδια στα μονοπάτια μάθησης φάνηκε να δημιουργεί η αντίληψη αυτή κυρίως σε σχέση με την περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο. Πολλοί μαθητές αρχικά ισχυρίστηκαν ότι εξηγεί τη φαινόμενη κίνηση του Ήλιου. Η διαπίστωση ότι αυτό δεν ισχύει, εμπόδισε μερικούς να δεχτούν στη συνέχεια ότι η κίνηση αυτή εξηγεί την αλλαγή της γωνίας πρόσπτωσης της Ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στα δύο ημισφαίρια της Γης:

(Κατά τη διάρκεια της οικοδόμησης της πληροφορίας ότι η περιφορά της Γης γύρω από τον Ήλιο επηρεάζει την εναλλαγή των εποχών, στο τρίτο διδακτικό πείραμα) 2Δ: Κύριε, να ρωτήσω κάτι;

0: Σε ακούμε.

2Δ: Εμείς δεν είπαμε την άλλη φορά με τον Ήλιο, ότι η Γη δε γυρίζει γύρω από τον Ήλιο γιατί αν γύριζε τότε κάποια μέρη στη Γη θα είχαν μόνο μέρα; Πώς γίνεται τώρα αυτή η κίνηση να εξηγεί την αλλαγή στις εποχές; Αφού είδαμε ότι δε γίνεται.

0: Εσείς τι λέτε; Συμφωνείτε με τον 2δ;

2Γ: Ναι, λογικό είναι αυτό που λέει αλλά άλλη κίνηση που να εξηγεί την αλλαγή των εποχών δεν υπάρχει.

0: Εσύ 2β;
2Β: Δεν είμαι σίγουρος.
Διδακτικά το γεγονός αυτό χρήζει διερεύνησης

3.5 Δυσκολία να προσδιοριστεί η φορά των κινήσεων

Παρά το γεγονός ότι στα διδακτικά πειράματα δε φάνηκε να δυσκολεύονται οι μαθητές να οικοδομήσουν τη φορά των κινήσεων, όταν χρειάστηκε να την ανακαλέσουν σε επόμενες δραστηριότητες, αρκετοί δεν μπορούσαν:

(Διατύπωση αρχικής ιδέας για την ερμηνεία της φαινόμενης κίνησης της Σελήνης στο δεύτερο διδακτικό πείραμα)

4Γ: Η Γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της και έτσι μας φαίνεται ότι το φεγγάρι κινείται.

(αφού πουν όλοι τη γνώμη τους για το σενάριο αυτό, σηκώνονται για να το υποστηρίξουν με σωματική προσομοίωση. Ο 4Γ προσομοιώνει τη Γη και ο 4Β τη Σελήνη)

0: Λοιπόν, Γη θα μας λες δυνατά τι γίνεται;

4Γ: Εγώ γυρίζω γύρω από τον εαυτό μου (κάνει δεξιόστροφη ιδιοπεριστροφή)… *και έτσι βλέπω τη Σελήνη να αλλάζει θέση ενώ στην πραγματικότητα είναι ακίνητη.*

0: Προς τα πού φαίνεται να πηγαίνει η Σελήνη;
4Γ: Προς την άκρη, αριστερά.

0: Στις φωτογραφίες προς τα πού είδαμε να πηγαίνει η Σελήνη; 4Α: Προς τα δεξιά πάει κύριε. Άρα από την άλλη πρέπει να γυρίσει η Γη. Το είδαμε και χτες. 4Γ: Σωστά το λέει ο 4Α. Από εδώ πρέπει να γυρίσω. Από τα αριστερά.
Διδακτικά το γεγονός αυτό χρήζει διερεύνησης.

3.6 Έχει σημασία η σειρά με την οποία διδάσκονται οι βασικές κινήσεις

Από την εφαρμογή των διδακτικών πειραμάτων προέκυψε πως αν η διδασκαλία της ιδιοπεριστροφής της Γης ακολουθήσει τις άλλες δύο, μπορεί να δημιουργηθούν εμπόδια αναφορικά με την οικοδόμηση αντιλήψεων για τις δύο αυτές κινήσεις. Για παράδειγμα, χωρίς τη γνώση αυτή οι μαθητές θα μπορούσαν να εξηγούν τη φαινόμενη κίνηση της Σελήνης υιοθετώντας γεωκεντρικές αντιλήψεις:

(απόσπασμα από αρχικές απόψεις μαθητών αναφορικά με την ερμηνεία της φαινόμενης κίνησης της Σελήνης στο δεύτερο διδακτικό πείραμα)

10Β: Εγώ πιστεύω ότι η Γη μένει ακίνητη ενώ η Σελήνη περιστρέφεται γύρω της αργά αργά.
0: 10Γ εσύ τι λες;
10Γ: Εμένα δε μου φαίνεται και τόσο λογικό.
10Β: Γιατί;
10Γ: Γιατί η Γη γυρίζει γύρω από τον εαυτό της όπως είδαμε χτες. Όποτε δε γίνεται να είναι αυτή ακίνητη όπως λέει στο σενάριό του ο 10β.
10Β: Δίκιο έχει. Άρα το σενάριό μου δεν έχει λογική.
10Δ: Όντως δε γίνεται να μένει η Γη ακίνητη.

Διδακτική πρόταση

Η διδασκαλία της ιδιοπεριστροφής της Γης πρέπει να προηγείται της διδασκαλίας των άλλων κινήσεων.

3.7 Όσο πιο σύνθετος είναι ένας συνδυασμός κινήσεων τόσο οι μαθητές δυσκολεύονται να τον αναπαραστήσουν νοητικά

Όταν οι μαθητές υιοθετούν συνδυασμούς κινήσεων που απαιτούν υψηλές δεξιότητες αντίληψης χώρου, μειώνεται η εσωτερική συνοχή των εξηγήσεων τους. Οι δυσκολίες αυτές ανιχνεύονται κυρίως στο συνδυασμό της ιδιοπεριστροφής της Γης με την περιφορά της Σελήνης γύρω από τη Γη (στη φαινόμενη κίνηση της Σελήνης) και στο συνδυασμό της περιφοράς της Γης γύρω από τον Ήλιο με την σταθερή κλίση του άξονα της (στην εναλλαγή των εποχών).

Διδακτική πρόταση

Το εμπόδιο αντιμετωπίστηκε με μοντελοποίηση των κινήσεων μέσω σωματικής προσομοίωσης *(στις φαινόμενες κινήσεις)* και φυσικών μοντέλων *(στην εναλλαγή των εποχών)* αφού οι διαδικασίες μοντελοποίησης διευκολύνουν την αναπαράσταση του τρισδιάστατου χώρου και των κινήσεων που πραγματοποιούνται σε αυτόν (Hegarty 2010).

3.8 Συχνότητα των Εκλείψεων

Κατά το συσχετισμό των βασικών κινήσεων με τις σχετικές θέσεις Ήλιου-Γης-Σελήνης, κάποιοι δεν αποδέχονται ότι η Σελήνη μπαίνει ανάμεσα στον Ήλιο και τη Γη με συχνότητα ένα συνοδικό μήνα, θεωρώντας ότι αυτό καθορίζει και τη συχνότητα των εκλείψεων:

(Σχολιασμός της επιστημονικά αποδεκτής εξήγησης για τη φαινόμενη κίνηση της Σελήνης στο δεύτερο διδακτικό πείραμα)

3Δ: Εγώ νομίζω ότι το σενάριο αυτό έχει ένα πρόβλημα.
0: Για πες, λοιπόν, 3Δ, τι πρόβλημα έχει το σενάριο αυτό;

3Δ: Αν όπως λέμε, η Γη γυρίζει και γυρίζει και το Φεγγάρι γύρω της, κάποια στιγμή όπως πάει λίγο-λίγο κάθε μέρα, σε κάποια στιγμή θα γίνει έκλειψη του Ήλιου γιατί θα έχει πάει το Φεγγάρι μπροστά από τον Ήλιο.

Διδακτική πρόταση

Η ανάλυση διαλόγων αποκάλυψε ότι οι μαθητές συσχετίζουν τις εκλείψεις με τα σχετικά μεγέθη των σωμάτων καθώς θεωρούν ότι για να έχουμε έκλειψη Ηλίου θα πρέπει η Σελήνη να εμποδίζει όλο το ηλιακό φως. Στις περιπτώσεις αυτές, η αναφορά στα σχετικά μεγέθη Ήλιου–Γης–Σελήνης φαίνεται να βοηθάει τους μαθητές να ξεπεράσουν το εμπόδιο:

3Γ: Εγώ ξέρω ότι ο Ήλιος είναι πολύ πιο μεγάλος από τη Γη και το Φεγγάρι.

3Δ: Και τι σημασία έχει αυτό;
3Γ: Αν ο Ήλιος είναι τόσος (σχηματίζει μια τεράστια αγκαλιά με τα χέρια του) τότε το φεγγάρι είναι σαν τη μύτη του μολυβιού. Θα έχει πρόβλημα να φωτίσει τη Γη;

3Δ: Δεν ήξερα ότι έχουν τόσο μεγάλη διαφορά. Αν είναι έτσι, όχι, δε θα έχει πρόβλημα. Το θέμα είναι να περνάνε οι ακτίνες. Αν περνάνε δεν έχουμε έκλειψη.

3.9 Σελήνη είναι πάντα ορατή τη νύχτα

Αυτή η προϋπάρχουσα αντίληψη εμποδίζει την οικοδόμηση του επιστημονικού μοντέλου των σχετικών θέσεων Ήλιου–Γης–Σελήνης, καθώς υποβάλλει αντιλήψεις που τοποθετούν τη Σελήνη και τον Ήλιο συνεχώς σε εκ διαμέτρου αντίθετες της Γης, θέσεις:

(ο 3Β προσομοιώνει τη Γη κατά τη διαδικασία «οικοδόμησης» της επιστημονικής πληροφορίας ότι

η Σελήνη κινείται γύρω από τη Γη, στο δεύτερο διδακτικό πείραμα. Κάποια στιγμή, ενώ έχει αντιληφθεί ότι κάθε μέρα η Σελήνη θα έχει κάνει ένα μικρό κομμάτι στην τροχιά της γύρω από τη Γη και ενώ έχει αφήσει να περάσουν πολλά 24ωρα για τις ανάγκες της σωματικής προσομοίωσης, συνειδητοποιεί ότι έρχεται η στιγμή που το βράδυ δεν είναι ορατή η Σελήνη)

3Β: Και εγώ τη νύχτα τι θα βλέπω;
3Α: Κανέναν, τίποτα.
3Β: Δε θα βλέπω το Φεγγάρι;
3Γ: Όχι γιατί έχει πάει από την άλλη μεριά.
3Β: Και θα βλέπω το Φεγγάρι τη μέρα και όχι τη νύχτα; Αδύνατον.

Διδακτική πρόταση

Η δυνατότητα παρατήρησης της Σελήνης τη μέρα και της παράλληλης απουσίας της τη νύχτα από τον ουρανό, φαίνεται να βοηθάει τους μαθητές να ξεπεράσουν και αυτό το εμπόδιο:

0: Θα σας δείξω αυτή τη φωτογραφία που τραβήχτηκε από το ίδιο σημείο όπως και οι υπόλοιπες, στις 14/8, στις 11 και 45 π.μ, όπως γράφει και πάνω.
3Β: Παναγίτσα μου, πώς γίνεται αυτό; (βλέπει το φεγγάρι στις 11:45 π.μ)

(ο 3Γ που προσομοιώνει τη Σελήνη στη σωματική προσομοίωση μετακινείται ανάμεσα στον 3Α που προσομοιώνει τον Ήλιο και στον 3Β που προσομοιώνει τη Γη και λέει απευθυνόμενος στον 3Β):

3Γ: Γίνεται γιατί τώρα το Φεγγάρι είναι ακριβώς εδώ. Τώρα το βλέπεις τη μέρα αλλά τη νύχτα δεν το βλέπεις.
3Β: (χτυπάει παλαμάκια χαρούμενος) Αυτό είναι, λοιπόν, το βρήκα!!!

4. Συμπεράσματα

Όπως προκύπτει από την έρευνα, οι βασικές κινήσεις του συστήματος Ήλιος–Γη–Σελήνη μπορούν να διδαχτούν σε ένα κονστρουκτιβιστικό πλαίσιο μάθησης, στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν εκείνες οι διαδικασίες μάθησης που διευκολύνουν τους μαθητές να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά ισχυρές εναλλακτικές αντιλήψεις όταν ανακύπτουν και να συνδέσουν τις κινήσεις αυτές, με παρατηρήσεις σχετιζόμενες με φαινόμενα της καθημερινότητας. Παρόλα αυτά θα είχε πρακτική αξία να εξελιχθεί η προτεινόμενη διδακτική ακολουθία με τη διαφοροποίηση και τον εμπλουτισμό του διδακτικού υλικού σύμφωνα με τα συμπεράσματα της έρευνας αλλά και την εφαρμογή της σε συνθήκες πραγματικής τάξης.

5. Βιβλιογραφία

Σταράκης, Ι. & Χαλκιά Κ. (2013*). Ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αξιολόγηση μιας ακολουθίας διδασκαλίας και μάθησης για τη φαινόμενη κίνηση της Σελήνης*. Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, (σελ. 314-322), Βόλος 26-28 Απριλίου 2013.

Σταράκης, Ι. & Χαλκιά Κ. (2015*). Διδακτική προσέγγιση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση.* Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, (σελ. 287-295), Θεσσαλονίκη 8-10 Μαϊου 2015.

Χαλκιά, Κ. (2006). *Το Ηλιακό Σύστημα μέσα στο Σύμπαν*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Chinn, C. A., Brewer. W.F. (1998), Theories of Knowledge Acquisition, In B.J Fraser & K.G. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education* (97-113), Kluwer Academic Publishers.

Duit, R., Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning, *International Journal of Science Education*, 25(6), 671-688.

Erickson, F. (1998) Qualitative Research Methods for Scince Education. In B, J. Fraser & K. G.Tobin (Eds): *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer, 1155-1173.

Hegarty, M. (2010). Components of Spatial Intelligence, *Phychology of Learning and Motivation,* 52, 265-297.

Komorek, M. & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26(5), 619-633.

Lelliott,A., Rollnick, M. (2010).Big Ideas: A review of astronomy education research 1974–2008. *International Journal of Science Education,* 32(13), 1771-1799.

Plummer, J. D., Wasko, K. & Slagle, C. (2011). Children learning to explain daily celestial motion: Understanding astronomy across moving frames of reference. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1963–1992.

Taylor, I., Barker, M., Jones, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education, *International Journal of Science Education*, 25(10), 1205-1225.

Treagust, D.F., Smith, C.L. (1989) Secondary students' understanding of gravity and the motion of planets. *School Science & Mathematics*, 89(5), 380–391.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΝΟΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ: ΟΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΓΗ

Γιούλη Βαϊοπούλου, Γεώργιος Παπαγεωργίου
ΠΤΔΕ, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Περίληψη

Στη βιβλιογραφία, σχετικά με τη φύση της γνώσης των παιδιών για τα φυσικά φαινόμενα έχουν διατυπωθεί δύο αντίθετες θεωρίες. Η μία αντιμετωπίζει τις νοητικές αναπαραστάσεις ως *συνεκτικά νοητικά μοντέλα*, ενώ η άλλη τις χαρακτηρίζει ως *κατακερματισμένη* γνώση. Στην παρούσα έρευνα, όπου συμμετείχαν 184 μαθητές Δημοτικού Σχολείου, οι αντιλήψεις των συμμετεχόντων για τη Γη εξετάστηκαν με τη μέθοδο *Ανάλυσης Λανθανουσών Κατηγοριών*. Ως εργαλείο αξιοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο με κλειστές ερωτήσεις και εικόνες που αντιστοιχούσαν στα θεωρητικά νοητικά μοντέλα που έχουν προταθεί στη βιβλιογραφία. Τα αποτελέσματα υπέδειξαν ότι οι αντιλήψεις των μαθητών για τη Γη δεν χαρακτηρίστηκαν από ομοιογένεια και, ως εκ τούτου, δεν υποστηρίχθηκε η υπόθεση της *συνεκτικής γνώσης*.

Abstract

Research on pupils' conceptions for the earth has revealed certain mental models from the theoretical perspective, known as the *coherent* or the *theory-like* knowledge. On the other hand, the *fragmented* knowledge hypothesis does not accept the existence of such models. Recently, the debate between the two theories has been brought up into consideration by advances in methodology and statistical analysis. In this paper, participants' conceptions for the Earth were analyzed using *Latent Class Analysis*. Pupils (*N*=184) of grades 1-3, completed a closed-ended questionnaire, which uses illustrations that refer to certain mental models. The results did not support the existence of these coherent mental models.

1. Εισαγωγή

Ένα θεμελιώδες ερώτημα που απασχολεί διαχρονικά τη γνωστική ψυχολογία και τη διδακτική των φυσικών επιστημών αφορά στον τρόπο που τα παιδιά αποκτούν την επιστημονική γνώση για τα φυσικά και χημικά φαινόμενα, δεδομένης της πληθώρας των παρανοήσεων που επιδρούν στη μαθησιακή διαδικασία. Ένα ενδιαφέρον θέμα, που έχει αποτελέσει το αντικείμενο πολλών ερευνών, είναι η κατανόηση του ότι η Γη είναι σφαιρική και κινείται σε τροχιά γύρω από τον ήλιο, παρότι οι καθημερινές εμπειρίες υποδεικνύουν ότι είναι επίπεδη και ακίνητη. Η εννοιολογική ανάπτυξη των παιδιών σε αυτό τον τομέα έχει μελετηθεί από πολλούς επιστήμονες. Οι Vosniadou και Brewer (1992, 1994) εξέτασαν τη γνώση για τη Γη σε μαθητές 6-11 ετών, όπου μεθοδολογικά αξιοποιήθηκαν συνεντεύξεις, ανοικτές τύπου ερωτήσεις και ζωγραφιές των παιδιών. Η ανάλυση των δεδομένων κατέληξε στην ταυτοποίηση ενός μικρού αριθμού συνεκτικών νοητικών μοντέλων για τη Γη (Vosniadou & Brewer 1992).

Ανάλογα αποτελέσματα προέκυψαν και από μια σειρά ερευνών που πραγματοποιήθηκαν σε χώρες με διαφορετικό πολιτισμικό υπόβαθρο (π.χ. Brewer et al. 1987, Diakidoy et al. 1997, Hayes et al. 2003). Παρότι εντοπίστηκαν ορισμένες διαφορές, θεωρείται ότι οι αντιλήψεις των παιδιών για τη Γη σε γενικές γραμμές είναι κοινές. Ως εκ τούτου, διατυπώθηκε η υπόθεση των νοητικών μοντέλων, σύμφωνα με την οποία τα παιδιά, πριν την απόκτηση της επιστημονικής γνώσης, σχηματίζουν νοητικά μοντέλα για τη Γη, τα οποία, όμως είναι σταθερά και *συνεκτικά.* Αυτά τα μοντέλα δημιουργούνται υπό την επίδραση των καθημερινών παρατηρήσεων και εμπειριών και είναι συνεκτικά σε βαθμό που προσομοιάζουν με θεωρία (theory-like). Στοιχεία μιας τέτοιου είδους αφελούς θεωρίας είναι η πεποίθηση ότι η Γη είναι επίπεδη και ότι τα αντικείμενα που δεν στηρίζονται πέφτουν από αυτή και οδηγούν στο σχηματισμό του μοντέλου της Γης ως δίσκο ή παραλληλεπίπεδο. Όταν ένα παιδί προσπαθεί να ενσωματώσει την επιστημονική πληροφορία για το πραγματικό σχήμα της Γης, σχηματίζονται ορισμένα συνθετικά μοντέλα. Μεταξύ αυτών συγκαταλέγονται το μοντέλο της κοίλης Γης, όπου οι άνθρωποι ζουν σε επίπεδο έδαφος, αλλά μέσα σε μία κοίλη Γη, το μοντέλο της 'διπλής Γης', που συνίσταται σε μία σφαιρική Γη ψηλά στον ουρανό και σε μία επίπεδη όπου ζουν οι άνθρωποι, καθώς και το μοντέλο της 'πεπλατυσμένης σφαίρας' το οποίο αντιπροσωπεύει ένα αντικείμενο στρογγυλό στις άκρες με επίπεδες επιφάνειες πάνω και κάτω, στις οποίες ζουν οι άνθρωποι. Τα μοντέλα αυτά θεωρούνται ιεραρχικά, καθώς υποδηλώνουν την ύπαρξη κάποιας εξέλιξης, στο τέλος της οποίας η ανάπτυξη του παιδιού επιτρέπει την τελική υιοθέτηση του επιστημονικού μοντέλου (Vosniadou 1994, Samarapungavan et al. 1996).

Έρευνες που ακολούθησαν την ίδια με τις παραπάνω έρευνες μεθοδολογία κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι κυρίαρχα νοητικά μοντέλα είναι τόσο τα αρχικά όσο και τα συνθετικά μοντέλα που αναφέρθηκαν παραπάνω, ενώ βρέθηκαν και κάποια διαφορετικά μοντέλα σε παιδιά προερχόμενα από άλλα πολιτισμικά περιβάλλοντα (Samarapungavan et al. 1996, Nobes et al. 2003). Επιπλέον, προέκυψαν στοιχεία από ορισμένες διαπολιτισμικές μελέτες που υποδηλώνουν ασυνεπή γνώση, υποστηρίζοντας την υπόθεση της κατακερματισμένης γνώσης. Μια σειρά από έρευνες επιχείρησαν να αναπαράγουν τα παραπάνω αποτελέσματα, με τη χρήση εικόνων και μοντέλων τριών διαστάσεων και κλειστές ερωτήσεις επιλογής (Nobes et al. 2003, Nobes et al. 2005, Panagiotaki 2003, Panagiotaki et al. 2006b, Siegal, et al. 2004), καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι η γνώση των παιδιών για τη Γη δεν είναι συνεπής και συνεκτική, όπως μια θεωρία, αλλά ασυνεπής και, ως εκ τούτου, υποστηρίζουν την υπόθεση της κατακερματισμένης γνώσης. Σύμφωνα με αυτή την οπτική, η γνώση των παιδιών αποτελείται από 'κομμάτια γνώσης', γνωστά ως p-prims, τα οποία διασυνδέονται χαλαρά και οργανώνονται αντίστοιχα, όταν επέρχεται η εννοιολογική αλλαγή σύμφωνα με την επιστημονική άποψη (diSessa 1988, diSessa et al. 2004, Harrison et al. 1999).

Η συζήτηση μεταξύ των δύο αντιθέτων προσεγγίσεων στην εννοιολογική αλλαγή, δηλαδή των *νοητικών μοντέλων* και της *κατακερματισμένης γνώσης*, έχει σημαντικές θεωρητικές και πρακτικές προεκτάσεις. Πρώτον, η φύση της αφελούς γνώσης των παιδιών προσδιορίζει τις διαδικασίες της εννοιολογικής ανάπτυξης και δεύτερον, η θεωρία σχετίζεται άμεσα με την προτεινόμενη μέθοδο διδασκαλίας. Ο σχετικός διάλογος υφίσταται εδώ και δεκαετίες, καθώς και οι δύο υποθέσεις φαίνεται ότι υποστηρίζονται εμπειρικά, ενώ διάφορα μεθοδολογικά ζητήματα αναφορικά με τη συλλογή των δεδομένων και την ανάλυση έχουν επίσης αποτελέσει αντικείμενο συζήτησης (Panagiotaki et al. 2006, Straatemeier et al. 2008, Stamovlasis et al. 2013). Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στο να συνεισφέρει σε αυτό το διάλογο, επανεξετάζοντας τη γνώση των μαθητών για τη Γη, εφαρμόζοντας την *Ανάλυση Λανθανουσών Ομάδων*, μια προχωρημένη στατιστική μεθοδολογία. Η συγκεκριμένη μεθοδολογική προσέγγιση έχει προταθεί και εφαρμοστεί για τα μοντέλα των παιδιών για τη Γη σε διαφορετικό πληθυσμό (Straatemeier et al. 2008). Δεδομένων των ευρημάτων της παραπάνω έρευνας και της συνέχειας του διαλόγου επάνω στο επίμαχο ζήτημα, των νοητικών αναπαραστάσεων των παιδιών, η παρούσα έρευνα επιχειρεί

να επανεξετάσει τις εν λόγω ερευνητικές υποθέσεις στον ελληνικό πληθυσμό, διερευνώντας την ύπαρξη συνεκτικών νοητικών μοντέλων σε μαθητές της Α', Β' και Γ' Δημοτικού.

2. Μεθοδολογία

Τα μεθοδολογικά ζητήματα που προέκυψαν από τα αντιφατικά ευρήματα αφορούν αφενός στη συλλογή δεδομένων κι αφετέρου στη μέθοδο ανάλυσής τους (Panagiotaki et al. 2006, Straatemeier et al. 2008). Συγκεκριμένα, οι έρευνες, που υποστηρίζουν τη θεωρία των συνεπών νοητικών μοντέλων (π.χ. Siegal et al. 2004, Vosniadou et al. 2004), πραγματοποιήθηκαν μέσω συνεντεύξεων, ζωγραφιών των μαθητών και ερωτήσεων ανοιχτού τύπου. Αντιθέτως, οι έρευνες που βασίστηκαν σε τρισδιάστατα μοντέλα ή εικόνες και διατυπωμένες -κλειστού τύπου- απαντήσεις, υποστηρίζουν την υπόθεση της κατακερματισμένης γνώσης (Nobes et al. 2003, 2005, Panagiotaki et al. 2006, Siegal et al. 2004). Ωστόσο, το σημαντικότερο ζήτημα στις έρευνες αυτές είναι η μέθοδος ταξινόμησης, δηλαδή η μέθοδος εκείνη που αξιοποιείται, ώστε να καθοριστεί σε ποιο νοητικό μοντέλο θα ταξινομηθεί το κάθε παιδί σύμφωνα με τις απαντήσεις του. Η συχνότερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η *Rule Assessment Methodology (*RAM) (Siegler 1976, 1981), η οποία ακολουθείται από πολλούς ερευνητές των νοητικών μοντέλων (Vosniadou 1994, Vosniadou & Brewer 1992, Johnson 1988). Σύμφωνα με αυτή, ο ερευνητής προκαθορίζει τον απαιτούμενο βαθμό αντιστοιχίας μεταξύ των αναμενόμενων και των παρατηρούμενων μοτίβων απαντήσεων που δίνονται σε ένα ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο, ώστε κάθε συμμετέχων να κατηγοριοποιηθεί στο αντίστοιχο μοντέλο. Ο αποδεκτός βαθμός συμφωνίας μεταξύ αναμενόμενων και καταγεγραμμένων απαντήσεων είναι ζήτημα αυθαίρετης συμφωνίας (π.χ. συμφωνία κατά 80% ή 90%) και αυτό είναι το σοβαρότερο μειονέκτημα της RAM, διότι το αποδεκτό κριτήριο μπορεί να αλλάζει από μοντέλο σε μοντέλο, αλλά και με βάση τον αριθμό των ερωτήσεων που περιλαμβάνονται. Επιπλέον, δεν υπάρχει στατιστικό τεστ που να παρέχει κάποιο δείκτη «καλής προσαρμογής» για την προτεινόμενη κατηγοριοποίηση (Jansen & van der Maas 1997), ενώ, ταυτόχρονα, μπορούν να ανιχνευθούν μόνο τα προκαθορισμένα μοντέλα.

Οι νεότερες εξελίξεις στην πολυμεταβλητή στατιστική ανάλυση παρέχουν μία εναλλακτική μέθοδο κατηγοριοποίησης που είναι κατάλληλη για την ανίχνευση νοητικών μοντέλων από μεταβλητές ονομαστικού επιπέδου (Dayton 1998). Η Ανάλυση Λανθανουσών Ομάδων (ή Κατηγοριών) (Latent Class Analysis - LCA) εφαρμόζεται όταν, τόσο οι παρατηρήσιμες, όσο και οι λανθάνουσες μεταβλητές είναι κατηγορικές. Στην LCA εφαρμόζονται αλγόριθμοι που μπορούν να αναγνωρίσουν διακριτές ομάδες μέσα από τα δεδομένα. Αυτές οι ομάδες, όπου υποθετικά ανήκουν τα υποκείμενα, διαφέρουν ποιοτικά μεταξύ τους και, όταν προέρχονται από κατάλληλα δεδομένα, υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις, μπορεί να αντιπροσωπεύουν τα νοητικά μοντέλα που αναζητούνται. Οι ομάδες αυτές ονομάζονται *λανθάνουσες ομάδες/κατηγορίες* (*latent classes* - LC) και αναδεικνύονται με στατιστικά κριτήρια βασισμένα στην *υπό συνθήκη πιθανότητα*, δηλαδή την πιθανότητα που έχει ένα άτομο να δώσει μια συγκεκριμένη απάντηση, δεδομένου ότι ανήκει σε κάποια συγκεκριμένη λανθάνουσα ομάδα/κατηγορία (Magidson & Vermunt 2001). Εάν τα συνεκτικά νοητικά μοντέλα είναι υπαρκτά, η κατηγοριοποίηση της LCA που θα προκύψει, θα εμπεριέχει σε ένα περιορισμένο αριθμό λανθανουσών ομάδων/κατηγοριών με *υπό συνθήκη πιθανότητες*, που θα είναι συνεπείς με τα υποθετικά νοητικά μοντέλα. Στην περίπτωση που η ανάλυση της LCA καταλήξει σε λύση που εμπεριέχει μία μόνο κατηγορία, τότε η γνώση των μαθητών, όπως αυτή προκύπτει από τις απαντήσεις τους, δεν μπορεί να κατηγοριοποιηθεί σε ποιοτικώς διαφορετικά νοητικά μοντέλα και άρα θα είναι κατακερματισμένη. Η LCA, αντίθετα με άλλες μεθόδους κατηγοριοποίησης, παρέχει στατιστικούς δείκτες καλής προσαρμογής των δεδομένων με τα προτεινόμενα μοντέλα.

Δείγμα και μετρήσεις:

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή μαθητών δημοτικού σχολείου (N=184, ηλικία 6-8, M = 6.99, SD = 0.87) που φοιτούσαν στην Α' (n=70), Β' (n=45) και Γ' (n=69) τάξη, 86 εκ των οποίων ήταν κορίτσια και 98 αγόρια. Το δείγμα αποτελείται από μαθητές 12 τάξεων διαφορετικών σχολείων της Μακεδονίας, ενώ οι συμμετέχοντες προέρχονταν από διαφορετικά κοινωνικοοικονομικά στρώματα. Η συλλογή δεδομένων έγινε μέσω ερωτηματολογίου που αφορούσε στο σχήμα της Γης και τη βαρύτητα και πραγματοποιήθηκε με την καθοδήγηση δύο ερευνητών. Εργαλείο της έρευνας αποτέλεσε το ερωτηματολόγιο EARTH-2, που σχεδιάστηκε και αξιοποιήθηκε σε προηγούμενη έρευνα (Straatemeier et al. 2008). Πρόκειται για ένα δομημένο, μη λεκτικό εργαλείο, με προδιατυπωμένες απαντήσεις, το οποίο μπορεί να συμπληρωθεί εύκολα, ενώ παράλληλα δεν απαιτούνται, ιδιαίτερη εκπαίδευση των ερευνητών ή πολύπλοκα συστήματα κωδικοποίησης. Το EARTH-2 περιλαμβάνει έναν αριθμό εικόνων, οι οποίες αναπαριστούν τα επικρατέστερα μοντέλα που έχουν εντοπιστεί ερευνητικά σε πληθυσμούς του δυτικού κόσμου (Vosniadou & Brewer 1992, Vosniadou et al. 2004). Οι συμμετέχοντες πρέπει να επιλέξουν μόνο μία από τις διαθέσιμες προδιατυπωμένες απαντήσεις, αφού αποφασίσουν ποια ταιριάζει καλύτερα σε αυτό που έχουν στο μυαλό τους. Το ερωτηματολόγιο είναι διαθέσιμο στο διαδίκτυο.

Πίνακας 1. Ποσοστά των απαντήσεων των συμμετεχόντων στα ερωτήματα του EARTH-2

Ερώτηση	Υποθετικά νοητικά μοντέλα						
	Επίπεδη γη		Κοίλη γη	Διπλή γη	Πεπλατυσμένη σφαίρα	Χωρίς βαρύτητα	Επιστημονικό
1. Πώς μοιάζει η γη;	1.1		2.2	2.2	-	-	94.6
2. Ποια εικόνα δείχνει καλύτερα πού ζουν οι άνθρωποι στη γη;	12.0		13.0	-	1.1	19.6	54.3
3. Ποια εικόνα δείχνει καλύτερα πού βρίσκονται τα σύννεφα;	9.8		16.3	-	.5	31.5	41.8
4. Ποια εικόνα δείχνει καλύτερα τι θα συμβεί αν ένας γίγαντας κλωτσήσει μια μπάλα πολύ δυνατά;	Πέφτει από τη γη 7.1	Δεν πέφτει από τη γη 10.9	6.5	-	5.4	34.8	35.3
5. Ποια εικόνα δείχνει καλύτερα πού βρίσκονται τα δέντρα στη γη;	12.0		14.1		1.1	30.4	42.4
6. Πού βρίσκεται ο ήλιος τη νύχτα;	Σύννεφα 3.8	Ηλιοβασίλεμα 42.9	7.6	-	-	6.0	39.7
7. Τι θα συμβεί αν περπατήσεις ευθεία για πάρα πολύ καιρό;	Πέφτει από τη γη 3.3	Δεν πέφτει από τη γη 9.8	10.3	-	1.1	16.8	58.7
8. Ποια εικόνα μοιάζει περισσότερο στη γη;	1.1		4.9	.5	.5	-	92.9
9. Ποια εικόνα δείχνει καλύτερα πώς πέφτει η νύχτα;	Σύννεφα 10.3	Ηλιοβασίλεμα 40.8	8.7	-	-	19.0	21.2

Σημείωση: Το σημείο "-" αντιστοιχεί στα νοητικά μοντέλα που δεν αντιπροσωπεύτηκαν στη συγκεκριμένη ερώτηση.

3. Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 1 φαίνονται τα ποσοστά των απαντήσεων των μαθητών στο ερωτηματολόγιο EARTH-2, όπως αυτές κατανέμονται στα διαφορετικά νοητικά μοντέλα. Είναι εμφανές ότι τα παιδιά επιλέγουν κυρίως το επιστημονικό μοντέλο, ιδιαίτερα στις ερωτήσεις που σχετίζονται με το σχήμα της Γης. Ακόμη, η υψηλή συχνότητα εμφάνισης του μοντέλου της σφαίρας χωρίς βαρύτητα δείχνει ότι, μολονότι οι μαθητές αναγνωρίζουν το σχήμα της Γης, δεν κατανοούν την έννοια της βαρύτητας, ενώ η μεγάλη συχνότητα απαντήσεων στην επίπεδη Γη αναφορικά με τις ερωτήσεις για την εναλλαγή ημέρας-νύχτας υποδεικνύει ότι αυτή η διαδικασία δεν έχει κατανοηθεί πλήρως.

Latent class analysis

Η LCA αξιοποίησε τους ίδιους εμπειρικούς δείκτες προγενέστερων ερευνών, με στόχο την επιβεβαίωση των βιβλιογραφικά καταγεγραμμένων μοντέλων. Από τον Πίνακα 2 φαίνεται ότι η λύση των δύο ομάδων (2-cluster solution) είναι η καλύτερη και η στατιστικά σημαντική με βάση τους δείκτες BIC (έχει την ελάχιστη τιμή) και bootstrapped p-value (p=0.068).

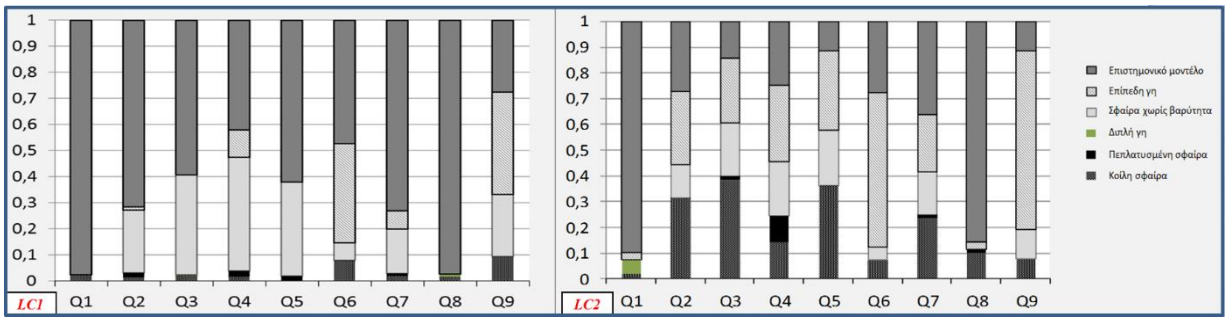
Πίνακας 2. Αποτελέσματα των διάφορων LCA λύσεων με βάσει τις 9 ερωτήσεις του εργαλείου

	LL	**BIC(LL)**	**Npar**	**L^2**	**df**	**p-value**	**Class.Err.**
1-Cluster	-1804,22	3801,388	37	1774,61	147	0.000	0.000
2-Cluster*	-1688,28	3767,674*	75	1542,729	109	0.068*	0.011
3-Cluster	-1617,21	3823,715	113	1400,601	71	0.000	0.029
4-Cluster	-1566,86	3921,178	151	1299,897	33	0.000	0.046
5-Cluster	-1535,18	4055,991	189	1236,543	-5	0.000	0.029

* Υποδεικνύει την καλύτερη λύση: Npar, number of parameters; L^2 , likelihood ratio statistic; BIC, Bayesian Information Criterion; AIC Akaike's Information Criterion; df, degrees of freedom; bootstrapped *p*-value; classification error.

Στις εξαχθείσες ομάδες αποδίδεται μία υπό συνθήκη πιθανότητα για κάθε ερώτηση, δηλαδή η πιθανότητα να απαντηθεί αυτή σύμφωνα με κάποιο υποθετικό νοητικό μοντέλο, δεδομένου ότι το υποκείμενο ανήκει στη συγκεκριμένη ομάδα. Στην Εικόνα 1 παρουσιάζονται τα διαγράμματα της υπό συνθήκη πιθανότητας για τις απαντήσεις των παιδιών που ανήκουν στις ομάδες LC1 και LC2, όπου συγκαταλέγεται το 61,1% και το 38,9% του δείγματος αντίστοιχα. Οι δύο ομάδες δεν συμπίπτουν με κανένα από τα υποθετικά νοητικά μοντέλα, διότι, εάν υπήρχε συνεκτικότητα εντός τους, η υπό συνθήκη πιθανότητα θα πλησίαζε τη μονάδα, καθώς τότε οι μαθητές θα απαντούσαν με συνέπεια σύμφωνα με το εκάστοτε μοντέλο.

Εικόνα 1: Υπό συνθήκη πιθανότητα των απαντήσεων των ομάδων LC1 και LC2 στα διάφορα νοητικά μοντέλα για τη Γη (Q_{1-9} είναι οι ερωτήσεις του ερευνητικού εργαλείου αντίστοιχα)



Παρατηρείται ότι το διάγραμμα της ομάδας LC1 χαρακτηρίζεται από μικρό βαθμό ομοιογένειας και συνέπειας, τείνοντας προς το επιστημονικό μοντέλο. Αυτό σημαίνει ότι οι συμμετέχοντες που βρίσκονται σε αυτή την ομάδα τείνουν να προσεγγίσουν την επιστημονική αντίληψη για τη Γη. Αντίθετα, η ομάδα LC2 εμφανίζεται κατακερματισμένη. Πράγματι, το μοτίβο των απαντήσεων στις εννέα ερωτήσεις δεν είναι συνεπές ως προς κάποιο συγκεκριμένο υποθετικό νοητικό μοντέλο. Για παράδειγμα, στην ερώτηση 2, η πιθανότητα να απαντήσει κάποιος μαθητής σύμφωνα με το επιστημονικό μοντέλο είναι 0,27, σύμφωνα με το μοντέλο της επίπεδης Γης είναι 0,26 και σύμφωνα με το μοντέλο της κοίλης Γης είναι 0,31.

4. Συμπεράσματα

Έως σήμερα, ο διεθνής θεωρητικός διάλογος σχετικά με τη συνεκτικότητα της γνώσης των μαθητών για το σχήμα της Γης έχει να επιδείξει δύο εκ διαμέτρου αντίθετες υποθέσεις, οι οποίες κατά παράδοξο τρόπο είναι αμφότερες τεκμηριωμένες εμπειρικά. Με βάση την LCA, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συνεισφέρουν σε αυτή τη θεωρητική συζήτηση, υποστηρίζοντας την υπόθεση της κατακερματισμένης γνώσης. Πράγματι, από τις σχετικές αναλύσεις προέκυψε ότι, μολονότι τα παιδιά ηλικίας 6-8 ετών αναγνωρίζουν σε μεγάλο ποσοστό το σφαιρικό σχήμα της Γης, δεν κατανοούν πλήρως την έννοια της βαρύτητας και τις εναλλαγές ημέρας και νύχτας. Παράλληλα, δεν ανιχνεύθηκε κανένα από τα υποθετικά συνεκτικά μοντέλα που καταγράφονται και προτείνονται στη σχετική βιβλιογραφία, εκτός του επιστημονικού. Ως εκ τούτου, η μηδενική υπόθεση που σχετίζεται με το στατιστικό έλεγχο, δηλαδή ότι η γνώση των μαθητών είναι κατακερματισμένη, δεν μπορεί να απορριφθεί. Τα ευρήματα αυτά έρχονται σε αντίθεση με την υπόθεση των συνεκτικών νοητικών μοντέλων για τα φυσικά και χημικά φαινόμενα, για τα οποία έχει προταθεί να λειτουργούν ως 'θεωρία' με ερμηνευτική ισχύ και να επηρεάζουν την εννοιολογική κατανόηση και αλλαγή (Vosniadou 2002). Από τον Πίνακα 1 είναι εμφανές ότι ένα μικρό μέρος των συμμετεχόντων επέλεξε εικόνες που αντιστοιχούν στο μοντέλο της επίπεδης Γης ή σε κάποιο συνθετικό. Ωστόσο, το ποσοστό αυτό παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση μεταξύ των ερωτήσεων, υποδεικνύοντας ότι οι αντίστοιχες αντιλήψεις των μαθητών αποτελούν κομμάτια αφελούς γνώσης που συνυπάρχουν με την επιστημονική. Τα αποτελέσματα αυτά αποτελούν μια δια-πολιτισμική επιβεβαίωση ευρημάτων που πραγματοποιήθηκαν σε άλλες χώρες με την χρήση LCA για την ύπαρξη των υποθετικών συνεκτικών νοητικών μοντέλων (Straatemeier et al. 2008). Η επιλογή των ερωτήσεων με προ-διατυπωμένες απαντήσεις έγινε, ώστε να αποφευχθούν τα μειονεκτήματα των εναλλακτικών τρόπων συλλογής δεδομένων σε μαθητές μικρής ηλικίας, όπως εκείνα καταδείχθηκαν από τους Nobes και Panagiotaki (2007).

Η συνεισφορά της παρούσας έρευνας είναι σημαντική για τη θεωρία, αλλά και την εκπαιδευτική πράξη. Πρώτον, υποστηρίζεται ότι η κατανόηση των παιδιών για τη Γη δεν επηρεάζεται από διαισθητικές αντιλήψεις στο βαθμό που να προσδιορίζουν τον σχηματισμό σταθερών και συνεκτικών νοητικών μοντέλων πριν την κατάκτηση του επιστημονικού μοντέλου. Η γνώση των μαθητών φαίνεται ότι δεν είναι συστηματοποιημένη, αλλά αποτελείται από κατακερματισμένα τμήματα πληροφορίας, που ενώνονται για να σχηματίσουν απαντήσεις, οι οποίες διαφέρουν ανάλογα με το νοηματικό πλαίσιο της ερώτησης (Siegal et al. 1988). Δεύτερον, τα συμπεράσματα για τη φύση της γνώσης επηρεάζουν άμεσα τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Εάν δεν υφίστανται συνεπή νοητικά μοντέλα για τη Γη, τότε η απόκτηση της σχετικής επιστημονικής γνώσης μπορεί να πραγματοποιηθεί παρέχοντας ακριβείς πληροφορίες στα παιδιά και βοηθώντας τα να οργανώσουν τα υπάρχοντα κομμάτια γνώσης. Ως εκ τούτου, οι δυσκολίες στη μάθηση δεν προέρχονται από την αντίσταση των αφελών νοητικών μοντέλων αυτών καθαυτών, αλλά από την αδυναμία των νοητικών διαδικασιών να οργανώσουν τα τμήματα κατακερματισμένης γνώσης στην επιστημονική αντίληψη για τη Γη. Η σχετική συζήτηση δεν αφορά μόνο στο θέμα της αντίληψης για τη Γη, αλλά επεκτείνεται σε ένα μεγάλο αριθμό εννοιών και φαινομένων στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Η πρόσφατη βιβλιογραφία (π.χ. Kirbulut & Beeth 2013, Stamovlasis et al. 2013) δείχνει ότι υπάρχει ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον προς αυτή την κατεύθυνση.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ, περιορίζονται από την ηλικία των συμμετεχόντων και το μέτριο μέγεθος του δείγματος. Ωστόσο, η LCA, δεδομένων των πλεονεκτημάτων της, συγκριτικά με εναλλακτικές διαδικασίες κατηγοριοποίησης, αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για τη διερεύνηση των διδακτικών προϋποθέσεων και του τρόπου με τον οποίο τα κομμάτια γνώσης (p-prims) οργανώνονται και δημιουργούν μεγάλες εννοιολογικές δομές που καταλήγουν στην επιστημονική άποψη.

Τέλος, είναι σημαντικό να έρθουν στο προσκήνιο εκείνα τα μεθοδολογικά ζητήματα που επηρεάζουν την ανάπτυξη θεωρίας, ανοίγοντας νέα πεδία έρευνας. Αυτό θα επιτρέψει στις θεωρίες της εννοιολογικής αλλαγής να αποκτήσουν καλύτερη κατανόηση του φαινομένου της μάθησης και των αναπτυξιακών διαδικασιών. Έτσι, θα είναι σε θέση να υποστηρίξουν την διδασκαλία των φυσικών επιστημών με μεθόδους και τεχνικές που θα βασίζονται σε έγκυρες θεωρίες θεμελιωμένες στην εμπειρική έρευνα.

5. Βιβλιογραφία

Brewer, W., Hendrich, D. & Vosniadou, S. (1987, January). A cross-cultural study of children's development of cosmological bodies: Samoan and American data. Paper presented at the *Third International Conference on Thinking*. Honolulu, HI.

Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change in and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (pp. 129-160). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.

Dayton, C.M. (1998). *Latent class scaling analysis*. Thousand Oaks. CA: Sage.

Diakidoy, I. A., Vosniadou, S. & Hawks, J. D. (1997). Conceptual change in astronomy: Models of the earth and of the day/night cycle in American-Indian children. *European Journal of Psychology Education, 12*, 159–184.

diSessa, A. A. (1988). Knowledge in pieces. In G. Forman & P. B. Pufall (Eds.), *Constructivism in the computer age* (pp. 49–70). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

diSessa, A. A., Gillespie, N. M. & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science, 28*, 843-900.

Harrison, A., G., Grayson, D., J. & Treagust, D., F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching, 36*(1), 55-87.

Hayes, B., Goodhew, A., Heit, E. & Gillan, J. (2003). The role of diverse instruction in conceptual change. *Journal of Experimental Child Psychology, 86*, 253-276

Ioannides, C. & Vosniadou, S. (2002). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly, 2*, 5–62.

Jansen, B. R. J. & van der Maas, H. L. J. (2001). Evidence for the phase transition from rule I to rule II on the balance scale task. *Developmental Review, 21*, 450-494.

Jansen, B. R. J. & van der Maas, H. L. J. (1997). Statistical test of the rule assessment methodology by latent class analysis. *Developmental Review, 17*, 321-357.

Johnson, P. M. (1998). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1. Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education, 20*, 567-583.

Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Kirbulut, Z. D. & Beeth, M. E. (2013). Consistency of Students' ideas across Evaporation, Condensation, and Bioling. *Research in Science Education, 43*, 209-3232.0.

Nobes, G. & Panagiotaki, G. (2007). Adults' representations of the earth: Implications for children's acquisition of scientific concepts. *British Journal of Psychology*, 98, 645-665.

Nobes, G., Martin, A. E. & Panagiotaki, G. (2005). The development of scientific knowledge of the earth. *British Journal of Developmental Psychology, 23*, 47-64.

Nobes, G., Moore, D. G., Martin, A. E., Clifford, B. R., Butterworth, G., Panagiotaki, G. & Siegal, M. (2003). Children's understanding of the earth in a multicultural community. *Developmental Science, 6*, 74-87.

Panagiotaki, G., Nobes, G. & Banerjee, R. (2006). Children's representations of the earth: A methodological comparison. *British Journal of Developmental Psychology, 24*, 353-372.

Samarapungavan, A., Vosniadou, S. & Brewer, W. (1996). Mental models of the earth, sun, and moon: Indian children's cosmologies. *Cognitive Development, 11*, 491-521.

Siegal, M. & Surian, L. (2004). Conceptual development and conservational understanding. *Trends in Cognitive Sciences, 8*, 534-538.

Siegal, M., Butterworth, G. & Newcombe, P. (2004). Culture and children's cosmology. *Developmental Science, 7*, 308-324.

Siegal, M., Waters, L. & Dinwiddy, L. (1988). Misleading children: Causal attributions for inconsistency under repeated questioning. Journal of Experimental Child Psychology, 45, 438-456.

Siegler, R. S. (1981). Developmental sequences within and between concepts. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 46* (2, Serial No. 189).

Siegler, R. S. (1976). Three aspects of cognitive development. *Cognitive Psychology, 8*, 481-520.

Straatemeier, M., van der Maas, H.L.J. & Jansen, B.R.J. (2008). Children's knowledge of the earth: A new methodological and statistical approach. *Journal of Experimental Child Psychology, 100*, 276-296.

Stamovlasis, D., Papageorgiou, G. & Tsitsipis, G. (2013). The coherent versus fragmented knowledge hypotheses for the structure of matter: An investigation with a robust statistical methodology. *Chemistry Education, Research and Practice, 14*, 485-495.

Vermunt, J.K. & Magidson, J. (2002). Latent class cluster analysis. J.A. Hagenaars and A.L. McCutcheon (eds.), *Applied Latent Class Analysis* (pp. 89-106). Cambridge University Press.

Vosniadou, S. (2002). Mental models in conceptual development. In L. Magnani & N. Nersessian (Eds.), *Model-based reasoning: Science, technology, values* (pp. 353-368). New York: Kluwer Academic Press.

Vosniadou, S. (1994). Universal and culture-specific properties of children's mental models of the earth. In L. Hirschfeld & S. Gelman (Eds.), *Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture* (pp. 412-430). New York: Cambridge University Press.

Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology, 24*, 535-585.

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΕΠΟΧΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΜΕ ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ

Άννα Λεούση[1], Παναγιώτης Παπαλεξόπουλος[2], Διονύσης Βαβουγυιός[3], Σωτηρία Τζιβινίκου[3]

[1]Εκπαιδευτικός ειδικής αγωγής
[2] Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
[3] ΠΤΕΑ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της δυνατότητας τροποποίησης των εναλλακτικών αντιλήψεων μαθητών με Μαθησιακές Δυσκολίες που φοιτούν στην Ε΄ Τάξη του Δημοτικού όσον αφορά το φαινόμενο των εποχών μέσω της χρήσης εκπαιδευτικού λογισμικού προσομοίωσης. Ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας της διδακτικής παρέμβασης έγινε μέσω ερωτηματολογίων και συνέντευξης, πριν και μετά την παρέμβαση, όπου καταγράφηκαν τόσο οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, όσο και η μετατόπισή τους προς το επιστημονικό μοντέλο ερμηνείας του φαινομένου. Τα αποτελέσματα της παρέμβασης έδειξαν πως οι μαθητές αναγνώριζαν την κλίση του άξονα της Γης ως αιτία της εναλλαγής των εποχών και την ύπαρξη αντίθετων εποχών στα ημισφαίρια.

Abstract

The purpose of this study is to modify the alternative conceptions of 5th grade students with Learning Difficulties, concerning the phenomenon of changing seasons using an educational software simulation. Students were tested twice, before and after the educational intervention, using questionnaire as well as interview, which revealed both their alternative concepts and their level of modification towards the scientific view about the phenomenon of changing seasons. The results showed that students could identify the tilt of earth's axis as the cause of the seasons and acknowledge the fact that the hemispheres have opposite seasons.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται έντονο ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών Τυπικής Ανάπτυξης (Τ.Α.) για το φαινόμενο των εποχών, με σημαντικό αριθμό ερευνών σε παγκόσμιο επίπεδο να αναδεικνύουν την ύπαρξη εναλλακτικών ιδεών εκ μέρους τους, ανεξάρτητα από την ηλικία και τη βαθμίδα εκπαίδευσής τους (Baxter 1989, Sharp 1996, Trumber 2001, Tsai & Chang 2005, Σταράκης & Χαλκιά 2009). Η πιο συχνά καταγεγραμμένη εναλλακτική ιδέα δείχνει πως μαθητές διαφορετικής ηλικίας και εθνικότητας αναφέρουν την απόσταση μεταξύ της Γης και του Ηλίου ως υπεύθυνη για την εναλλαγή των εποχών (Baxter 1989, Trumber 2001, Tsai & Chang 2005, Σταράκης & Χαλκιά, 2009). Αντίθετα, μαθητές μικρής ηλικίας τείνουν να ερμηνεύουν το φαινόμενο των εποχών με βάση οικεία για αυτούς αντικείμενα, όπως τα σύννεφα (Baxter 1989, Trumber 2001, Σταράκης & Χαλκιά 2009).

Ακόμη, ένα ποσοστό των μαθητών συγχέουν το φαινόμενο των εποχών με την εναλλαγή μέρας-νύχτας (Σταράκης & Χαλκιά 2009) ενώ ορισμένοι μαθητές αποδίδουν την εναλλαγή των εποχών στη διαφορετική ηλιακή δραστηριότητα ανά περιόδους του χρόνου (Sharp 1996**).** Παράλληλα ένας σημαντικός αριθμός ερευνών έχει αναδείξει τρόπους διδασκαλίας που βασίζονται στην οπτικοποίηση/αισθητοποίηση του φαινομένου που μπορούν να αντιμετωπίσουν επιτυχώς τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών Τ.Α. (Bakas & Mikropoulos 2003, Λάππα & Σταυρίδου 2009, Πιλάτου et al. 2008, Σταράκης & Χαλκιά 2015). Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας δείχνει επίσης ότι δεν υπάρχει αντίστοιχη συστηματική ερευνητική δραστηριότητα αναφορικά με την αντιμετώπιση των εναλλακτικών αντιλήψεων μαθητών με Μαθησιακές Δυσκολίες (Μ.Δ.) σχετικά με το φαινόμενο των εποχών.

Οι μαθητές με Μ.Δ. ενδέχεται να αντιμετωπίζουν μία σειρά από προβλήματα όσον αφορά την κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), τα οποία σχετίζονται με τα μαθησιακά τους χαρακτηριστικά αλλά και με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις που θέτουν τα συγκεκριμένα γνωστικά αντικείμενα (Aydeniz et al. 2012). Ωστόσο οι συγκεκριμένοι μαθητές μπορούν να ωφεληθούν ποικιλοτρόπως από την εκπαίδευση στις Φ.Ε., οι οποίες συμβάλλουν τόσο στον επιστημονικό εγγραμματισμό των μαθητών, όσο και στην ανάπτυξη της πρωτοβουλίας, της αυτοπεποίθησης και της αυτονομίας τους (Bell 2002). Επιπλέον, ως γνωστικά αντικείμενα ενδείκνυται για την εφαρμογή ενταξιακών πρακτικών, καθώς δε βασίζονται αποκλειστικά σε γλωσσικές δεξιότητες, οι οποίες αποτελούν το κατεξοχήν αδύναμο σημείο των συγκεκριμένων μαθητών (Βαβουγυιός & Παντελιάδου 2006).

Σκοπός της εργασίας μας είναι να διερευνηθεί κατά πόσο η διδακτική παρέμβαση με βάση τη χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού προσομοίωσης «Πλανήτης Γη (Β)» του ερευνητικού προγράμματος Νηρηίδες μπορεί να τροποιήσει τις αντιλήψεις μαθητών της Ε΄ Δημοτικού, Τ.Α. ή με Μ.Δ., αναφορικά με το φαινόμενο των εποχών. Πιο συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα διαμορφώθηκαν ως ακολούθως: 1) Έχουν οι μαθητές με Μ.Δ. παρόμοιες εναλλακτικές ιδέες για το φαινόμενο των εποχών με τους μαθητές Τ.Α.; 2) Μπορεί η διδασκαλία με βάση τη χρήση του λογισμικού προσομοίωσης «Πλανήτης Γη (Β)» να συμβάλλει στη τροποποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών με Μ.Δ. και Τ.Α. για το φαινόμενο των εποχών;

2.Μεθοδολογία/ Ερευνητικά ερωτήματα

Πλαίσιο της έρευνας

Η έρευνα διεξάχθηκε σε δύο δημοτικά σχολεία γενικής εκπαίδευσης στο Βόλο, εκ των οποίων στο ένα φοιτούσαν οι μαθητές Τ.Α. και στο άλλο οι μαθητές με Μ.Δ. Η διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του σχολικού ωραρίου στη βιβλιοθήκη των σχολείων, καθως ήταν χώροι απαλλαγμένοι από θορύβους και διέθεταν τον απαραίτητο εκπαιδευτικό εξοπλισμό (Η/Υ, υδρόγειος σφαίρα).

Χαρακτηριστικά των μαθητών

Οι μαθητές που συμμετείχαν στην έρευνα φοιτούσαν στη Ε΄ Τάξη του Δημοτικού Σχολείου. Από τους τέσσερις μαθητές, οι δύο χαρακτηρίζονταν ως μαθητές Τ.Α. με χαμηλές σχολικές επιδόσεις σε σχέση με το μέσο όρο της τάξη τους, ενώ οι υπόλοιποι είχαν διαγνωσθεί με Μ.Δ. σύμφωνα με την αξιολόγηση του (ΚΕΔΔΥ). Η μία μαθήτρια με Μ.Δ. (Μαθ.3) είχε διαγνωστεί με Δυσλεξία, με δυσκολία κυρίως στην αποκωδικοποίηση και στην παραγωγή γραπτού λόγου. Το αναγνωστικό της επίπεδο ήταν χαμηλό, ενώ ο γραπτός της λόγος εμφάνιζε προβλήματα στην παραγωγή και στην ορθογραφία. Στο μάθημα των Φ.Ε., το οποίο παρακολουθούσε στη Γενική τάξη, εμφάνιζε δυσκολίες που σχετίζονταν με το γλωσσικό μέρος του μαθήματος και με τη διάκριση των εννοιών, ενώ η ίδια θεωρούσε το μάθημα

μετρίου ενδιαφέροντος. Ο άλλος μαθητής με Μ.Δ. (Μαθ.4) χαρακτηριζόταν από ιδιαίτερη δυσκολία στην γραπτή αλλά και στην προφορική έκφραση. Είχε σοβαρή δυσκολία στην αναγνωστική κατανόηση ενώ στο γραπτό λόγο παρουσίαζε περιορισμένο λεξιλόγιο και έλλειψη οργάνωσης των πληροφοριών. Στο μάθημα των Φ.Ε., το οποίο παρακολουθούσε εντός Γενικής τάξης, η συμμετοχή του ήταν περιορισμένη και δυσκολευόταν συχνά να κατανοήσει και να απομνημονεύσει σχετικούς όρους. Παρ'όλα αυτά, η στάση του μαθητή προς το μάθημα των Φ.Ε. ήταν θετική.
Ως προς τους μαθητές Τ.Α., η επιλογή τους με γνώμονα τις χαμηλές μαθησιακές επιδόσεις τους αποσκοπούσε στην κατάρτιση μιας ομάδας σχετικά ισοδύναμης με την ομάδα των μαθητών με Μ.Δ., επιτρέποντας την σύγκριση τους. Ο μαθητής (Μαθ.1) εμφάνιζε δυσκολίες στο γνωστικό αντικείμενο των Μαθηματικών, ενώ στη Γλώσσα έχει σαφώς καλύτερη επίδοση, χωρίς ωστόσο αυτή να μπορούσε να χαρακτηριστεί επαρκής. Στο μάθημα των Φ.Ε, αν και ενθουσιαζόταν με τα πειράματα και επιθυμούσε να συμμετέχει σε αυτά, όταν η διδασκαλία δεν τα περιελάμβανε έπαυε σταδιακά να δείχνει ενδιαφέρον. Η μαθήτρια Τ.Α. (Μαθ.2) αντιμετώπιζε δυσκολίες στη Γλώσσα, με μέτριο ρυθμό ανάγνωσης και περιορισμένο λεξιλόγιο. Στα μαθηματικά αντιμετώπιζε επίσης κάποιες δυσκολίες, ενώ στο μάθημα των Φ.Ε. η συμμετοχή της ήταν περιορισμένη, αν και δήλωνε πως της άρεσε το μάθημα και ιδιαίτερα τα πειράματα που πραγματοποιούνταν στη τάξη.
Κοινό κριτήριο συμμετοχής για ολους τους μαθητές ήταν να μην έχουν διδαχθεί στο σχολείο το φαινόμενο των εποχών το οποίο εντάσσεται, σύμφωναμε το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (Α.Π.Σ.), στη Γεωγραφία της ΣΤ΄ Τάξης Δημοτικού, στα πλαίσια της ενότητας «Η Γη ως ουράνιο σώμα» επομένως κανείς μαθητής της Ε΄ Δημοτικού δε το είχε διδαχθεί.

Συγκέντρωση και ανάλυση των ερευνητικών δεδομένων

Τα ερευνητικά δεδομένα συγκεντρώθηκαν μέσω ερωτηματολογίων που χορηγήθηκαν στους μαθητές, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση, και μέσω συνέντευξης. Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από τους μαθητές πρίν και μετά την διδακτική παρέμβαση, αναδεικνύοντας τόσο τις αρχικές ιδέες των μαθητών σχετικά με το φαινόμενο των εποχών, όσο και την τροποποίηση των ενναλλακτικών ιδεών των μαθητών μετά την ολοκλήρωσή της. Για τον σχεδιασμό του ερωτηματολογίου αξιοποιήθηκαν ερωτήσεις, που όπως προεκυψε απο την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, οι οποίες έδιναν την δυνατότητα να αναδειχθούν αποτελεσματικά οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών ενώ οι συνεντεύξεις στόχευαν στο να διερευνηθούν βαθύτερα και λεπτομερέστερα απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν.

Ερευνητική διαδικασία

1η Φάση: Ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών
Στην πρώτη φάση της έρευνας χορηγήθηκε στους μαθητές το ερωτηματολόγιο, το οποίο εστίαζε στην ανάδειξη των αντιλήψεων τους για την αιτία ύπαρξης των εποχών και για τις διαφορετικές εποχές των ημισφαιρίων της Γης. Μετά τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, έγιναν σύντομες συνεντεύξεις στους μαθητές, κατά τις οποίες καλούνταν να δώσουν διευκρινήσεις πάνω στις απαντήσεις τους στο ερωτηματολόγιο.

2η Φάση: Διδακτική παρέμβαση
Στη δεύτερη φάση της έρευνας πραγματοποιήθηκε διδακτική παρέμβαση, η οποία διήρκησε 3 διδακτικές ώρες και στηρίχθηκε στους επιθυμητούς στόχους που καθορίστηκαν για τους μαθητές και στα ευρήματα που αναδείχθηκαν από το ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν

στην προηγούμενη φάση. Χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό προσομοίωσης «Πλανήτης Γη» του ερευνητικού προγράμματος Νηρηίδες του ΕΑΙΤΥ (Πιλάτου, Μαρινόπουλος, Σολομωνίδου, Αθανασιάδης & Ανδρεάδης, 2008) και τα φύλλα εργασίας που το συνόδευαν. Το συγκεκριμένο λογισμικό απευθύνεται σε μαθητές Δημοτικού και προσεγγίζει θέματα που περιλαμβάνονται στο μάθημα της Γεωγραφίας και της Μελέτης Περιβάλλοντος, προάγοντας την ανάπτυξη δεξιοτήτων όπως η παρατήρηση, η πρόβλεψη, η σύγκριση και η εξαγωγή συμπερασμάτων. Η ενότητα «Οι εποχές του έτους» που χρησιμοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρέμβασης περιελάμβανε τις προσομοιώσεις «4epoxes», «epoxes-imeres», «epoxes-klisi», στις οποίες οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν λεπτομερώς τη κίνηση της Γης και τη δράση της ηλιακής ακτινοβολιας κατά την εξέλιξη του φαινόμενο των εποχών. Στα φύλλα εργασίας πραγματοποιήθηκαν ορισμένες αναγκαίες τροποποιήσεις ως προς την έκταση και το λεξιλόγιο.

Η διδακτική παρέμβαση ξεκίνησε με την χρήση της προσομοίωσης «4epoxes», βάσει της οποίας οι μαθητές κλήθηκαν να διερευνήσουν τη περιφορά της Γης, την γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας και την εναλλαγή των εποχών στα ημισφαίρια και να συμπληρώσουν το πρώτο φύλλο εργασίας. Η διδακτική ώρα έκλεισε με συζήτηση, σχολιασμό εικόνων και επίδειξη της εναλλαγής των εποχών με τη χρήση της υδρογείου και του φακού από τους μαθητές. Στην συνέχεια της διδακτικής παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε η προσομοίωση «epoxes-imeres» μέσω της οποίας επιδιώχθηκε να παρατηρήσουν οι μαθητές το φαινόμενο της εναλλαγής των εποχών στα δύο ημισφαίρια σε συνάρτηση με τα Ηλιοστάσια και τις Ισημερίες, καθώς και να συμπληρώσουν το σχετικό φύλλο εργασίας. Έπειτα οι μαθητές κλήθηκαν να επεξεργαστούν ένα σχεδιάγραμμα, το οποίο αναπαριστούσε την πορεία της Γης γύρω από τον Ήλιο και στο οποίο έπρεπε να καταγράψουν την εποχή που επικρατούσε στο κάθε ημισφαίριο ανάλογα με τη τοποθεσία της Γης, καθώς και τα Ηλιοστάσια και τις Ισημερίες. Στο τελευταίο μέρος της διδακτικής παρέμβασης αξιοποιήθηκε η προσομοίωση «epoxes-klisi» με στόχο την πληρέστερη κατανόηση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών, λαμβάνοντας υπόψιν τη διαφοροποιημένη δράση της ηλιακής ακτινοβολίας πάνω στη Γη, όπως για παράδειγμα στη γωνία πρόσπτωσης της ακτινοβολίας στους Πόλους και την επίδρασή της στο κλίμα τους. Ύστερα από την ενασχόληση τους με το λογισμικό και το αντίστοιχο φύλλο εργασίας, οι μαθητές συμπλήρωσαν το τελικό σχεδιάγραμμα, στο οποίο συμπυκνωνόταν η αιτιολογία και η περιγραφή του φαινομένου των εποχών, το οποίο λειτούργησε ως μέσο εμπέδωσης και τελικής σύνοψης.

3η Φάση: Ανάδειξη των τελικών ιδεών των μαθητών
Μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν εκ νέου το ερωτηματολόγιο και να δώσουν διευκρινίσεις μέσω σύντομης συνέντευξης, με σκοπό να εντοπιστεί η έκταση της τροποποίησης των αρχικών / εναλλακτικών τους ιδεών.

3. Αποτελέσματα

Από τις απαντήσεις των μαθητών στο ερωτηματολόγιο που συμπλήρωσαν πριν από την διδακτική παρέμβαση φάνηκε πως κανένας μαθητής δεν ήταν σε θέση να αναγνωρίσει την κλίση του άξονα της Γης ως αίτιο, ενώ μία μαθήτρια Τ.Α. και ένας μαθητής με Μ.Δ. δε γνώριζαν πως τα ημισφαίρια έχουν αντίθετες εποχές. Επομένως, η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στο αρχικό ερωτηματολόγιο έδειξε πως τόσο οι μαθητές Τ.Α. όσο και μαθητές με Μ.Δ. εμφανίζουν εναλλακτικές ιδέες για το φαινόμενο των εποχών. Στο ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης ωστόσο εντοπίστηκε μετατόπιση των απαντήσεων του συνόλου των μαθητών προς το επιστημονικό μοντέλο

ερμηνείας του φαινομένου των εποχών. Όπως φαίνεται στον πίνακα 1, όλοι οι μαθητές μπορούσαν να αναγνωρίσουν την κλίση του άξονα της Γης ως αιτία εναλλαγής των εποχών.

Πίνακας 1: Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών για την αιτία ύπαρξης των εποχών σε ερώτηση πολλαπλής επιλογής

	Αρχικές ιδέες	**Τελικές ιδέες**
Μαθ.1 Τ.Α.	*«Στη διαφορετική απόσταση μεταξύ της Γης, του Ηλίου και της Σελήνης».*	*«Στην κλίση του άξονα της Γης καθώς αυτή γυρίζει γύρω από τον Ήλιο».*
Μαθ.2 Τ.Α.	*«Στη διαφορετική απόσταση μεταξύ της Γης και του Ηλίου».*	*«Στην κλίση του άξονα της Γης καθώς αυτή γυρίζει γύρω από τον Ήλιο».*
Μαθ.3 Μ.Δ.	«*Στην κλίση του άξονα της Γης καθώς αυτή γυρίζει γύρω από τον Ήλιο» (τυχαία απάντηση*)*	*«Στην κλίση του άξονα της Γης καθώς αυτή γυρίζει γύρω από τον Ήλιο».*
Μαθ.4 Μ.Δ.	*«Στην κλίση του άξονα της Γης καθώς αυτή γυρίζει γύρω από τον Ήλιο». (τυχαία απάντηση)*	*«Στην κλίση του άξονα της Γης καθώς αυτή γυρίζει γύρω από τον Ήλιο».*

**** Η τυχαιότητα των απαντήσεων διαφαίνεται από τις διευκρινίσεις που έδωσαν οι μαθητές στη συνέντευξη.***

Παράλληλα (βλ. πίνακα 2), όλοι οι μαθητές μετά τη διδακτική παρέμβαση αναγνώριζαν ως κύριο λόγο πρόκλησης της καλοκαιρινής ζέστης την γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας σε μία περιοχή.

Πίνακας 2: Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών για την αιτία πρόκλησης της καλοκαιρινής ζέστης σε ερώτηση πολλαπλής επιλογής

	Αρχικές ιδέες	**Τελικές ιδέες**
Μαθ.1 Τ.Α.	«*Ανάλογα με το κλίμα ενός τόπου*».	*«Οι ακτίνες του Ηλίου πέφτουν κάθετα προς αυτή την περιοχή το καλοκαίρι.»*
Μαθ.2 Τ.Α.	«*Η Γη είναι πιό κοντά στον Ήλιο το καλοκαίρι*».	*«Οι ακτίνες του Ηλίου πέφτουν κάθετα προς αυτή την περιοχή το καλοκαίρι.»*
Μαθ.3 Μ.Δ.	«*Ο Ήλιος εκπέμπει περισσότερη θερμότητα το καλοκαίρι*».	*«Οι ακτίνες του Ηλίου πέφτουν κάθετα προς αυτή την περιοχή το καλοκαίρι.»*
Μαθ.4 Μ.Δ.	«*Ο Ήλιος εκπέμπει περισσότερη θερμότητα το καλοκαίρι*».	*«Οι ακτίνες του Ηλίου πέφτουν κάθετα προς αυτή την περιοχή το καλοκαίρι.»*

Οι μαθητές έδειξαν να αντιλαμβάνονται ότι επειδή η κλίση του άξονα της Γης ευθύνεται για την ύπαρξη των εποχών, η αλλαγή αυτού του στοιχείου θα μπορούσε να επιφέρει την ομοιομορφία στη θερμοκρασία της Γης καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου (βλ. πίνακα 3).

Πίνακας 3: Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών για το πώς θα μπορούσε να ήταν η θερμοκρασία ίδια όλο το χρόνο

	Αρχικές ιδέες	**Τελικές ιδέες**
Μαθ.1 Τ.Α.	*«Να αλλάξει το κλίμα».*	*«Να είναι κάθετος ο άξονας (της Γης)».*
Μαθ.2 Τ.Α.	*Καμία απάντηση.*	*«Να είναι ο άξονας (της Γης) κάθετος»*
Μαθ.3 Μ.Δ.	«*Να υπήρχαν τέσσερις Ήλιοι που ο ένας να χτυπά από κάτω, ο άλλος από πάνω και οι άλλοι δύο αριστερά και δεξιά».*	*«Ο άξονας της Γης να είναι πάντα κάθετος».*
Μαθ.4 Μ.Δ.	*«Να μη γυρίζει (η Γη) γύρω από τον Ήλιο».*	*«Να είναι ίσια ο άξονας (της Γης) και να μη γυρίζει η Γη γύρω από τον Ήλιο».*

Συγχρόνως οι μαθητές αναγνώριζαν την ύπαρξη διαφορετικών εποχών στα ημισφαίρια, δικαιολογώντας τις απαντήσεις τους με βάση τη γωνία πρόσπτωσης της ηλιακής ακτινοβολίας στα ημισφαίρια (βλ. πίνακα 4).

Πίνακας 4: Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών για την ύπαρξη αντίθετων εποχών στα ημισφαίρια

	Αρχικές ιδέες	**Τελικές ιδέες**
Μαθ.1 Τ.Α.	*«Καλοκαίρι γιατί είναι απέναντι»*	*«Καλοκαίρι γιατί θα χτυπά (ο Ήλιος) κάθετα»*
Μαθ.2 Τ.Α.	*«Και στα δύο μέρη θα είναι χειμώνας»*	*«Καλοκαίρι γιατί το Βόρειο ημισφαίριο έχει χειμώνα και το Νότιο ημισφαίριο θα έχει καλοκαίρι, δηλαδή κάθετη ακτινοβολία».*
Μαθ.3 Μ.Δ.	«*Στην Αυστραλία έχει καλοκαίρι όταν εμείς έχουμε χειμώνα γιατί είναι από την άλλη μεριά της Γης που ο εκεί ο Ήλιος είναι πιο δυνατός»*»	*«Στην Αυστραλία θα έχει καλοκαίρι γιατί είναι στο νότιο ημισφαίριο και οι ακτίνες του Ηλίου θα χτυπάνε κάθετα»*
Μαθ.4 Μ.Δ.	*Καμία απάντηση.*	*«Βόρειο ημισφαίριο – χειμώνας / Νότιο ημισφαίριο - καλοκαίρι / Βόρειο ημισφαίριο – πλάγια (ακτινοβολία) / Νότιο ημισφαίριο – κάθετη (ακτινοβολία)».*

Επιπρόσθετα (βλ. πίνακα 5), οι μαθητές μπορούσαν να εξάγουν επιμέρους συμπεράσματα βάσει του νοητικού μοντέλου που ακολουθούσαν για την ερμηνεία του φαινομένου των εποχών, κατανοώντας την αιτία που οι Πόλοι είναι οι ψυχρότερες περιοχές της Γης.

Πίνακας 5: Ενδεικτικές απαντήσεις των μαθητών για το κλίμα των Πόλων

	Αρχικές ιδέες	**Τελικές ιδέες**
Μαθ.1 Τ.Α.	*«Είναι Βόρεια»*	*«Οι ακτίνες του Ηλίου πέφτουν πάντα πλάγια στους Πόλους»*
Μαθ.2 Τ.Α.	*«Οι ακτίνες του Ηλίου πέφτουν πάντα πλάγια στους Πόλους» (τυχαία απάντηση)*	*«Οι ακτίνες του Ηλίου πέφτουν πάντα πλάγια στους Πόλους»*
Μαθ.3 Μ.Δ.	Καμία απάντηση.	*«Οι ακτίνες του Ηλίου πέφτουν πάντα πλάγια στους Πόλους»*
Μαθ.4 Μ.Δ.	*«Η απόσταση των Πόλων από τον Ήλιο είναι πιο μεγάλη»*	*«Οι ακτίνες του Ηλίου πέφτουν πάντα πλάγια στους Πόλους»*

4. Συμπέρασματα

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι οι μαθητές με Μ.Δ. είχαν εναλλακτικές ιδέες για το φαινόμενο των εποχών παρόμοιες με εκείνες των μαθητών Τ.Α. Όσον αφορά τη διδακτική παρέμβαση μέσω της χρήσης του λογισμικού προσομοίωσης, προέκυψε ότι είναι αποτελεσματική ως προς τη δόμηση ένος επιστημονικά αποδεκτού μοντέλου ερμηνείας και περιγραφής του φαινομένου των εποχών και για τους μαθητές με Μ.Δ., κατά αντιστοιχία με τα ευρήματα της βιβλιογραφίας για τους μαθητές Τ.Α. (Λάππα & Σταυρίδου 2009, Πιλάτου et al. 2008). Επίσης, η τροποποίηση ιδεών που προέκυψε μέσω της διδακτικής παρέμβασης φάνηκε ότι δε διέφερε ανάμεσα στους μαθητές Τ.Α. και τους μαθητές με Μ.Δ. Όλοι οι μαθητές ήταν σε θέση να ερμηνεύσουν την εναλλαγή των εποχών και να αναγνωρίσουν την ύπαρξη διαφορετικών εποχών στα ημισφαίρια.
Ωστόσο η εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης σε εξατομικευμένο πλαίσιο δεν επιτρέπει τη γενίκευση των αποτελεσμάτων σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών, διότι ενδεχόμενη εφαρμογή της σε μαθητές με διαφορετικά χαρακτηριστικά μαθησιακών δυσκολιών προϋποθέτει ανάλογη προσαρμογή της. Πρέπει επίσης να σημειωθεί πως ανάλογες έρευνες σχετικά με το πως κατανοούν το φαινόμενο των εποχών μαθητές με Μ.Δ. στο πλαίσιο της γενικής τάξης κρίνονται απαραίτητες, καθώς το γεγονός πως η συγκεκριμένη παρέμβαση εφαρμόστηκε εξατομικευμένα αποτρέπει την γενίκευση των αποτελεσμάτων στο πλάισιο της γενικής τάξης, Τέλος, η συγκεκριμένη έρευνα δεν εξέτασε το βαθμό διατήρησης της γνώσης από τους μαθητές σε βάθος χρόνου. Ένα πιθανό ενδεχόμενο είναι οι μαθητές να καταφεύγουν ξανά στις εναλλακτικές τους αντιλήψεις μετά από κάποιο χρονικό διάστημα από τη διδασκαλία του φαινομένου των εποχών, καθώς στην βιββλιογραφία διεθνή και ελληνική επισημαίνεται η ανθεκτικότητα των εναλλακτικών ιδέων των μαθητών (Ψύλλος 1988). Επομένως, η διερεύνηση του βαθμού διατήρησης του επιστημονικού μοντέλου εξήγησης του φαινομένου των εποχών από τους μαθητές μετά από τη διδακτική παρέμβαση, καθώς και η εξέταση

ενδεχομένων διαφορών μεταξύ των μαθητών Τ. και με Μ.Δ ως προς το βαθμό διατήρησης θα μπορούσαν να αποτελέσουν μελλοντικά πεδία έρευνας.

5. Βιβλιογραφία

Βαβουγυιός, Δ. & Παντελιάδου, Σ. (2006). Ανάλυση Διαφοροποιημένης διδασκαλίας Φυσικών Επιστημών σε μαθητές με Μαθησιακές Δυσκολίες. Στα Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΔΙΦΕ: «*Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθησης*», 727-733, Αθήνα

Λάππα, Ι. & Σταυρίδου, Ε. (2009). Διερεύνηση των ιδεών μαθητών Ε' τάξης Δημοτικού για το φαινόμενο των εποχών του έτους και διδακτική παρέμβαση με ΤΠΕ. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση,* 2(1-2), 141-169.

Πιλάτου, Β., Μαρινόπουλος, Δ., Σολομωνίδου, Χ. & Αθανασιάδης, Κ. (2008). Διδασκαλία του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών με τη χρήση ψηφιακού υλικού για την αντιμετώπιση των ιδεών των παιδιών ηλικίας 12 ετών. Στα Πρακτικά του 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου της Ε.Δ.Ι.Φ.Ε.: «*Αναλυτικά Προγράμματα και Βιβλία Φυσικών Επιστημών»,* 618-626, Θεσσαλονίκη.

Σταράκης, Ι. & Χαλκιά, Κ. (2015). Διδακτική προσέγγιση του φαινομένου της εναλλαγής των εποχών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - *Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και τη Τεχνολογία: Έρευνες Καινοτομίες και Πρακτικές*, 287-295, Θεσσαλονίκη.

Σταράκης, Ι. & Χαλκιά, Κ. (2009). Γιατί κάνει Κρύο το Χειμώνα και Ζέστη το Καλοκαίρι; Συγκριτική Θεώρηση Αντιλήψεων μαθητών 5ης Δημοτικού και προπτυχιακών φοιτητών του ΠΤΔΕ για το φαινόμενο της Εναλλαγής των Εποχών. Στα Πρακτικά του 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: *«Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών»,* 798-806, Φλώρινα.

Ψύλλος, Δ. (1988). Οι επιπτώσεις των ιδέων των μαθητών στο σχεδιασμό της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Εργασία για το διεθνές workshop Διδακτικής της Φυσικής, Ρόδος.

Aydeniz, M., Cihak, D. F., Graham, C. & Retinger, L. (2012). Using Inquiry-Based Instruction for Teaching Science to Students with Learming Disabilities. *International Journal of Special Education,* 27(2), 189-206

Bakas, C. & Mikropoulos, T. (2003). Design of virtual environments for the comprehension of planetary phenomena based on students' ideas. *International Journal of Science Education, 25(8),* 949-967.

Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education, 11(special issue),* 502-513.

Bell, D. (2002). Making Science inclusive: providing effective learning opportunities for children with learning difficulties. *Support for learning,* 17(4), 156-161

Sharp, J. S. (1996). Children's astronomical beliefs: a preliminary study of Year 6 children in south west England. *International Journal of Science Education, 18(6),* 685-712.

Trumber, R. (2001). A cross-age study of junior high school students' conceptions of basic astronomy concepts. *International Journal of Science Education, 23(11),* 1111-1123.

Tsai, C. C. & Chang, C.Y. (2005). Lasting Effects of Instruction Guided by the Conflict Map: Experimental Study of Learning About the Causes of the Seasons. *Journal of Research in Science Education, 42(10),* 1089-1111.

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ, ΑΝΑΠΤΥΞΗ, ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΕΞΕΛΙΚΤΙΚΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΛΥΚΕΙΟΥ

Ελένη Ελματζίδου[1], *Πηνελόπη Παπαδοπούλου*[2]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η εφαρμογή και η αξιολόγηση μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) για την Εξελικτική Θεωρία (ΕΘ). Περιγράφεται το θεωρητικό υπόβαθρο του σχεδιασμού, καθώς και η πιλοτική εφαρμογή και η αξιολόγησή της σε μαθητές της Γ΄ Λυκείου. Η εσωτερική και εξωτερική αξιολόγηση της ΔΜΑ (πειραματική ομάδα (ΠΟ) και ομάδα ελέγχου (ΟΕ)) περιλάμβανε την διερεύνηση της αποδοχής και της κατανόησης της ΕΘ, όπως και της κατανόησης της Φύσης των Φυσικών Επιστημών (ΦΦΕ) πριν και μετά τη διδασκαλία. Μετά την παρέμβαση παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση τόσο στην αποδοχή της ΕΘ, όσο και στην κατανόηση της ΠΟ, σε σχέση με την ΟΕ.

Abstract

The aim of this work is the design, development, implementation and evaluation of a Teaching Learning Sequence (TLS) for Evolutionary Theory (ET). The theoretical background of the design together with the pilot implementation and evaluation of the TLS to students of the third class of Lyceum is described. The internal and external assessment of TLS (experimental group (EG) and control group (CG)) involved the investigation of acceptance and understanding of ET as well as understanding of the Nature of Science (NOS) before and after instruction. After the intervention significant improvement in both the acceptance of ET and the understanding of the EG was observed compared to the CG.

1. Εισαγωγή

Παρότι είναι ευρέως αποδεκτό ότι η ΕΘ είναι η κεντρική και ενοποιητική θεωρία στη Βιολογία, πολύ σημαντική για την κατανόηση των βιολογικών φαινομένων, τόσο η διδασκαλία όσο και η κατανόησή της φαίνεται να εμφανίζουν ιδιαίτερες δυσκολίες.
Εμπόδια γνωσιακά, συναισθηματικά ή ακόμη και πολιτικά φαίνεται να παρεμβαίνουν στη διδασκαλία και τη μάθησή της. Ήδη από την παιδική ηλικία, εγκαθίστανται εναλλακτικές ιδέες για τη φύση και την προέλευση της ζωής. Στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση καταγράφονται "Λαμαρκιανού" τύπου τελεολογικοί συλλογισμοί των εκπαιδευόμενων για τη δημιουργία της ζωής και δυσκολίες στην αντίληψη της κλίμακας του χρόνου στην οποία έλαβε χώρα η εξέλιξη (Kampourakis et al. 2007, Ζόγκζα 2009). Επίσης, η αντίληψη ότι η ΕΘ συγκρούεται με την θρησκευτική θεώρηση για την προέλευση του ανθρώπου και της ζωής δημιουργεί σοβαρά ζητήματα τόσο στη διδασκαλία αυτή καθεαυτή όσο και στη μάθηση (Athanasiou et al. 2012). Για παράδειγμα στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα μέχρι πρόσφατα, η ΕΘ παρότι

συμπεριλαμβανόταν στα σχολικά εγχειρίδια, όντας στο τελευταίο κεφάλαιο συνήθως δε διδασκόταν (Πρίνου 2008).
Ακόμη, και όταν η ΕΘ διδάσκεται, τα αποτελέσματα δεν είναι ιδιαιτέρως ενθαρρυντικά Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί, στην περιορισμένη αποδοχή των εκπαιδευτικών, στην ελλειπή συγκρότησή τους ή σε ανεπάρκεια στο διδακτικό σχεδιασμό (Deniz et al. 2008, Papadopoulou et al 2011, Rutledge et al. 2000).
Στην βελτίωση της διδασκαλίας φαίνεται να συντελούν τόσο η ανάδειξη των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών, όσο και η ανάπτυξη εποικοδομητικών δραστηριοτήτων. Αυτό ενσωματώνεται στις "Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ)", οι οποίες σύμφωνα με τους Psillos και Kariotoglou (2016) είναι ταυτόχρονα μια ερευνητική δραστηριότητα και ένα προϊόν, είναι μεσαίας διάρκειας αναλυτικά προγράμματα και έχουν διάρκεια λίγες βδομάδες, συγκροτούνται από εγκυροποιημένες δραστηριότητες διδασκαλίας και μάθησης που είναι εμπειρικά προσαρμοσμένες στο επίπεδο σκέψης των εκπαιδευόμενων. Ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η εφαρμογή των ΔΜΑ γίνεται μέσω μιας κυκλικής εξελικτικής διαδικασίας εφαρμογής και βελτιώσεων (Psillos et al. 2016).
Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η εφαρμογή και η αξιολόγηση μιας ΔΜΑ για την ΕΘ στο Γενικό Λύκειο, στην οποία αξιοποιήθηκε τόσο το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για τη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας Γενικής Παιδείας της Γ΄ Λυκείου, αλλά και η διεθνής εμπειρία (Wallin et al. 2013).

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Η ΔΜΑ:

Στον σχεδιασμό επιχειρήθηκε να ενσωματωθούν πρακτικές που έχουν σκοπό να ενισχύσουν την γνώση (και να τροποποιήσουν τις στάσεις των μαθητών), ως προς την ΕΘ, με τη δημιουργία ελκυστικών περιβαλλόντων μάθησης. Η ΔΜΑ είχε διάρκεια 8 διδακτικές ώρες διάρκειας 40 λεπτών, λόγω της ιδιαιτερότητας της σχολικής μονάδας (Μουσικό Σχολείο - μικρότερη διάρκεια διδακτικής ώρας) και αναπτύχθηκε γύρω από ένα ερώτημα οδηγό ("Πώς προέκυψε αυτή η μεγάλη ποικιλία στους οργανισμούς").
Στον πίνακα 1 φαίνονται οι μεγάλες ιδέες και το περιεχόμενο των διδακτικών σεναρίων σε αντιδιαστολή με το ΑΠΣ.

Τα ερευνητικά ερωτήματα:

Κεντρικό ερευνητικό ερώτημα της παρούσας εργασίας είναι:
Πόσο επηρέασε η εφαρμογή της ΔΜΑ το βαθμό της αποδοχής και της κατανόησης της ΕΘ καθώς και της κατανόησης της ΦΦΕ συγκριτικά με την παραδοσιακή διδασκαλία;
Επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα είναι:

1. Ποιος είναι ο βαθμός της βελτίωσης της αποδοχής της ΕΘ σε μια ομάδα μαθητών της Γ' Λυκείου στους οποίους εφαρμόστηκε η ΔΜΑ σε σχέση με μια άλλη ομάδα στην οποία ακολουθήθηκε σχεδόν παραδοσιακή διδασκαλία;

2. Ποιος είναι ο βαθμός της βελτίωσης της κατανόησης της ΕΘ σε μια ομάδα μαθητών της Γ' Λυκείου στους οποίους εφαρμόστηκε η ΔΜΑ σε σχέση με μια άλλη ομάδα στην οποία ακολουθήθηκε σχεδόν παραδοσιακή διδασκαλία;

3. Ποιος είναι ο βαθμός της βελτίωσης της κατανόησης της ΦΦΕ στο ίδιο δείγμα στους οποίους εφαρμόστηκε η ΔΜΑ σε σχέση με μια άλλη ομάδα στην οποία ακολουθήθηκε σχεδόν παραδοσιακή διδασκαλία;

4. Υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των παραγόντων της εννοιολογικής οικολογίας και των δημογραφικών παραγόντων στην συγκεκριμένη ομάδα;

Πίνακας 1: Σύγκριση ΔΜΑ και ΑΠΣ ως προς το σχετικό με την ΕΘ περιεχόμενο

ΔΜΑ			**ΑΠΣ**	
Μεγάλες Ιδέες - Φαινόμενα	Διδακτικά Σενάρια	Διδακτικά Επεισόδια	Μεγάλες ιδέες - φαινόμενα	Σειρά Παρουσίασης στο σχολικό βιβλίο
Α*. Βιοποικιλότητα	1. Επίσκεψη στο Ιστορικό – Λαογραφικό και Φυσικής Ιστορίας Μουσείο Κοζάνης	1. *Συζήτηση πριν την επίσκεψη στο Μουσείο*		
		2. *Συζήτηση μετά την επίσκεψη στο Μουσείο*		
	2. Η βιοποικιλότητα στον πλανήτη – Μορφές ζωής και εντυπωσιακές δομές – Κοινή καταγωγή των οργανισμών	1. *Η βιοποικιλότητα στον πλανήτη*		
		2. Κοινός Πρόγονος		
Β*. Ταξινόμηση	3. Ταξινόμηση των οργανισμών – Φυλογενετικά δέντρα	*1. Συστηματική Κατάταξη*	Α*. Ταξινόμηση	*3.1.1 Ταξινόμηση των οργανισμών και εξέλιξη*
		2. Η έννοια της Συστηματικής Κατάταξης		
		3. Κατασκευή φυλογενετικών δέντρων	Δ*. Φυλογένεση (φυλογενετικά δέντρα)	*3.3 Τι είναι η φυλογένεση και από που αντλούμε σχετικά στοιχεία*
Γ*. Φύση της Επιστήμης	4.Φύση της Επιστήμης - Επιστημονική θεωρία	*Φύση της επιστήμης - Επιστημονική θεωρία*		
Δ*. Εξελικτικές Θεωρίες	5. Φυσική Επιλογή – Θεωρία Λαμάρκ	*1. Λογισμικό phet - προσομοίωση φυσική επιλογής*	Β*. Εξελικτικές θεωρίες	*3.1.2 Η θεωρία του Λαμάρκ* *3.1.3 Η θεωρία της φυσικής επιλογής - Μερικές χρήσιμες αποσαφηνίσεις στη θεωρία της φυσικής επιλογής - Η φυσική επιλογή εν δράσει*
		2. Χρήση φυσικής διεπαφής για κατανόηση της δράσης της φυσικής επιλογής		
		3. Καπέλα de Bono για διαμάχη Δαρβινικών – Λαμαρκιανών		

	6. Κλείσιμο Διδασκαλίας	*1.Εξήγηση Βιοποικιλότητας* *2. Η σύγχρονη σύνθεση*	Γ*. Ειδογένεση (Ποικιλομορφία)	*3.2 Η σύγχρονη σύνθεση*

*Τα γράμματα Α, Β, Γ, Δ υποδηλώνουν τη σειρά με την οποία διδάχτηκαν τα συγκεκριμένα περιεχόμενα κατά την παρέμβαση και η αντίστοιχη δόμηση της ύλης στο σχολικό βιβλίο.

Η αξιολόγηση της ΔΜΑ:

Η ΔΜΑ αξιολογήθηκε μέσω οιωνεί πειραματικού σχεδιασμού. Στην πειραματική ομάδα (ΠΟ) συμμετείχε μια τάξη της Γ΄ Λυκείου με 8 μαθητές και στην ομάδα ελέγχου (ΟΕ) ένα τμήμα της Γ΄ Λυκείου και από αυτό επιλέχθηκαν 9 μαθητές. Αυτές οι ομάδες μαθητών αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνας. Οι ομάδες του πειράματος επιλέχθηκαν με βάση την ευκολία στην πρόσβαση, μιας και η ερευνήτρια δίδασκε το σχολικό έτος 2015-16 στα συγκεκριμένα σχολεία και τμήματα. Πραγματοποιήθηκε εσωτερική αξιολόγηση στην ΠΟ, πριν και μετά την παρέμβαση. Επίσης επιχειρήθηκε εξωτερική αξιολόγηση, με σκοπό τη σύγκριση των επιδόσεων της ΠΟ με την ΟΕ, στην οποία η διδασκαλία ακολούθησε σχεδόν τον παραδοσιακό τρόπο (σχολικό εγχειρίδιο και ελάχιστα νέες τεχνολογίες). Η πιλοτική εφαρμογή του εργαλείου αξιολόγησης και συγκεκριμένων διδακτικών σεναρίων έγινε σε ένα τμήμα 17 μαθητών, προκειμένου να διαπιστωθούν τυχόν ατέλειες πριν την εφαρμογή της στην πειραματική ομάδα..
Η **συλλογή των δεδομένων** έγινε με ερωτηματολόγιο το οποίο δόθηκε πριν και μετά την παραδοσιακή διδασκαλία στην ΟΕ και πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ στην ΠΟ.
Ως ***ερευνητικά εργαλεία*** χρησιμοποιήθηκαν προϋπάρχουσες, πολλαπλά ελεγμένες και τυποποιημένες διεθνώς, κλίμακες μέτρησης:

Α. της **αποδοχή της ΕΘ**, κλίμακα **MATE** (**M**easure of **A**cceptance of the **T**heory of **E**volution) (Rutledge et al. 1999). Αποτελείται από 20 ερωτήσεις στις οποίες οι απαντήσεις μετρώνται με μια πενταβάθμια κλίμακα Likert, 'Διαφωνώ απόλυτα', 'Διαφωνώ', 'Αναποφάσιστος', 'Συμφωνώ', 'Συμφωνώ απόλυτα'. Η βαθμολόγηση γίνεται από 1-5 με το 1 να αντιστοιχεί στο 'Διαφωνώ απόλυτα' και το 5 στο 'Συμφωνώ απόλυτα'. Στη συνέχεια γίνεται άθροιση των απαντήσεων ώστε να προκύψει ένα σκορ κατά άτομο. Αυτό το σκορ μπορεί να κυμαίνεται από 20 μέχρι 100.
Σε επόμενο επίπεδο οι Rutledge et al (1999) χώρισαν την κλίμακα MATE σε υποκλίμακες με βάση το περιεχόμενο των ερωτήσεων. Οι υποκλίμακες αυτές είναι:

1. Η εξελικτική διαδικασία: items 2, 9, 11,13
2. Επιστημονική εγκυρότητα: items 1, 7, 8, 12, 14, 16
3. Εξέλιξη του ανθρώπου: items 4, 18
4. Ενδείξεις της εξέλιξης: items 3,5,17, 20
5. Η άποψη της επιστημονικής κοινότητας για την εξέλιξη: items 6, 15
6. Ηλικία της γης: items 10, 19

Β. της **κατανόηση της ΕΘ**, μέσω ενός ερωτηματολογίου 21 γνωστικών ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής με 5 δυνατές απαντήσεις, από τις οποίες η μία μόνο ήταν σωστή (Rutledge et al. 1999). Η σωστή ερώτηση βαθμολογείται με 1 ενώ η λάθος με 0. Ακολουθεί άθροιση των απαντήσεων και προκύπτει ένα σκορ κατά άτομο. Το σκορ κυμαίνεται από 0 μέχρι 21. Σκορ 21 ερμηνεύεται ως άριστη γνώση και κατανόηση της ΕΘ, ενώ σκορ 0 ως

απουσία γνώσης και κατανόησης. Και αυτή η κλίμακα έχει ομάδες ερωτήσεων που αφορούν διάφορους τομείς γνώσης και έχουν διαφορετικό βαθμό δυσκολίας.

Γ. της **κατανόηση της ΦΦΕ,** με τη βοήθεια ενός ερωτηματολογίου 18 ερωτήσεων η απάντηση στις οποίες βασίστηκε σε μια 5βαθμη κλίμακα τύπου Likert (Διαφωνώ απόλυτα, Διαφωνώ, Αναποφάσιστος, Συμφωνώ, Συμφωνώ απόλυτα) και αναπτύχθηκε από τον Johnson (1985). Και εδώ το 1 αντιστοιχεί στο 'Διαφωνώ απόλυτα' και το 5 στο 'Συμφωνώ απόλυτα'.
Κατά την ***ανάλυση των δεδομένων,*** υπολογίσθηκαν συνολικά σκορ και για τις 3 κλίμακες/μετρήσεις, τόσο στην ΠΟ όσο και στην ΟΕ πριν και μετά την διδασκαλία. Για την σύγκριση των σκορ έγινε χρήση του μη παραμετρικού τεστ Wilcoxon και για την εκτίμηση της σημαντικότητας της διαφοράς (πριν – μετά) υπολογίσθηκε το effect size (Wilcoxon U test).

Πίνακας 2: Τα μέσα σκορ της αποδοχής και κατανόησης της ΕΘ, καθώς και της κατανόησης της ΦΦΕ, πριν και μετά την παρέμβαση (ΠΟ), πριν και μετά την παραδοσιακή διδασκαλία (ΟΕ).

		ΠΟ		ΟΕ	
	N	8		9	
		pre	post	pre	post
Η αποδοχή της ΘΕ *(min=20, max=100)*		**66,25** *(58-77)*	**73,63** *(66-78)*	**74** *(70-79)*	**80,22** *(72-91)*
Η κατανόηση της ΘΕ *(min=0, max=21)*		**6,5** *(4-10)*	**10,88** *(6-15)*	**7,78** *(6-10)*	**8,56** *(6-13)*
Η κατανόηση της ΦΦΕ *(min=18, max=90)*		**61,5** *(48-73)*	**61,88** *(55-66)*	**63** *(54-75)*	**63** *(57-68)*

Πίνακας 3: Τα μέσα σκορ σε κάθε υποκλίμακα της κλίμακας ΜΑΤΕ (αποδοχή της ΕΘ) πριν και μετά την παρέμβαση (ΠΟ), πριν και μετά την παραδοσιακή διδασκαλία (ΟΕ).

		Πειραματική Ομάδα				Ομάδα Ελέγχου			
		PRE		POST		PRE		POST	
	N	Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.	Mean	S. D.
Η εξελικτική διαδικασία (min=4, max=20)	4	14,38	1,923	15,50	1,773	14,67	1,323	16,00	1,936
Επιστημονική εγκυρότητα της Ε.Θ. (min=6, max=30)	**6**	**19,63**	**2,875**	**22,50**	**1,690**	**22,56**	**2,297**	**24,67**	**2,784**
Εξέλιξη του ανθρώπου (min=2, max=10)	**2**	**6,88**	**1,885**	**7,50**	**1,852**	8,22	,833	8,44	1,236
Ενδείξεις της εξέλιξης (min=4, max=20)	**4**	**12,50**	**1,852**	**14,00**	**,926**	14,78	,972	15,89	1,616
Η άποψη της επιστημονικής κοινότητας για την εξέλιξη (min=2, max=10)	2	6,00	,756	6,25	1,035	6,22	1,302	6,89	1,900
Ηλικία της γης (min=2, max=10)	2	6,88	1,356	7,13	1,885	**7,56**	**1,740**	**8,33**	**,866**

Υποσημείωση: Το N αναφέρεται στον αριθμό των items που εντάσσονται στη συγκεκριμένη υποκλίμακα. Με Bold είναι σημειωμένα τα μέσα σκορ που είναι υψηλότερα στην post αξιολόγηση κατά περισσότερο από 30% σε σχέση με την pre.

3. Αποτελέσματα και συζήτηση

Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται τα μέσα σκορ της αποδοχής και κατανόησης της ΕΘ καθώς και της κατανόηση της ΦΦΕ στις δύο ομάδες (ΠΟ και ΟΕ).
Ως προς την αποδοχή στην ΠΟ καταγράφεται βελτίωση κατά 7 περίπου μονάδες μετά την παρέμβαση. Η διαφορά αυτή είναι στατιστικά σημαντική ($z= 2,524$, $p=.012<.05$) και η διαφοροποίηση μετά τη διδασκαλία είναι μεγάλη (Wilcoxon U test, $r= .631>.5$ και άρα υψηλό). Όσον αφορά την ΟΕ διαπιστώθηκε επίσης στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσω τιμών επίδοσης ($z= 2,103$, $p=.035<0.05$) όμως η διαφοροποίηση είναι μέτρια (Wilcoxon U test, $r= .4956>.3$ που είναι μέτριο). Κατά συνέπεια μπορούμε να ισχυριστούμε ότι η ΔΜΑ συνέβαλε περισσότερο στη βελτίωση της αποδοχής στην ΠΟ σε σχέση με την ΟΕ.
Σε επόμενο επίπεδο χρησιμοποιήθηκε η κατηγοριοποίηση των items σε υποκλίμακες όπως προτείνεται από τους Rutledge et al. (1999) προκειμένου να υπολογιστούν τα μέσα σκορ εντός της κάθε υποκλίμακας. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα 3. Καταγράφεται σημαντική σχετική βελτίωση στις υποκλίμακες "Εξέλιξη του ανθρώπου", "Επιστημονική εγκυρότητα της ΕΘ" και "Ενδείξεις της εξέλιξης" της ΠΟ σε σχέση με την ΟΕ. Συγκεκριμένα όσον αφορά την "Επιστημονική εγκυρότητα της ΕΘ" παρόλο που η ΟΕ έχει υψηλότερη τελική μέση επίδοση, η ΠΟ έχει βελτίωση της τάξης του 48%, όταν η ΟΕ βελτιώνεται κατά 35%. Όμοια και στην υποκλίμακα "Εξέλιξη του ανθρώπου" η ΠΟ βελτιώνεται κατά 31%, ενώ η ΟΕ κατά μόλις 11%. Όσον αφορά τις "Ενδείξεις τις εξέλιξης" η ΠΟ βελτιώνεται κατά 38%, ενώ η ΟΕ κατά 28%. Αξίζει να σημειωθεί τέλος ότι η ΟΕ φαίνεται να τα πηγαίνει πολύ καλύτερα στην υποκλίμακα "Ηλικία της γης" με βελτίωση της τάξης του 39%, όταν η ΠΟ βελτιώνεται κατά μόλις 13%. Διαπιστώθηκε ότι για την ΠΟ υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσω τιμών επίδοσης στις υποκλίμακες "Η εξελικτική διαδικασία" ($z= -2,333$, $p=.02<.05$) και "Επιστημονική εγκυρότητα" ($z= 2,156$, $p=.031<.05$) και οι διαφορές αυτές είναι μεγάλες (Wilcoxon U test, $r= .55>.5$ και $r= .51>.5$ αντίστοιχα και άρα είναι υψηλά). Όσον αφορά την ΟΕ δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσω τιμών επίδοσης για καμία υποκλίμακα.
Στην κατανόηση της ΕΘ, υπάρχει επίσης σημαντική βελτίωση στη ΠΟ, κατά 4 περίπου μονάδες. Η διαφορά είναι στατιστικά σημαντική ($z= 2,117$, $p=.034<.05$) και υψηλή (Wilcoxon U test, $r= .53>.5$). Όσον αφορά την ΟΕ δεν διαπιστώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μέσω τιμών επίδοσης. Κατά συνέπεια η εφαρμογή της ΔΜΑ έχει σημαντικά μεγαλύτερη επίδραση στη βελτίωση της κατανόησης της ΕΘ στην ΠΟ.
Αντίθετα στην κατανόηση της ΦΦΕ καταγράφονται μέτρια επίπεδα τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση. Η διαφορά μεταξύ των μετρήσεων της κατανόησης της ΦΦΕ πριν και μετά τη διδασκαλία για τις δύο ομάδες δεν είναι στατιστικά σημαντική (ΠΟ: $z=-.140$, $p=.889>.05$, ΟΕ: $z=-.475$, $p=.635>.05$) πράγμα που σημαίνει ότι τόσο η ΔΜΑ, όσο και η διδασκαλία που εφαρμόστηκε στην ΠΟ δεν συνέβαλαν σημαντικά στην αλλαγή της κατανόησης της ΦΦΕ.

4. Συμπεράσματα - Προεκτάσεις

Συνοψίζοντας παρατηρήθηκε σημαντική συμβολή της ΔΜΑ στη βελτίωση της αποδοχής και κυρίως της κατανόησης της ΕΘ, πράγμα ιδιαίτερα ενθαρρυντικό. Ο περιορισμένος αριθμός αντίστοιχων διεθνών ερευνών σχεδιασμού, ανάπτυξης, εφαρμογής και αξιολόγησης ΔΜΑ για την ΕΘ, όσο και το περιορισμένο μέγεθος της ΠΟ, δε μας επιτρέπουν να βγάλουμε γενικευμένα συμπεράσματα ή συσχετίσεις με τα αποτελέσματα της ΔΜΑ. Άλλοι περιοριστικοί παράγοντες ήταν ο ειδικός προσανατολισμός του Λυκείου στο οποίο έγινε η εφαρμογή της ΔΜΑ (Μουσικό - μειωμένο ενδιαφέρον και κίνητρα), η εφαρμογή της σε μαθητές της Γ' Λυκείου (μειωμένο ενδιαφέρον για τα μαθήματα γενικής παιδείας), ο χρόνος

της εφαρμογής (λίγο πριν τις πανελλαδικές εξετάσεις - απουσίες στα μαθήματα και άγχος εξετάσεων). Ως προς την κατανόηση της ΦΦΕ ο σχετικά περιορισμένος χρόνος που αντιστοιχούσε στην διδασκαλία της (μία διδακτική ώρα) δεν επιτρέπει να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα, πιθανότατα όμως οι λανθασμένες αντιλήψεις για τη ΦΦΕ είναι τόσο καλά εδραιωμένες που δεν μπορούν να ανατραπούν μέσα σε μια διδακτική ώρα.. Σε επόμενο στάδιο θα γίνει ανάλυση των συνεντεύξεων με σκοπό τη σύνδεση ποιοτικών και ποσοτικών αποτελεσμάτων.

5. Βιβλιογραφία

Ζόγκζα, Β. (2009). *Θέματα Διδακτικής της Βιολογίας: Διδασκαλία και μάθηση βιολογικών εννοιών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.

Πρίνου, Λ. (2008). *Η εικόνα της εξέλιξης στο ελληνικό σχολείο.* (Διδακτορική διατριβή), Αθήνα.

Athanasiou, K., Katakos, E. & Papadopoulou, P. (2012). Conceptual ecology of evolution acceptance among Greek education students: the contribution of knowledge increase. *Journal of Biological Education,* 46, 234-241.

Deniz, H., Donnelly, L. A. & Yilmaz, I. (2008). Exploring the factors related to acceptance of evolutionary theory among Turkish preservice biology teachers: Toward a more informative conceptual ecology for biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching,* 45, 420-443.

Kampourakis, K. & Zogza, V. (2007). Students' preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought? *Science & Education,* 16, 393-422.

Papadopoulou, P., Stanisavljević, J., Katakos, E. & Athanasiou, K. (2011). Acceptance and understanding of evolution theory: a comparative study of Greek and Serbian teachers. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds) Science learning and Citizenship, E-book Proceedings of the ESERA 2011 Conference, Lyon France. Available in http://lsg.ucy.ac.cy/esera/e_book/base/index.html.

Psillos, D. & Kariotoglou, P. (2016). Iterative Design of Teaching-Learning Sequences. *Dordrecht: Springer*.

Rutledge, M. L. & Warden, M. A. (2000). Evolutionary theory, the nature of science & high school biology teachers: Critical relationships. *The American Biology Teacher,* 62, 23-31.

Wallin, A. & West, E. (2013). Design and validation of teaching-learning sequences: Content-oriented theories about transmission of sound and biological evolution. In T. Plomp & N. Nieveen (Eds.), *Educational design research – Part B: Illustrative cases* (pp. 179-198). Enschede, the Netherlands: SLO.

ΓΝΩΣΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΥΝΘΕΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΠΡΟΤΥΠΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΥΡΗΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Γεώργιος Τσαπαρλής[1], Σωτήριος Χαρτζάβαλος[2], Βασιλική Βλάχα[2], Κωνσταντίνα Μαλάμου[2], Ιωάννα Νείλα[2], Χριστίνα Παντούλα[2]

[1]Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
[2] Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Εκθέτουμε τα γνωστικά αποτελέσματα από την υλοποίηση συνθετικών ομαδικών εργασιών τύπου πρότζεκτ, με θέμα την πυρηνική ενέργεια, από 14 μαθητές και μαθήτριες της γ΄ τάξης ενός *Πρότυπου Γυμνασίου*. Οι μαθητές απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο επί γνώσεων πυρηνικής φυσικής, καθώς και επί θεμάτων σχετικών με την υγεία, τις εφαρμογές και το περιβάλλον. Προέκυψαν εν γένει θετικά αποτελέσματα υπέρ των μαθητών της παρούσας μελέτης σε σύγκριση με τα αποτελέσματα προηγούμενης μελέτης με πρωτοετείς φοιτητές φυσικής και παιδαγωγικού δημοτικής εκπαίδευσης στην αρχή των σπουδών τους. Υπήρξε μικρός σχετικά αριθμός «μη αποδεκτών» απαντήσεων, ενώ πολύ καλύτερες απαντήσεις σε σύγκριση με τις απαντήσεις των φοιτητών βρέθηκαν π.χ. στις περιπτώσεις της πυρηνικής σχάσης, του χρόνου ημιζωής και της σχέσης της πυρηνικής σύντηξης με τον ήλιο. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν τον ρόλο της αλληλεπίδρασης μεταξύ του σύγχρονου σχολείου, των επιστημονικών και ερευνητικών ιδρυμάτων και της κοινωνίας.

Abstract

We report on the cognitive outcomes from the implementation of project-based team type of work on nuclear science and nuclear energy with 14 students of the ninth grade in a (Greek) Model Lower Secondary School. Students answered a written questionnaire on students' acquired knowledge on nuclear physics, as well as on issues related to health, its applications, and the environment. in general, positive results emerged for the students of this study compared to results of a previous study with beginning first-year physics and primary education university students. There was comparatively a smaller number of "non-acceptable" responses, while much better responses than the responses of the university students were e.g. in the cases of nuclear fission, the half-life and the relationship of nuclear fusion with the sun. The results highlight the importance of project-type work with model schools students, as well as the role of the interaction between schools, society, and research institutions.

1. Εισαγωγή

Το τελευταίο χρονικό διάστημα απασχολεί έντονα ειδικούς, πολιτικούς και την κοινωνία ο θεσμός των πρότυπων και των πειραματικών σχολείων. Στα τελευταία, η επιλογή των προς φοίτηση μαθητών γίνεται με κλήρωση, ενώ στα πρότυπα σχολεία γίνονται εξετάσεις. Συνέπεια των τρόπων επιλογής είναι ότι στα πρότυπα σχολεία έχουμε κατά κανόνα πολύ καλούς μαθητές. Να σημειώσουμε ακόμη ότι τόσο στα πειραματικά σχολεία όσο και στα πρότυπα οι εκπαιδευτικοί-*Q+9 ήταν και είναι αυξημένων προσόντων, με αποτέλεσμα να παράγεται αξιόλογο εκπαιδευτικό έργο και να προάγεται η εκπαιδευτική καινοτομία στα

σχολεία αυτά. Στην εργασία αυτή περιγράφουμε την αξιολόγηση ως προς τα γνωστικά αποτελέσματα από την υλοποίηση συνθετικών ομαδικών εργασιών τύπου πρότζεκτ, με θέμα την πυρηνική ενέργεια, από μαθητές και μαθήτριες της γ΄ τάξης του *Πρότυπου Γυμνασίου της Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων*. Για μια ανασκόπηση εργασιών που πραγματεύονται θέματα γνώσης και κατανόησης σε σχέση με την πυρηνική ενέργεια και τη ραδιενέργεια (συμπεριλαμβανομένων των πυρηνικών ατυχημάτων) (Tsaparlis, Hartzavalos & Nakiboğlu 2013).

Η μέθοδος συνθετικών εργασιών τύπου πρότζεκτ

Η αποκαλούμενη *μέθοδος πρότζεκτ* συνίσταται στην ανάθεση στους μαθητές *συνθετικών εργασιών*, με έμφαση στην ομαδική εργασία (Βαϊνά 1996, Κουλαϊδής κ.ά. 2001, Φαντάκη 2014, Frey 1980). Σημαντική θεωρείται επίσης η συνεργασία με εξωσχολικούς φορείς σχετικούς με το θέμα της διερεύνησης, καθώς και η ενημέρωση των γονέων των μαθητών. Τα μαθήματα των φυσικών επιστημών προσφέρονται κατεξοχήν για την ανάθεση τέτοιων συνθετικών εργασιών. Περισσότερες πληροφορίες για τους στόχους των εργασιών αυτών έχουμε παραθέσει σε προηγούμενη σχετική εργασία μας (Τσαπαρλής κ.α. 2016).
Διάφορα θέματα της επιστήμης σχετικά με υγεία και ιατρική, διατροφή, περιβάλλον, ενέργεια, νέα υλικά και αστρονομία και διάστημα χρησιμοποιούνται συνήθως σε άτυπες μορφές διδασκαλίας. Αυτό το είδος γνώσης συμβάλλει αποφασιστικά στον επιστημονικό εγγραμματισμό των πολιτών και στις στάσεις που οι πολίτες υιοθετούν σε σχέση με την επιστήμη και τα θέματα και προβλήματά της (βλ. π.χ. Halkia et al. 2001a, 2001b, Jenkins 1999, Wellington 1991).

2. Μεθοδολογία

Το πρότζεκτ στο οποίο αναφερόμαστε υλοποιήθηκε από επιλεγμένους μαθητές και μαθήτριες της γ΄ τάξης του Πρότυπου Γυμνασίου Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων, υπό την επίβλεψη των τεσσάρων καθηγητριών του σχολείου, συσσυγγραφέων της εργασίας, με ειδικότητες μαθηματικού, χημικού, βιολόγου και φυσικού αντιστοίχως. Τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν στο κοινό της πόλης των Ιωαννίνων, σε ημερίδα που πραγματοποιήθηκε, στις 11 Μαΐου 2016, στο αμφιθέατρο της Κεντρικής Βιβλιοθήκης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, με τίτλο: «*Πυρηνική ενέργεια: διερευνώντας μύθους και πραγματικότητες*». Η ημερίδα πραγματοποιήθηκε σε συνεργασία με την *ΕΛΜΕ Προτύπων και Πειραματικών Σχολείων* και το *Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος»* (Γραφείο Εκπαίδευσης). Το σχολείο έλαβε πρόσκληση για τη διοργάνωση της ημερίδας από τους παραπάνω φορείς, με αφορμή την συμπλήρωση 30 χρόνων από το πυρηνικό ατύχημα στο Chernobyl. Περισσότερες πληροφορίες για τον τρόπο υλοποίησης των εργασιών αυτών έχουμε παραθέσει σε προηγούμενη σχετική εργασία μας (Τσαπαρλής κ.α. 2016).
Η σημασία των γνώσεων για τις ειρηνικές και πολεμικές χρήσεις της πυρηνικής ενέργειας είναι αναμφισβήτητη ως μέρος του πρακτικού επιστημονικού εγγραμματισμού των πολιτών. Γνωστό όμως είναι και το έλλειμμα των σχετικών γνώσεων και εμπειριών που προσφέρει το σχολείο στους μαθητές, τόσο στην Ελλάδα όσο και σε άλλες χώρες (Χαρτζάβαλος & Τσαπαρλής 2009, 2011, Tsaparlis et al. 2013).
Για την υλοποίηση του πρότζεκτ επετεύχθη η επιστημονική συνδρομή και συνεργασία με τον καθηγητή της ιατρικής φυσικής στο Τμήμα Ιατρικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων κ. *Τζών Καλέφ-Εζρά*, ο οποίος πρότεινε και οι μαθητές επισκέφθηκαν το εργαστήριο της Ιατρικής Φυσικής στο Πανεπιστήμιο. Επίσης προσκλήθηκαν και συμμετέσχαν με παρουσιάσεις στην ημερίδα, εκτός από τον κ. Καλέφ-Εζρά, ο κ. *Αντώνης Παπανέστης*, ερευνητής στο Ευρωπαϊκό

Κέντρο Πυρηνικών Ερευνών CERN, και η κ. *Ελένη Φλώρου*, υπεύθυνη του Εργαστηρίου Ραδιενέργειας Περιβάλλοντος του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος».

Η τελική αξιολόγηση του πρότζεκτ έγινε μέσω της απάντησης των μαθητών σε δύο γραπτά ερωτηματολόγια: ένα (1°) ερωτηματολόγιο γνώμης και ένα (2°) ερωτηματολόγιο γνώσεων πυρηνικής επιστήμης. Τα αποτελέσματα από το 1° ερωτηματολόγιο παρουσιάστηκαν σε άλλο πρόσφατο συνέδριο (Τσαπαρλής κ. συν. 2016) και βρέθηκαν πολύ θετικά. Στην εργασία αυτή θα αναφερθούμε στα ευρήματα από το (2°) ερωτηματολόγιο γνώσεων.

Το (2°) ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από δύο μέρη Α και Β. Το μέρος Α βασίστηκε σε δύο ερωτηματολόγια που είχαν συνταχθεί και χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο εκπόνησης διδακτορικής διατριβής (Χαρτζάβαλος & Τσαπαρλής 2007, 2011, Tsaparlis, Hartzavalos & Nakiboğlu 2013). Τα υποκείμενα της διατριβής ήταν 85 πρωτοετείς φοιτητές φυσικής και 104 φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος δημοτικής εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, οι οποίοι απάντησαν κατά την αρχή των σπουδών τους, άρα οι σχετικές γνώσεις τους προέρχονταν από τη μέση εκπαίδευσή τους.

Το μέρος Β του ερωτηματολογίου περιελάμβανε έναν αριθμό ερωτήσεων που είχαν ως στόχο την πρόκληση των απόψεων των μαθητών α) για τη χρησιμότητα παράθεσης των αποσπασμάτων των άρθρων των εφημερίδων πριν από την καθεμία ερώτηση, β) εάν οι ερωτήσεις ήταν σχετικές με το πρότζεκτ και γ) εάν, πριν από το πρότζεκτ, είχαν κάποια γνώση σχετική με τις ερωτήσεις. Το ερωτηματολόγιο τέθηκε υπόψη των τεσσάρων καθηγητριών, οι οποίες έκαναν διάφορες προτάσεις για διορθώσεις και βελτιώσεις, οι οποίες ελήφθησαν όλες υπόψη στην τελική μορφή.

Για τη συμμετοχή των μαθητών στη γραπτή αξιολόγηση των πρότζεκτ ακολουθήθηκαν όλοι οι κανόνες δεοντολογίας/ορθής ηθικής συμπεριφοράς για την εκτέλεση μιας κοινωνικής έρευνας με μαθητές (Taber 2014). Καταρχάς ελήφθη η έγκριση από το *Επιστημονικό Εποπτικό Συμβούλιο* (ΕΠΕΣ) του σχολείου (στο οποίο συμμετέχει και ο διευθυντής του σχολείου). Επίσης ενημερώθηκαν από τις τέσσερεις καθηγήτριες οι γονείς των μαθητών, με προσωπική επιστολή που τους απεστάλη, μέσω των παιδιών τους, για τον ερευνητικό χαρακτήρα και το περιεχόμενο και τον τρόπο της γραπτής αξιολόγησης. Οι γονείς όλων των παιδιών που πήραν μέρος στην υλοποίηση του πρότζεκτ έδωσαν τη γραπτή συγκατάθεσή τους να συμμετάσχουν τα παιδιά τους στην αξιολόγηση.

Οι απαντήσεις των μαθητών στο μέρος Α του ερωτηματολογίου αξιολογήθηκαν από τον ένα εκ των συγγραφέων (ΣΧ), που είχε αξιολογήσει και τις απαντήσεις των φοιτητών στην προηγούμενη έρευνα. Υπήρξαν τέσσερεις κατηγορίες απαντήσεων: «Αποδεκτές», «Μερικά αποδεκτές», «Μη αποδεκτές» και «Καμία απάντηση». Κάθε αποδεκτή απάντηση βαθμολογήθηκε με (5), κάθε εν μέρει αποδεκτή με (3), κάθε μη αποδεκτή με (1), ενώ βαθμολογήθηκαν με (0) οι περιπτώσεις όπου δεν δόθηκε απάντηση.

Ο πίνακας 1 δείχνει τους μέσους όρους βαθμολογίας για κάθε ένα από τους 14 μαθητές (η μέγιστη δυνατή τιμή ήταν 5). Η μέση βαθμολογία για όλους τους μαθητές και για το συνολικό τεστ ήταν 2.41, η τυπική απόκλιση 1.18, ο μέγιστος μέσος όρος βαθμολογίας 4.21, ο ελάχιστος 0.41 και ο διάμεσος 2.63. Παρατηρείται μια διασπορά στη βαθμολογία, που σημαίνει ότι οι δεκατέσσερεις μαθητές δεν είχαν παρόμοιες επιδόσεις.

Πίνακας 1. Συνολική μέση βαθμολογία κάθε μαθητή για το σύνολο των 34 ερωτήσεων*

Μαθητής #	Βαθμός	Μαθητής #	Βαθμός	Μαθητής #	Βαθμός
1	3.44	6	2.88	11	1.59
2	0.41	7	1.85	12	2.47
3	3.26	8	2.79	13	3.91
4	0.71	9	1.09	14	3.15
5	4.21	10	2.03		

*Μέγιστος εφικτός βαθμός = 5, ελάχιστος εφικτός βαθμός = 0

Από τις 34 ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε με τους μαθητές του πρότυπου γυμνασίου, οι τρεις ήταν καινούργιες και δεν περιλαμβάνονταν στο ερωτηματολόγιο της προηγούμενης έρευνας. Ο πίνακας 2 δίνει την περιγραφική στατιστική για τις 31 κοινές ερωτήσεις. Η βαθμολόγηση προέκυψε από το βαθμολογικό σχήμα 5-3-1-0 που περιγράφτηκε προηγουμένως και αποδόθηκε σε εκατοστιαία κλίμακα. Η υπεροχή των μαθητών του πρότυπου γυμνασίου είναι εμφανής και δεν απαιτεί περαιτέρω στατιστική ανάλυση (η οποία, εν πάση περιπτώσει, δεν είναι αντιπροσωπευτική, λόγω του μικρού αριθμού του δείγματος των μαθητών του πρότυπου γυμνασίου).

Πίνακας 2. Περιγραφική στατιστική για τις 31 κοινές ερωτήσεις*

	Πανεπιστημιακοί φοιτητές (N =189)	Μαθητές πρότυπου γυμνασίου (N =14)
Μέσος όρος	27.33	50.41
Τυπική απόκλιση	13.19	18.02
Μέγιστη τιμή	63.2	80.0
Ελάχιστη τιμή	7.2	14.3
Διάμεσος τιμή	24.7	51.4

*Οι τιμές είναι επί τοις εκατό.

3. Αποτελέσματα

Αποχή

Υπήρξε ένας συγκριτικά μικρός αριθμός «μη αποδεκτών απαντήσεων» στην περίπτωση των μαθητών του πρότυπου γυμνασίου. (Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει και ταυτολογικές απαντήσεις, δηλαδή απαντήσεις που απλώς επαναλάμβαναν την ερώτηση, αλλά ήσαν λίγες.) Οι μέσοι όροι της αποχής από απάντηση ήταν 48,8% για τους φοιτητές (τυπ. αποκλ. 17,4%), ενώ για τους μαθητές του πρότυπου γυμνασίου 37,8% (τυπ. αποκλ. 18,6%). Περισσότεροι από το 50% των φοιτητών απέφυγαν να απαντήσουν σε 15 από τις 31 ερωτήσεις, ενώ στην περίπτωση των μαθητών, το ίδιο ποσοστό εμφανίζεται μόλις για 8 ερωτήσεις.

Σύγκριση της επίδοσης σε μεμονωμένες ερωτήσεις

Ο πίνακας 3 έχει όλες τις (34) ερωτήσεις του μέρους Α του ερωτηματολογίου, τα αντίστοιχα ποσοστά των επιδόσεων των πανεπιστημιακών φοιτητών και των μαθητών του πρότυπου γυμνασίου, σύμφωνα με το βαθμολογικό σχήμα 5-3-1-0 και τις διαφορές D μεταξύ φοιτητών και μαθητών. Σύμφωνα με τις απαντήσεις στο μέρος Β του ερωτηματολογίου, κατά μέσο όρο, 3,2 μαθητές (από τους 14 συνολικά) δήλωσαν ότι «ήξεραν αρκετά» για 20 επιλεγμένες ερωτήσεις από τις συνολικές 34, 6,4 μαθητές δήλωσαν ότι «απλώς είχαν ακούσει γι' αυτό», και 4,4 μαθητές δήλωσαν πως «δεν ήξεραν τίποτε γι' αυτό». Έτσι, 11 από τους 14 μαθητές δεν ήξεραν τίποτε ή είχαν απλώς ακούσει για τα αντικείμενα των ερωτήσεων. Από την άλλη, κατά μέσο όρο 3,0 μαθητές δήλωσαν ότι οι ερωτήσεις ήταν σχετικές με την εργασία τους, 10,0 δήλωσαν ότι οι ερωτήσεις «ήταν σχετικές με την εργασία ή τις εργασίες των άλλων ομάδων» και 3,1 μαθητές ότι οι ερωτήσεις «ήταν έξω από τα θέματα που μελέτησαν στις εργασίες τους».

Για τις 17 από τις 31 ερωτήσεις (55%), υπήρξαν μεγάλες διαφορές (D > 25%) υπέρ των μαθητών του πρότυπου γυμνασίου, ενώ για άλλες 6 ερωτήσεις υπήρξαν μικρότερες διαφορές (10≤ D < 25), και πάλι υπέρ των μαθητών αυτών. Αυτές οι δύο ομάδες αφορούν το 74% των ερωτήσεων. Οι μεγαλύτερες διαφορές ήταν στις ερωτήσεις 2D (D = 52,3%), 11A (51,9%), και 2C (51,8%). Άλλες ερωτήσεις με μεγάλες διαφορές (D > 40%) ήταν η 3A (42,2%), και η 2B (41,7%). Να σημειωθεί η καλή επίδοση των μαθητών στις ερωτήσεις που αφορούσαν τις πυρηνικές αντιδράσεις και τους πυρηνικούς αντιδραστήρες. Μόνο σε μια ερώτηση (#8), βρέθηκε μεγάλη διαφορά (D = -26,1) υπέρ των φοιτητών. Γι' αυτή την ερώτηση, δέκα μαθητές δήλωσαν πως πριν από το πρότζεκτ «απλώς είχαν ακούσει γι αυτό» ενώ τέσσερεις «δεν ήξεραν τίποτε γι αυτό». Το πρόθεμα «θερμο» ίσως είχε συμβάλει στη σύγχυση των μαθητών, οδηγώντας τους σε μάλλον χαμηλή επίδοση (37,2). Από την άλλη, η πληροφορία που δίνονταν πριν από την ερώτηση δεν ήταν επαρκής, αναφέροντας απλώς τον όρο «θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας» σε αντίθεση με το σχετικό κείμενο στο άρθρο της εφημερίδας που δόθηκε στους φοιτητές. Αυτό δικαιολογείται και από το γεγονός ότι αυτή η ερώτηση είχε το υψηλότερο ποσοστό σωστών απαντήσεων (63,2%) από τους φοιτητές, ακολουθούμενη από τις ερωτήσεις #7 (51,4%), και #14 (50,3%). Ακόμη, η ερώτηση #8 συγκέντρωσε τον μικρότερο αριθμό μη απαντήσεων μεταξύ των φοιτητών: 18,1%.

Υπήρξαν δύο ερωτήσεις, οι 9A και 9B με πολύ μικρές διαφορές (θετικές ή αρνητικές, $|D|$ < 1). Και οι δύο ερωτήσεις διέφεραν από τις άλλες λόγω της μαθηματικής τους φύσης, έτσι είχαν χαμηλές επιδόσεις (~ 14%), και αποτέλεσαν τις μακράν χαμηλότερες επιδόσεις για τους μαθητές του πρότυπου γυμνασίου. Η ερώτηση 9A ζητούσε την εξίσωση της πυρηνικής αντίδρασης που περιγράφει την σύντηξη του υδρογόνου (με την υπόδειξη ότι σε αυτή την αντίδραση παράγονται ήλιο $^{4}_{2}\mathrm{He}$ και ποζιτρόνια $^{0}_{1}\mathrm{e}$). Επιπροσθέτως, η ερώτηση 9B ζητούσε την εξήγηση με όρους φυσικής (μέσω της φημισμένης εξίσωσης $E = mc^2$) του μεγάλου ποσού ενέργειας που απελευθερώνεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις (με δεδομένη την πληροφορία ότι η εξήγηση συνδέεται με ένα διάσημο φυσικό του 20ού αιώνα). Να σημειωθεί ότι δέκα μαθητές για την ερώτηση 9A και οκτώ για την 9B απάντησαν ότι «δεν ήξερα τίποτε γι' αυτό πριν από το πρότζεκτ». Τέλος, υπήρξαν πέντε ερωτήσεις με μικρή διαφορά D (5≤ |D| < 10): 10A, 10B, 12A, 14, και 16. Μόνο για μία από αυτές η διαφορά ήταν υπέρ των φοιτητών. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην αφηρημένη φύση στων σχετικών εννοιών.

Πίνακας 3. Επιδόσεις επί τοις εκατό των φοιτητών και των μαθητών σύμφωνα με το βαθμολογικό σχήμα 5-3-1-0 σε κάθε ερώτηση και οι διαφορές D μεταξύ των δύο δειγμάτων *

Ερώτηση #	*Θέμα ερώτησης*	Φοιτητές	Μαθητές	*D* (μαθ.- φοιτ.)
1A	Μαζικός αριθμός	33.9	64.3	30.4
1B	Ισότοπα	31.2	45.7	14.5
1B’	Ραδιοισότοπα	7.2	34.3	27.1
1C	Ραδιενεργο ορυκτό (γενικότερα, ραδιενεργό υλικό)	19.4	51.4	32.0
2A	Πυρηνικός αντιδραστήρας	41.0	78.6	37.6
2B	Ομοιότητες μεταξύ πυρηνικής βόμβας και πυρηνικού αντιδραστήρα	26.9	68.6	41.7
2B’	Διαφορές μεταξύ πυρηνικής βόμβας και πυρηνικού αντιδραστήρα	31.2	58.6	27.4
2C	Αντιδραστήρας πυρηνικής σχάσης	28.2	80.0	51.8
2D	Άλλα είδη πυρηνικών αντιδράσεων	20.6	72.9	52.3
3A	Χρόνος ημιζωής	22.1	64.3	42.2
3B	Το U-238 (και U-235) έξω από το ανθρώπινο σώμα	*	37.1	*
4A	Έννοια της χημικής τοξικότητας	*	21.4	*
4B	Χημική τοξικότητα των ισοτόπων του ουρανίου	*	20.0	*
5	Το U-238 ρυπαίνει για πάντα	40.6	65.7	25.1
6	Πυηρνικά απόβλητα	43.0	57.1	14.1
7	Το ουράνιο στην τροφική αλυσίδα	51.4	70.0	18.6
8	Θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας	63.2	37.1	-26.1
9A	Εξίσωση σύντηξης του υδρογόνου	13.8	14.3	0.5
9B	$E = m\,c^2$	14.7	14.3	-0.4
9C	Πυρηνική σύντηξη στον Ήλιο	27.0	52.9	25.9
10A	Ιοντισμός του υδρογόνου	39.8	47.1	7.3
10B	Προέλευση των πρωτονίων και ηλεκτρονίων του πλάσματος	33.2	28.6	-4.6
11A	Πλεονεκτήματα της πυρηνικής ενέργειας έναντι των συμβατικών καυσίμων	23.8	75.7	51.9
11B	Παραγωγή υδρογόνου μέσω της ηλεκτρόλυσης του νερού	25.2	57.1	31.9
11C	Ενέργεια για την ηλεκτρόλυση	14.0	37.1	23.1
12A	Πυρηνική ακτινοβολία / Ραδιενέργεια	19.0	25.7	6.7
12B	Φυσική ραδιενέργεια	22.9	58.6	35.7
13A	Σωματίδια άλφα	15.1	47.1	32.0
13B	Ακτινοβολία γάμμα	13.2	34.3	21.1

13C	Ακτίνες Χ	18.1	31.4	13.3
13D	Άλλο είδος ραδιενεργού ακτινοβολίας	10.1	44.3	34.2
14	Η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων	50.7	60.0	9.3
15	Ιατρικές διαγνωστικές και θεραπευτικές εφαρμογές της πυρηνικής φυσικής	22.1	51.4	29.3
16	Όρια ακτινοβολίας για εργαζόμενους σε πυρηνικά εργοστάσια και γενικό πληθυσμό	24.7	34.3	9.6

* Οι ερωτήσεις αυτές δεν υπήρχαν στο ερωτηματολόγιο των φοιτητών.
** Σύμφωνα με το βαθμολογικό σχήμα 5-3-1-0.

Επιπλέον σχόλια για τους μαθητές του πειραματικού γυμνασίου

● Διαπιστώθηκε μικρός σχετικά αριθμός «μη αποδεκτών» απαντήσεων.

● Σε πολύ λίγες περιπτώσεις αναφέρθηκε αντί για την έννοια του «μαζικού αριθμού» η αντίστοιχη και λανθασμένη για την περίπτωση «ατομικός αριθμός».

● Στην περίπτωση της πυρηνικής σχάσης, βρέθηκαν πολύ καλύτερα δομημένες απαντήσεις σε σύγκριση με τις απαντήσεις των φοιτητών

● Οι απαντήσεις στην περίπτωση του χρόνου ημιζωής ήταν πολύ καλύτερες από ό,τι στην περίπτωση των φοιτητών

● Η τοξικότητα (που δεν υπήρχε ως ερώτηση στο ερωτηματολόγιο των φοιτητών) δυσκόλεψε πολύ τους μαθητές, που ίσως την γνωρίζουν μόνο σαν μια λέξη που σημαίνει κάτι «κακό»

● Οι περισσότεροι μαθητές απάντησαν σωστά στην ερώτηση για τον μεγάλο χρόνο ημιζωής, συνδέοντας τον μεγάλο χρόνο ημιζωής με τα μακροχρόνια αποτελέσματα.

● Στην ερώτηση για τον αντιδραστήρα σύντηξης, οι περισσότεροι από τους μαθητές που απάντησαν σωστά ανέφεραν το γεγονός ότι η αντίδραση πραγματοποιείται σε υψηλές θερμοκρασίες (κάτι που παρατηρήθηκε ποσοστιαία με λιγότερους φοιτητές)

● Στην ομάδα των ερωτήσεων σχετικά με τα είδη της ακτινοβολίας (ραδιενεργού και ακτίνων Χ), οι περισσότεροι μαθητές περιέγραψαν την ακτινοβολία α ως «θετικά φορτισμένα σωματίδια», «ελάχιστα διεισδυτική ακτινοβολία» ή ακόμη και «πυρήνες ηλίου», (αποδεκτές απαντήσεις), ενώ για τα άλλα είδη των ακτινοβολιών οι απαντήσεις, όπου δόθηκαν, δεν ήταν στην πλειονότητά τους αποδεκτές (όπως συνέβη και με τους φοιτητές)

● Τα αποτελέσματα των ακτινοβολιών στον άνθρωπο και στα ζώα περιγράφτηκαν αρκετά καλά, με αναφορές κυρίως σε αλλοιώσεις του DNA και τον καρκίνο, ενώ στην ερώτηση για τις ιατρικές/διαγνωστικές εφαρμογές της πυρηνικής ενέργειας εμφανίστηκαν, όπως και στην περίπτωση των φοιτητών, οι ακτινογραφίες.

● Η τελευταία ερώτηση, του ορίου της ακτινοβολίας για τους εργαζόμενους και τον γενικό πληθυσμό, ήταν εξ αρχής δύσκολο να απαντηθεί, παρ' όλα αυτά κάποιες απαντήσεις θεωρήθηκαν αποδεκτές.

4. Συμπεράσματα

Από την αξιολόγηση του ερωτηματολογίου γνώσεων προέκυψαν εν γένει θετικά αποτελέσματα υπέρ των μαθητών της παρούσας μελέτης σε σύγκριση με τα αποτελέσματα φοιτητών στην προηγούμενη μελέτη (Χαρτζάβαλος & Τσαπαρλής 2007, 2011, Tsaparlis, et

al. 2013). Ο μέσος όρος της επίδοσης των μαθητών του πρότυπου γυμνασίου ήταν 50,41% (τυπ. απόκλ. 18,92), ενώ για τους φοιτητές αντίστοιχα ήταν 27,33 (τυπ. απόκλ. 13,19). Οι ερωτήσεις στις οποίες οι μαθητές είχαν υψηλές επιδόσεις ήταν αυτές που αφορούσαν την αντίδραση πυρηνικής σχάσης, τους πυρηνικούς αντιδραστήρες και τα πλεονεκτήματα των προγραμμάτων πυρηνικής ενέργειας σε σχέση με τα συμβατικά καύσιμα, ενώ χαμηλές επιδόσεις για τους ίδιους μαθητές παρατηρήθηκαν σε ερωτήσεις σχετικές με την αντίδραση σύντηξης του υδρογόνου και την σχέση ισοδυναμίας μάζας–ενέργειας.
Στην περίπτωση των μαθητών του πρότυπου γυμνασίου, βρέθηκε μικρότερος αριθμός μη αποδεκτών καθώς και μη απαντήσεων, ενώ πολύ καλύτερες (διαφορές D > 25%) και σχεδόν καλύτερες ($10 \leq D < 25$) απαντήσεις βρέθηκαν για το 74% των ερωτήσεων. Οι μεγαλύτερες διαφορές ήταν για τις ερωτήσεις που σχετίζονταν με την πυρηνική σχάση, τα πλεονεκτήματα της πυρηνικής ενέργειας έναντι των συμβατικών καυσίμων, την έννοια της ημιζωής και τις ομοιότητες μεταξύ μιας πυρηνικής βόμβας και ενός πυρηνικού αντιδραστήρα. Τέλος, οι μισοί μαθητές εκτίμησαν θετικά την παράθεση των άρθρων των εφημερίδων, ενώ μόνο δύο μαθητές θα προτιμούσαν να μην υπάρχουν αυτές.

5. Τελικά σχόλια και προτάσεις

Η έρευνα στη διδακτική των φυσικών επιστημών επιμένει συνεχώς στην άποψη ότι η σύγχρονη διδασκαλία θα πρέπει να ενθαρρύνει διάφορες προσεγγίσεις, όπως: ενεργητική και εποικοδομητική διδασκαλία και μάθηση, ουσιαστική και εννοιολογική κατανόηση, κριτική σκέψη και επίλυση προβλημάτων. Η διαθεματικότητα είναι επίσης πολύ σημαντική. Το θέμα της πυρηνικής ενέργειας, που ήταν το αντικείμενο της ερευνητικής εργασίας αυτής της μελέτης, ταιριάζει τέλεια στη διαθεματική προσέγγιση, συνδυάζοντας γνώσεις φυσικής, χημείας, βιολογίας, μαθηματικών και ακόμη οικονομικών, κοινωνιολογίας και πολιτικής επιστήμης και ιστορίας. Εν τέλει, η συνεργατική μάθηση και οι προσεγγίσεις που βασίζονται στην *πλαισιοθετημένη διδασκαλία* (στο «συγκείμενο»/context) θεωρούνται δημοφιλείς και συναφείς και συνεισφέρουν στον *επιστημονικό εγγραμματισμό*. Σε αυτό το πνεύμα, έχει αναφερθεί (Linjse et al, 1990) ότι η πληροφορία που προήλθε από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης σχετικά με τη ραδιενέργεια μετά το ατύχημα στο Τσερνόμπιλ ήταν ιδιαίτερα σημαντική ως σημείο εκκίνησης για θέματα διδακτικής της φυσικής που σχετίζονταν με τον πραγματικό κόσμο. Είναι ακόμη σημαντικό να τονιστεί ότι η παραδοσιακή διδασκαλία των φυσικών επιστημών έχει την τάση να μην περιλαμβάνει, ή ακόμη και να αποθαρρύνει, τον σχολιασμό επίμαχων θεμάτων που έχουν ιδιαίτερη σημασία στην κοινωνία, την οικονομία και την πολιτική, όπως αυτά που σχετίζονται με την πυρηνική επιστήμη και τεχνολογία.
Τα κύρια χαρακτηριστικά της έρευνας που παρουσιάζεται εδώ ήταν: 1) η ερευνητική ομαδική εργασία τύπου πρότζεκτ που βασίστηκε σε συγκεκριμένο πλαίσιο, για μαθητές πρότυπου γυμνασίου με κλίση στις φυσικές επιστήμες και τα μαθηματικά, και καλές επιδόσεις στα μαθήματά τους, 2) η συνεργασία με εξωσχολικά ιδρύματα που ήταν σχετικά με το αντικείμενο της έρευνας (συμπεριλαμβανομένης και επίσκεψης σε ένα πανεπιστημιακό εργαστήριο) και 3) η δημόσια παρουσίαση σε ευρύ κοινό της ερευνητικής εργασίας από τους μαθητές, σε εκδήλωση που περιελάμβανε και ομιλίες από επιστήμονες. Η παιδαγωγική αξία στη διαδικασία της μάθησης της εισαγωγής μιας τέτοιου είδους ομαδικής εργασίας έγκειται το γεγονός ότι οι μαθητές αναπτύσσουν μια σειρά δεξιοτήτων και ικανοτήτων, ενώ επιπρόσθετα εκτίθενται σε και μαθαίνουν σε υψηλότερο ή χαμηλότερο βαθμό σχετικές επιστημονικές έννοιες και τεχνικές και στην επίδραση της επιστήμης στην οικονομία, το περιβάλλον και την προσωπική μας ζωή.
Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας επισημαίνουν τη σημασία του πρότζεκτ με τους μαθητές του πρότυπου γυμνασίου, καθώς και τον ρόλο της αλληλεπίδρασης μεταξύ

σχολείων, κοινωνίας και ερευνητικών ιδρυμάτων. Τα γνωστικά αποτελέσματα, παρότι αναφέρονται σε περιορισμένο αριθμό μαθητών, σε συνδυασμό με τα πολύ θετικά ευρήματα από την αξιολόγηση με βάση τις γνώμες των μαθητών, μας κάνει να πιστεύουμε ότι τα ευρήματα της έρευνας αυτής μπορεί να γενικευθούν, οπωσδήποτε με μια επιβαλλόμενη επιφύλαξη. Επιπλέον η υλοποίηση αυτού του πρότζεκτ αναδεικνύει τον ρόλο της σύνδεσης του σύγχρονου σχολείου με επιστημονικά και ερευνητικά ιδρύματα, τόσο για την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων εκ μέρους των μαθητών όσο και για τη διάδοση από τους μαθητές επιστημονικών επιτευγμάτων σε απλούς πολίτες, οι οποίοι ενδεχομένως αγνοούν ή δεν ενημερώνονται επαρκώς και υπεύθυνα για το σχετικό επιστημονικό θέμα.

Όπως και κάθε καινοτομία, οι εργασίες τύπου «πρότζεκτ» έχουν συγκεκριμένους περιορισμούς που πρέπει να επισημανθούν, ώστε να βρεθούν τρόποι βελτίωσής τους. Υπάρχουν δυο πολύ σημαντικοί περιοριστικοί παράγοντες: ο πρώτος είναι ότι το κύριο βάρος της εργασίας το επωμίζονται λίγα από τα μέλη της κάθε ομάδας των μαθητών (μια αρκετά κοινή πρακτική στην εκπαίδευση και στην εκπαιδευτική έρευνα) και ο δεύτερος είναι τα συνήθως περιορισμένα γνωστικά αποτελέσματα, ειδικά όταν οι μαθητές προέρχονται από ευρύ φάσμα ενδιαφερόντων και ικανοτήτων. Στην παρούσα έρευνα, λόγω της συμμετοχής μαθητών υψηλών ικανοτήτων που προέρχονταν από πρότυπο σχολείο, οι ανωτέρω περιορισμοί ήταν μειωμένοι. Όμως, όπως επιδεικνύουν τα γνωστικά αποτελέσματα αυτής της έρευνας υπήρξε μια διασπορά επιδώσεων. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της συνθετικής εργασίας είναι το γεγονός ότι οι μαθητές εστίασαν και ωφελήθηκαν αποκλειστικά από το δικό τους κομμάτι της εργασίας και πολύ λίγο από τα αντίστοιχα των άλλων συμμαθητών τους. Αυτό οφείλεται αφενός στην περιορισμένη επικοινωνία μεταξύ των μαθητών σε όλη την περίοδο που ασχολήθηκαν με το πρότζεκτ και αφετέρου στο γεγονός ότι μόνο κατά την τελική παρουσίαση όλου του πρότζεκτ είχαν τη δυνατότητα να παρακολουθήσουν τις εργασίες όλων των άλλων ομάδων και να μάθουν ενδεχομένως με τι είχε ασχοληθεί η καθεμιά. Για να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα, οι καθηγητές χρειάζεται να σχεδιάσουν τρόπους για να ενθαρρύνουν τη διάδοση της πληροφορίας και της γνώσης για όλα τα επιμέρους αντικείμενα της συνθετικής εργασίας. Είναι όμως μια δύσκολη διαδικασία, καθώς απαιτεί επιπλέον διδακτικό χρόνο, ο οποίος, κατά κανόνα, δεν είναι διαθέσιμος.

Τέλος. τίθεται το ερώτημα εάν είναι κατάλληλο το αντικείμενο της πυρηνικής ενέργειας ως θέμα συνθετικής εργασίας για μαθητές γυμνασίου, όπως στην παρούσα μελέτη. Σαφώς το θέμα είναι πολύ απαιτητικό και μπορεί να εγείρει εννοιολογικές δυσκολίες και εναλλακτικές αντιλήψεις στους μαθητές (βλ. Tsaparlis et al., 2013, Nakiboğlu και Tekin, 2006). Εν τούτοις, λαμβάνοντας υπόψη ότι το πρόγραμμα σπουδών αφήνει ελάχιστο ή καθόλου χώρο για την πυρηνική επιστήμη (που συνήθως είναι από τις τελευταίες ενότητες στα αναλυτικά προγράμματα και κατά κανόνα παραλείπεται), θα πρέπει να ενθαρρυνθεί η συμπερίληψη αυτού του θέματος (προφανώς σε απλουστευμένη μορφή) στο αναλυτικό πρόγραμμα του γυμνασίου, έτσι ώστε η γνώση βασικών εννοιών και σχετικών τεχνολογικών και κοινωνικών θεμάτων να αποτελέσουν αναπόσπαστο στοιχείο τόσο του *πρακτικού/λειτουργικού εγγραμματισμού* όσο και του *επιστημονικού εγγραμματισμού* του πολίτη (Tsaparlis et al. 2013).

Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε τους μαθητές που συμμετέσχαν στο πρότζεκτ, καθώς και τους γονείς τους που συγκατατέθηκαν στη συμμετοχή των παιδιών τους στην έρευνα αυτή. Ευχαριστούμε ακόμη τον καθηγητή κ. *Τζων Καλέφ-Εζρά,* τον ερευνητή του C.E.R.N., κ. *Αντώνη Παπανέστη* και την κ. *Ελένη Φλώρου* του ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος» για τη συμβολή τους στην ημερίδα και στην καλύτερη πραγματοποίηση του όλου πρότζεκτ.

6. Βιβλιογραφία

Βαϊνά Μ. (1996) Μέθοδος project: Μια πρόκληση για το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. *Νέα Παιδεία*, τεύχος 80, 77-87.

Κουλαϊδής Β., Τσατσαρώνη Α., Χατζηνικήτα Β., Αποστόλου Α. (2001). Μελέτη των όρων εισαγωγής project στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Στο: Π. Κόκκοτας & Ι. Βλάχος (επιμ.), *Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα. Προβλήματα και προοπτικές*, σσ. 55-66. Αθήνα: Εκδόσεις Μ. Π. Γρηγόρη.

Τσαπαρλής Γ., Βλάχα Β., Μαλάμου Κ., Νείλα Ι. & Παντούλα Χ. (2016). Οι συνθετικές ομαδικές εργασίες σε ένα πρότυπο γυμνάσιο: η περίπτωση της πυρηνικής ενέργειας. Στο Σκουμιός Μ. & Σκουμπουρδή Χ. (επιμελ. έκδ.), Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;», σελ. 665-676. http://ltee.org/sekpy2016

Φαντάκη Γ. (2014). Καινοτόμες προσεγγίσεις στο μάθημα της χημείας – η μέθοδος πρότζεκτ. Στο: Φυσικές Επιστήμες ─ Οδηγός για τον εκπαιδευτικό ─ Χημεία Β, Γ Γυμνασίου (προσαρμοσμένο σύμφωνα με τα συμπεράσματα της Πιλοτικής Εφαρμογής), σσ. 34-45. Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Εκπαίδευση και διαβίου μάθηση». «Νέο Σχολείο (Σχολείο 21ου αιώνα) – Νέο πρόγραμμα σπουδών»

Χαρτζάβαλος Σ., Τσαπαρλής Γ. (2009). Επιστημονικός αλφαβητισμός των αποφοίτων λυκείου και, πυρηνική φυσική – γνώση βασικών εννοιών από πρωτοετείς φοιτητές φυσικής, με προεκτάσεις και σε θέματα ειρήνης και αειφόρου ανάπτυξης. Πρακτικά *6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου "Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση"*, σσ. 913-921. (Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, 2009).

Χαρτζάβαλος Σ., Τσαπαρλής Γ. (2011). Μερικές παρανοήσεις φοιτητών σε θέματα που σχετίζονται με την πυρηνική φυσική και την κοινωνία. *Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου "Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση"*, σσ. 391-398. *(Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2013)*

Frey, K. (1980) *Η μέθοδος Project. Μια μορφή συλλογικής εργασίας στο σχολείο ως θεωρία και πράξη*. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη.

Halkia, K., Theodoridou, S. & Malamitsa, K. (2001a). Teachers' views and attitudes towards the communication code and the rhetoric used in press science articles. Paper presented in the 3rd International Conference on "*Science Education Research in the Knowledge Based Society*", ESERA, Thessaloniki, Greece.

Halkia, K, Malamitsa, K. & Theodoridou, S. (2001b). Students' views and attitudes towards the communication code and the rhetoric used in press science articles". Paper presented in the 9th *European Conference for Research on Learning and Instruction*. EARLI (European Association for Research on Learning and Instruction). Friburg, Switzerland.

Jenkins, E. W. (1999). School science, citizenship and the public understanding of science. *International Journal of Science Education, 21*(7), 703-710.

Linjse, P. L., Eijkelhof, H. M. C., Klaassen, C. W. J. M. & Scholte, R. L. J. (1990). Pupils' and mass-media ideas about radioactivity. *International Journal of Science Education, 12*(1), 67-78.

Nakiboĝlu, C. & Tekin, B. B. (2006). Identifying students' misconceptions about nuclear chemistry. A study of Turkish high school students. *Journal of Chemical Education*, 83(11), 1712-1718.

Taber, K. S. (2014). Ethical considerations of chemistry education research involving 'human subjects' . *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 109-113.

Tsaparlis G., Hartzavalos S. & Nakiboğlu C. (2013). Students' knowledge of nuclear science and its connection with civic scientific literacy in two European contexts: the case of newspaper articles. *Science & Education*, 22, 1963-1991.

Wellington, J. (1991). Newspaper science, schools science: Friends or enemies? *International Journal of Science Education, 13*(4), 363-372.

7. Παράρτημα:

Μερικές από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου για την πυρηνική επιστήμη, τη χρησιμότητα και τους κινδύνους της (*Μέρος Α*)

(Πριν από τις ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν, υπάρχουν κάποιες προτάσεις (με *πλάγια γράμματα*, μέσα σε εισαγωγικά) που έχουν ληφθεί από άρθρα που δημοσιεύθηκαν σε μεγάλης, εθνικής κυκλοφορίας, αθηναϊκές εφημερίδες.)

Ερώτ. 2) «*Το U-235 χρησιμοποιείται στους* ***πυρηνικούς αντιδραστήρες*** *για να παράγουν μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέσω της αντίδρασης πυρηνικής σχάσης, ενώ το U-238 δεν είναι χρήσιμο σε αυτό.»* **─ 2Α)** Τι είναι ένας πυρηνικός αντιδραστήρας; **2Β)** Να αναφέρετε την ομοιότητα και 1-3 διαφορές ανάμεσα στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται κατά την έκρηξη μιας πυρηνικής βόμβας και στην πυρηνική αντίδραση που γίνεται σε έναν πυρηνικό αντιδραστήρα. **2Γ)** Τι είναι η αντίδραση πυρηνικής σχάσης; **2Δ)** Έχεις υπόψη σου άλλο ή άλλους τύπους πυρηνικών αντιδράσεων εκτός από την πυρηνική σχάση; Αν ναι, μπορείς να δώσεις σύντομη περιγραφή;

Ερώτ. 8) «*Η εφαρμοσμένη έρευνα για την ανάπτυξη* ***νέων τεχνολογιών*** *έχει αρχίσει να ξεπερνά την αντοχή ακόμη και των περισσότερο οικονομικά ανεπτυγμένων κρατών. Η λύση στο πρόβλημα αυτό φαίνεται να είναι η διεθνής διακρατική συνεργασία, σκοπός της οποίας είναι η κατασκευή του πρώτου πειραματικού* ***θερμοπυρηνικού αντιδραστήρα»*** □─ Τι σημαίνει ο όρος **θερμοπυρηνικός αντιδραστήρας;**

Ερώτ. 9) «*Η κατασκευή εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος που θα χρησιμοποιούν ως πηγή ενέργειας τη σύντηξη του υδρογόνου σε ήλιο αναμένεται να δώσει λύση στο ενεργειακό πρόβλημα του πλανήτη μας. Η ενέργεια που ελευθερώνεται από τη σύντηξη 1 γραμμαρίου ατόμων υδρογόνου είναι ίση με την ενέργεια που ελευθερώνεται από την καύση περίπου 23.000 λίτρων βενζίνης! (από την οποία παίρνουμε τόση ενέργεια, όση ηλεκτρική ενέργεια καταναλίσκει περίπου όλη η Ελλάδα σε μία ώρα!)*» **─ 9Α)** Μπορείτε να γράψετε την εξίσωση της πυρηνικής αντίδρασης που περιγράφει τη σύντηξη του υδρογόνου; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Κατά την αντίδραση παράγονται ήλιο $^{4}_{2}He$ και ποζιτρόνια□ $^{1}_{0}e$. **9Β)** Πώς εξηγείται με όρους φυσικής η μεγάλη ποσότητα ενέργειας που παράγεται κατά τις πυρηνικές αντιδράσεις; (ΥΠΟΔΕΙΞΗ: Η εξήγηση συνδέεται με έναν διάσημο Φυσικό του 20ού αιώνα) **9Γ)** Έχει σχέση η πυρηνική σύντηξη του υδρογόνου με τον ήλιο, τον απλανή αστέρα που μας τροφοδοτεί με ενέργεια;

Ερώτ. 11) «*Σύμφωνα με τους υποστηρικτές της πυρηνικής ενέργειας, αυτή έχει σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη χρήση των συμβατικών καυσίμων (που είναι ο άνθρακας και μείγματα χημικών ενώσεων του άνθρακα όπως το πετρέλαιο).»* **─ 11Α)** Μπορείτε να αναφέρετε τέτοια πλεονεκτήματα;

Ερώτ. 12) «*Η φυσική ραδιενέργεια που παίρνει κανείς ετησίως είναι 0,001-0,0015 Sievert.*» **─ 12Α)** Τι εννοούμε με τον όρο **ραδιενέργεια**; **12Β)** Από πού προέρχεται αυτή η **φυσική** ραδιενέργεια;

Ερώτ.14) «*Όπως έχει υποστηρίξει κάποιος καθηγητής Πυρηνικής Φυσικής, αν κάποιος σήμερα πάρει μια χαμηλή δόση ραδιενέργειας λίγων Sievert, τότε θα περάσει μια περίοδος περίπου 10 ετών για πιθανή εμφάνιση συμπτωμάτων αρρώστιας που σχετίζεται με τη ραδιενέργεια.*» ─ Γνωρίζετε το **πώς** η ραδιενέργεια επηρεάζει την υγεία των ανθρώπων και των ζώων;

ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΗΣ ΕΝΤΡΟΠΙΑΣ ΜΕΣΩ ΕΝΟΣ ΜΙΚΡΟΣΚΟΠΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΚΑΤΑΣΤΑΕΩΝ

Βάια Μπακάλη, Γεωργία Μπαμπάτσικου, Στέφανος Ασημόπουλος

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη εστιάζεται στις πορείες μάθησης που ακολουθούν υποψήφιοι δάσκαλοι για την εννοιολόγηση της εντροπίας. Η έρευνα σχεδιάστηκε ώστε να ανιχνευθούν οι ιδέες των συμμετεχόντων για έννοιες σχετικές με την εντροπία και να διερευνηθεί ποιες από τις έννοιες εμπλέκονται και με ποιόν τρόπο στη μικροσκοπική προσέγγιση της. Για τη διερεύνηση των ερευνητικών ερωτημάτων επιλέχτηκε ποιοτική προσέγγιση με εφαρμογή ενός διδακτικού πειράματος. Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι εκτός από την εννοιολόγηση των εννοιών μικροκατάσταση και μακροκατάσταση, η μεταξύ τους διάκριση και η εννοιολόγηση των εννοιών σύστημα και ισορροπία αποτελούν απαραίτητες προϋποθέσεις για τη μικροσκοπική ερμηνεία της εντροπίας.

Abstract

The present study focuses on the learning paths followed by preservice teachers for the conceptualization of entropy. The study traces the ideas of the participants for concepts related to entropy and investigates which of these concepts are involved and in which way with its microscopic approach. In order to address the research questions the qualitative approach was chosen with the implementation of a teaching experiment. Results indicate that apart from the conceptualization of microstate and macrostate, the distinction between the two and the conceptualization of system and equilibrium are also prerequisites for the microscopic interpretation of entropy.

1. Εισαγωγή

Η κεντρικότητα της έννοιας της εντροπίας στα πεδία της Θερμοδυναμικής και της Στατιστικής Φυσικής οφείλεται στη σύνδεσή της με το δεύτερο θερμοδυναμικό νόμο και την υποβάθμιση της ενέργειας. Πρόκειται για έννοια που προσεγγίζεται μακροσκοπικά και μικροσκοπικά και για την ποιοτική ερμηνεία της χρησιμοποιήθηκαν από τους ερευνητές οι μεταφορές «*αταξία*», «*διασπορά ενέργειας*» (Lambert 2006, Leff 2007), «*πληροφορία*» (Ben-Naim 2008), «*ελευθερία*» (Brissaud 2005) και «*πολλαπλότητα*» (Martin et al 2013).

Στη διδακτική προσέγγιση που επιλέχτηκε γίνεται προσπάθεια να ερμηνευτεί η έννοια της εντροπίας με τη βοήθεια ενός μικροσκοπικού μοντέλου και της έννοιας του αριθμού των μικροκαταστάσεων. Η επιλογή της μικροσκοπικής προσέγγισης της έννοιας συμφωνεί με μελέτες που έδειξαν ότι μια μακροσκοπική προσέγγιση εμποδίζει την κατανόηση των υποκείμενων μηχανισμών των φυσικών φαινομένων και την κατασκευή οπτικοποιημένων νοητικών μοντέλων από τους φοιτητές (Reif 1999). Επιπλέον υιοθετώντας μια μακροσκοπική προσέγγιση θα έπρεπε να συμπεριληφθούν στη διδασκαλία έννοιες όπως θερμότητα, θερμοκρασία και ενέργεια για τις οποίες οι φοιτητές εμφανίζουν πληθώρα εναλλακτικών ιδεών (Driver R., 2000). Η έρευνα απευθύνεται σε φοιτητές Παιδαγωγικού τμήματος, το

μεγαλύτερο ποσοστό των οποίων προέρχεται από θεωρητική κατεύθυνση, ως εκ τούτου κατά τη φοίτησή τους στο Λύκειο δεν έχουν διδαχτεί Θερμοδυναμική.

2. Μεθοδολογία

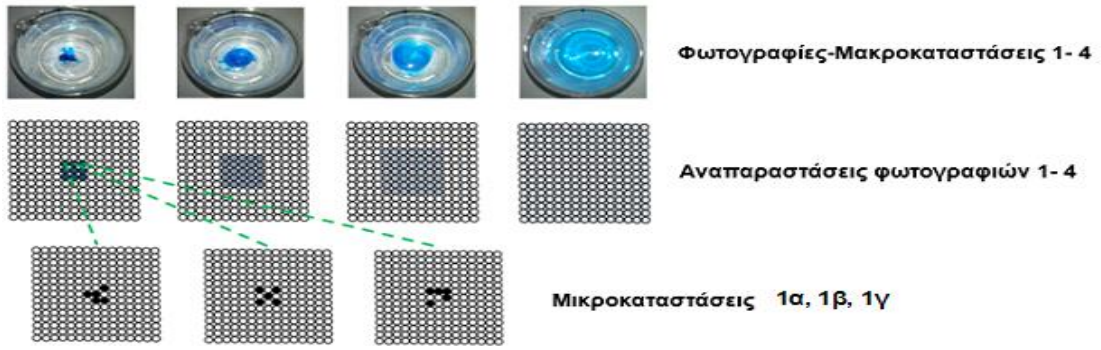
Σκοπός – Συμμετέχοντες

Ο σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνηθούν και να χαρτογραφηθούν οι πορείες μάθησης που ακολουθούν οι συμμετέχοντες στο διδακτικό πείραμα για την εννοιολόγηση της εντροπίας. Πιο συγκεκριμένα, έγινε προσπάθεια να μελετηθεί ποιες έννοιες αναδεικνύονται κυρίαρχες στην εννοιολόγηση της εντροπίας σε μια μικροσκοπική προσέγγιση. Με ποιο τρόπο και σε ποια φάση της διδακτικής πορείας οι έννοιες αυτές εμπλέκονται; Στην έρευνα συμμετείχαν 22 δευτεροετείς φοιτητές - 21 φοιτήτριες και 1 φοιτητής - του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας κατά το ακαδημαϊκό έτος 2015-2016, εκ των οποίων οι 20 προέρχονται από θεωρητική κατεύθυνση κατά τη φοίτησή τους στο Λύκειο, 1 από θετική και 1 από τεχνολογική. Για την επιλογή των συμμετεχόντων χρησιμοποιήθηκε βολική δειγματοληψία (convenience sampling) (Creswell 2012).

Σχεδιασμός

Η ανάγκη να μελετηθεί η ίδια η διαδικασία ανάπτυξης της μάθησης και όχι απλά το αποτέλεσμά της συντέλεσε στην επιλογή της ποιοτικής τύπου έρευνας. Σαν εργαλείο συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα διδακτικό πείραμα. Κατά την εφαρμογή μιας ευέλικτης διδακτικής παρέμβασης αποκαλύπτονται οι ιδέες των φοιτητριών για τις υπό διαπραγμάτευση έννοιες και διαδικασίες και μελετάται η μαθησιακή πορεία τους προς την στοχευόμενη συμβατή επιστημονικά γνώση (Komorek M. 2004).
Μια αρχική αποτύπωση των ιδεών των φοιτητριών μέσω ενός ανοικτού τύπου ερωτηματολογίου και τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών αποτέλεσαν τον σκελετό του σχεδιασμού και του προγραμματισμού ενός δίωρου διδακτικού πειράματος. Το διδακτικό πείραμα εφαρμόστηκε σε ζευγάρια φοιτητριών. Οι καταγραφές των διδασκαλιών από μαγνητόφωνο και ψηφιακή κάμερα αποτέλεσαν τη βασική πηγή δεδομένων, ενώ οι γραπτές και προφορικές επισημάνσεις ενός μη συμμετοχικού παρατηρητή από τη μελέτη στο πεδίο, αποτέλεσαν μια επιπλέον πηγή. Τα δεδομένα απομαγνητοφωνήθηκαν και καταγράφηκαν σε γραπτό κείμενο. Καθώς εξελίσσονταν οι διδασκαλίες, ξεκίνησε και η ανάλυση των δεδομένων, αν και η σε βάθος οριστική επεξεργασία τους έγινε μετά την ολοκλήρωση της συλλογής του υλικού.

Εικόνα 1: Παρουσίαση αναλογίας στιγμιότυπων διάχυσης χρωστικής με αντίστοιχα του μικροσκοπικού μοντέλου



Κατά την έναρξη της διδασκαλίας πραγματοποιήθηκε η επίδειξη της διάχυσης μιας χρωστικής στο νερό ως το πλαίσιο συζήτησης. Για την οπτικοποίηση των μικροκαταστάσεων χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο του συστήματος νερό-χρωστική όπως προτάθηκε από τους Martin et al (2013), για 4 διαφορετικά στιγμιότυπα σε αντιστοίχιση με 4 φωτογραφίες εξέλιξης του φαινομένου της επίδειξης. Η παρουσίαση της αναλογίας πραγματοποιήθηκε μέσω προγράμματος προβολής διαφανειών (εικόνα 1). Στο μοντέλο το σύστημα αποτελείται από 225 σωματίδια εκ των οποίων τα 220 είναι μόρια νερού και τα 5 μαύρα είναι μόρια χρωστικής. Καθώς εισάγεται η χρωστική στο νερό, τα μόριά της καταλαμβάνουν τις πέντε από τις εννέα τυχαίες θέσεις σε ένα μπλε τετράγωνο 3×3 του συστήματος, όπως φαίνεται στην αναπαράσταση 1. Οι διαφορετικοί τρόποι διευθέτησης των μορίων χρωστικής στις πιθανές θέσεις αποτελούν διαφορετικές μικροκαταστάσεις του συστήματος που αντιστοιχούν στην ίδια μακροκατάσταση. Με κάθε αύξηση των πιθανών θέσεων, αυξάνει ο αριθμός των μικροκαταστάσεων. Η τελική μακροκατάσταση του συστήματος στην οποία η χρωστική διαχέεται σε όλο το νερό, αποτελείται από μέγιστο πλήθος μικροκαταστάσεων. Η διδασκαλία ολοκληρώθηκε με την εισαγωγή της έννοιας της εντροπίας κατά Boltzmann ως αύξουσα συνάρτηση του αριθμού των μικροκαταστάσεων και την εκτίμηση και αιτιολόγηση της μεταβολής της εντροπίας στο φαινόμενο που είχε προηγηθεί.

3. Αποτελέσματα

Σύστημα

Από την ανάλυση των δεδομένων εξάχθηκε ότι αναφορικά με την έννοια σύστημα οι μισές περίπου φοιτήτριες εξέφρασαν την ιδέα της συλλογής αντικειμένων που βρίσκονται σε σχέση αλληλεπίδρασης, ιδέα που αποτελεί τον ορισμό του συστήματος στις φυσικές επιστήμες.
Σ14: *Αλληλεπίδραση, το χρώμα με το νερό πώς αλληλεπιδρούν, αυτό είναι ένα σύστημα.*
Ε: *Σύστημα είναι η αλληλεπίδραση, το χρώμα με το νερό, το χρώμα με το νερό και το πώς αλληλεπιδρούν*;
Σ14: *Ναι αυτό, το χρώμα με το νερό και το πώς αλληλεπιδρούν.*
Ωστόσο για κάποιες από τις φοιτήτριες το σύστημα είναι:

- διαδικασίες

Σ7: *Το ότι πήραμε το ποτηράκι, γεμίσαμε το νερό, μετά ρίξαμε τη χρωστική ουσία και το παρατηρήσαμε πώς έγινε, όλο αυτό που κάναμε.*

Σ7: *Η διαδικασία που ακολουθήσαμε.*

- κανόνες-ακολουθούμενη τακτική:

Σ13: *Ότι το χρώμα έχει ένα συγκεκριμένο σύστημα ανάμειξης με το νερό.*

Ε: *Αν βγάλεις τη λέξη σύστημα, μια συνώνυμη…*

Σ13: *Τρόπο, συγκεκριμένο τρόπο.*

Σ13: *Όσες φορές και να το κάνουμε αυτό με τον ίδιο τρόπο θα γίνει.*

Μέσω συζήτησης οι φοιτήτριες καθοδηγήθηκαν ώστε να αναγνωρίσουν το νερό και τη χρωστική ως στοιχεία του πειράματος στα οποία εστιάζεται η μελέτη και επομένως αποτελούν σύστημα, και το ποτήρι ως το όριο που διαχωρίζει το σύστημα από το περιβάλλον.

Μοντέλο

Απαραίτητη προϋπόθεση για την εισαγωγή της έννοιας της μικροκατάστασης ήταν η αποδοχή του μοντέλου που περιγράφεται στην εικόνα 1, από τις φοιτήτριες. Ως εκ τούτου έγινε προσπάθεια να προσδιοριστούν επιλεγμένα χαρακτηριστικά του στόχου και ταυτόχρονα να αναδειχθούν οι περιορισμοί του μοντέλου (Χαλκιά 2012). Κατά την εφαρμογή του μοντέλου διαγράφηκε από τις περισσότερες φοιτήτριες η επιθυμητή πορεία μάθησης η οποία αποτελείται από τα βήματα 1ο-4ο του σχήματος 1. Ωστόσο κάποιες φοιτήτριες διέγραψαν πορείες μάθησης που διαφοροποιούνται από την επιθυμητή, κυρίως ως προς τα βήματα 2ο και 4ο. Συγκεκριμένα η ανάλυση κάθε βήματος οδήγησε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

1ο βήμα: Σχετικά εύκολα οι φοιτήτριες πρότειναν ως μακροσκοπικές μεταβλητές που περιγράφουν τις καταστάσεις του συστήματος νερό-χρωστική, είτε στις φωτογραφίες, είτε στις αναπαραστάσεις τον «*τόνο*» ή την «*απόχρωση*» ή την «*ένταση*» ή την «*πυκνότητα*» του χρώματος και το εμβαδό της επιφάνειας στην οποία έχει εξαπλωθεί η χρωστική. Με την ίδια ευκολία εντόπισαν τις διαφορές ανάμεσα στις φωτογραφίες και στις αναπαραστάσεις, δηλαδή τα σημεία στα οποία το μοντέλο διαφοροποιείται από την πραγματικότητα.

Σ10: *Η σταγόνα δεν εξαπλώνεται ομοιόμορφα, ενώ κάτω είναι απόλυτη συμμετρία, ενώ πάνω βλέπουμε ότι έχει και τις ίνες που κάνει το χρώμα από την κεντρική σταγόνα, εκεί βλέπουμε ότι δεν είναι τέλειος κύκλος, ενώ κάτω είναι το τέλειο τετράγωνο.*

Σ9: *Είναι οριοθετημένο, περιορισμένο κάπως, πολύ συγκεκριμένο.*

Οι περισσότερες φοιτήτριες θεώρησαν ότι το μοντέλο τους βοήθησε να εστιάσουν στις μεταβλητές, ενώ οι περιορισμοί του μοντέλου δεν αποτέλεσαν εμπόδιο στην ανάδειξη των παραπάνω μεταβλητών.

Σ18*: Αυτό που μας ενδιαφέρει, το κάνει. Δείχνει την αναλογία πολύ καλά.*

Ε: *Τι είναι αυτό που μας ενδιαφέρει;*
Σ18: *Μας ενδιαφέρει να δούμε το χρώμα πόσο μεγαλώνει και πόσο ανοίγει.*

2ο βήμα: Κατά την είσοδο στο μικρόκοσμο μέσω του μοντέλου, ενώ κάποιες φοιτήτριες, όπως το ζευγάρι Σ15-Σ16, αναγνώρισαν ότι τα μαύρα κυκλάκια απεικονίζουν «*τα μόρια της σταγόνας, όταν πέφτει η σταγόνα στην επιφάνεια»,* κάποιες άλλες διέγραψαν διαφορετικές πορείες που δείχνουν δυσκολία αποδοχής του μοντέλου. Συγκεκριμένα δεν αναγνώριζαν μόρια

- εξαιτίας του χρώματος με το οποίο απεικονίζονται

Σ5: *Τα άσπρα λογικά είναι το νερό, τα μόρια του νερού που βρίσκονται μέσα στο ποτήρι, αλλά δεν ξέρω γιατί αλλάξαμε το χρώμα από μπλε σε μαύρο; Μήπως απεικονίζει κάτι άλλο;*

- εξαιτίας του ακανόνιστου σχήματος

Σ14: *Δείχνει πάλι τη σταγόνα αλλά δεν την δείχνει αυτή τη φορά σαν ένα τετράγωνο, αλλά τη δείχνει σαν ένα πιο περίεργο σχήμα ίσως για να πλησιάσει περισσότερο το πραγματικό που δεν ήτανε συγκεκριμένο απόλυτο σχήμα.*

- εξαιτίας της ύπαρξης μεγάλου πλήθους μορίων στην πραγματικότητα

Σ20: *Εγώ θεωρώ ότι τα μόρια είναι τόσα πολλά που δε μπορούμε να τα μετρήσουμε αλλά ούτε και να τα απεικονίσουμε.*

Η ερευνήτρια, στο συγκεκριμένο σημείο της διδασκαλίας, χρειάστηκε να αναφερθεί στο ρόλο του μοντέλου, τονίζοντας την ανάγκη προσέγγισης του μικρόκοσμου που οδήγησε στη χρήση του μοντέλου και τις παραδοχές που έγιναν για να ερμηνευτεί η πραγματικότητα.

3ο βήμα: Οι φοιτήτριες που αναγνώρισαν εξαρχής ότι στο μοντέλο τα μαύρα κυκλάκια απεικονίζουν μόρια χρωστικής, εύκολα αναγνώρισαν και στη συνέχεια ότι τα μόρια της χρωστικής μπορούν να διατάσσονται κατά διαφορετικούς τρόπους ανάμεσα στα μόρια του νερού. Όπως ανέφερε η Σ15 τα πλέγματα 1α, 1β, 1γ του σχήματος 1 απεικονίζουν «*διαφορετικούς συνδυασμούς των μορίων…Το πώς κατανέμονται, το πώς τοποθετούνται».*

Σε διαφορετικούς τρόπους διάταξης μορίων αναφέρθηκαν και κάποιες άλλες φοιτήτριες, ωστόσο η αναφορά αφορούσε σε μόρια του νερού που χρωματίστηκαν τη στιγμή που έπεσε η σταγόνα μέσα στο νερό.

Σ22: *…όλα αυτά τα στάδια είναι την ώρα που πέφτει η σταγόνα, το πώς μπορεί να απλωθεί μέσα στο νερό, ποια μόρια του νερού χρωματίζονται.*

4ο βήμα: Οι φοιτήτριες κλήθηκαν να σχεδιάσουν τα πλέγματα 1α, 1β, 1γ του σχήματος 1 (μικροκαταστάσεις) σε διαφάνειες, μια ιδέα που αποδείχτηκε ιδιαίτερα ευρηματική, όπως αναφέρθηκε και από τους παρατηρητές, αφού μετά το σχεδιασμό όλα τα ζευγάρια, άλλα αυθόρμητα και άλλα κατόπιν μικρής προτροπής τοποθέτησαν το ένα πλέγμα πάνω στο άλλο. Από την επικάλυψη των διαφανειών σκιαγραφήθηκαν τα χρωματισμένα τετράγωνα των αναπαραστάσεων της εικόνας 1 για τα οποία υπέθεσαν ότι δείχνουν:

- Πιθανές θέσεις των μορίων της χρωστικής και ταυτόχρονα αναπαράσταση της χρωστικής καθώς εξαπλώνεται.

Σ22: Δείχνουν σε ποια φάση βρίσκεται η σταγόνα εκείνη τη στιγμή, τη μορφή της σταγόνας.

Σ22, Σ21: το που μπορούν να βρίσκονται τα μόρια της χρωστικής.

- Πιθανές θέσεις των μορίων της χρωστικής

Ε: Επομένως τα 9 κυκλάκια τι δείχνουν;

Σ12: Τις θέσεις τις οποίες αλλάζουν τα μόρια.

- Αναπαράσταση της χρωστικής καθώς εξαπλώνεται

Σ13: *Όλες μαζί* (οι διαφάνειες) *ας πούμε, τι θα σχηματίσουν…ναι σχημάτισαν το αρχικό που είχαμε δει μπλε τετράγωνο.*

Σ14: Απεικονίζει ίσως τη σταγόνα;

Σ13: Γραφικά όπως μας το δείξατε πριν.

- Μόρια της χρωστικής

Σ6: *Μόρια νερού, μόρια χρωστικής.*

Σ5: *Τα μόρια χρωστικής.*

Ε: *Ποια είναι μόρια νερού, ποια είναι μόρια χρωστικής;*

Σ6: *Τα άσπρα κυκλάκια είναι μόρια νερού.*

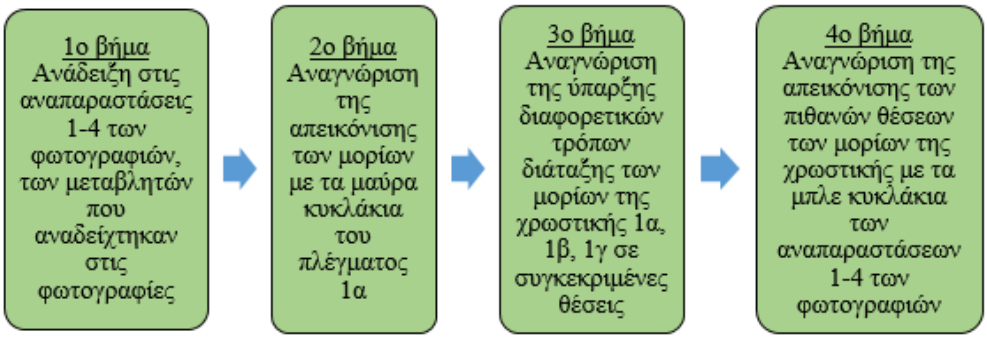
Ε: *Και μόρια χρωστικής;*

Σ6: *Τα μπλε.*

Ε: *Πόσα είναι;*

Σ6: *9, 25, στο 3ο; 7x7.*

Σχήμα 1: Πορεία μάθησης κατά την εφαρμογή του μικροσκοπικού μοντέλου



Οι δυο πρώτες υποθέσεις καταδεικνύουν ότι οι φοιτήτριες αντιλήφθηκαν ότι ο αριθμός μορίων της χρωστικής παραμένει σταθερός καθώς η χρωστική διαχέεται στο νερό και ότι τα μόρια της χρωστικής μπορούν να βρίσκονται σε συγκεκριμένες θέσεις, γεγονός που δηλώνει ότι το μοντέλο βοήθησε τις φοιτήτριες να προσεγγίσουν την πραγματικότητα. Η τρίτη υπόθεση καταδεικνύει ότι οι φοιτήτριες αναγνώρισαν μεν την αναπαράσταση της χρωστικής αλλά δε συνέδεσαν τα μπλε κυκλάκια με πιθανές θέσεις. Η τελευταία υπόθεση, ότι στις αναπαραστάσεις τα μπλε κυκλάκια απεικονίζουν μόρια χρωστικής και όχι πιθανές θέσεις, είναι αποτέλεσμα της εναλλακτικής ιδέας ότι καθώς η χρωστική εξαπλώνεται χρωματίζει μόρια νερού και συνεπώς αυξάνεται ο αριθμός των μορίων της χρωστικής. Οι φοιτήτριες που εμφάνισαν εξαρχής αυτή την εναλλακτική ιδέα, δυσκολεύτηκαν να την τροποποιήσουν, παρότι συμφωνήθηκε ότι στο μοντέλο ο αριθμός μορίων της χρωστικής παραμένει σταθερός και ότι τα μαύρα κυκλάκια είναι ένας τρόπος απεικόνισής τους.

Μακροκατάσταση-Μικροκατάσταση

Πριν την εισαγωγή των εννοιών μακροκατάσταση και μικροκατάσταση και έχοντας προηγηθεί η επίδειξη της διάχυσης της χρωστικής και η εφαρμογή του μοντέλου ζητήθηκε από τις φοιτήτριες να εκφράσουν τις ιδέες τους για τις παραπάνω έννοιες. Έτσι η μακροκατάσταση περιγράφηκε από τις περισσότερες φοιτήτριες ως η κατάσταση του συστήματος όταν το παρατηρούμε «*πιο γενικά*», «*από μακριά*» ενώ η μικροκατάσταση συνδέεται με τα μόρια της χρωστικής και τις πιθανές θέσεις τους και είναι αποτέλεσμα της «*σε βάθος*» παρατήρησης. Για αρκετές όμως φοιτήτριες η μακροκατάσταση αποτέλεσε εξέλιξη της μικροκατάστασης στο χώρο ή στο χρόνο. Όπως αναφέρθηκε από τον Σ16:
Σ16: *Μικροκατάσταση θα μπορούσαμε να πούμε τη στιγμή που πέφτει η σταγόνα στο νερό μέχρι που αρχίζει να εξαπλώνεται και από τη στιγμή που έχει εξαπλωθεί σ' όλο το νερό, από τότε να το θεωρήσουμε μακροκατάσταση.*
Η ερευνήτρια προσπάθησε να στρέψει την προσοχή στο μοντέλο και ο φοιτητής πριν την εισαγωγή της εντροπίας περιέγραψε πώς έχει αντιληφθεί τον όρο:
Σ16: *Στο μικρόκοσμο, οι θέσεις, όχι οι πιθανές θέσεις, οι πιθανοί συνδυασμοί που μπορούν να πάρουνε τα μόρια της χρωστικής.*

Εντροπία

Την εννοιολόγηση της μακροκατάστασης και της μικροκατάστασης καθώς και τη μεταξύ τους διάκριση ακολούθησε η εισαγωγή του στατιστικού ορισμού της εντροπίας από την

ερευνήτρια, αφού όπως αποδείχτηκε, από την ανίχνευση ιδεών που είχε προηγηθεί, η εντροπία ήταν μια άγνωστη έννοια για τις φοιτήτριες.
Αναφορικά με την αιτιολόγηση της αύξησης της εντροπίας (σχήμα 2), το μεγαλύτερο μέρος των φοιτητριών διέγραψε εξ αρχής ολοκληρωμένες πορείες (πράσινα βέλη) από την ανάλυση των οποίων παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα:

- Με ευκολία προέβλεπαν και αναγνώριζαν στο μοντέλο, την αύξηση του αριθμού των πιθανών θέσεων (1), στην οποία όμως δεν αναφέρονταν ρητά αλλά έμμεσα χρησιμοποιώντας εκφράσεις όπως: «*πιο αραιά τοποθετημένα τα μόρια», «πιο εξαπλωμένα, έχουν μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ τους», «μεγαλύτερο πλαίσιο», «μεγαλύτερο όριο», «πιο πολλά χρωματισμένα* (κυκλάκια)».
- Επίσης αναφέρονταν έμμεσα και στην αύξηση του αριθμού των μικροκαταστάσεων (2), κάνοντας λόγο για «*αύξηση των τρόπων τοποθέτησης των μορίων*» ή πιο συχνά για αύξηση του αριθμού των πιθανών «*συνδυασμών*». Ενδεικτικά η Σ18 ανέφερε: «*Ότι υπάρχουν περισσότερες θέσεις που θα μπορούσαν να βρεθούν τα μόρια επειδή έχει μεγαλύτερο χώρο, περισσότεροι συνδυασμοί».*

Ωστόσο επισημάνθηκαν και ελλιπείς πορείες μάθησης στις οποίες οι φοιτήτριες:

- Αιτιολογούσαν την αύξηση της εντροπίας (3) περιγράφοντας αυτό που παρατηρούν μακροσκοπικά: «*αύξηση της επιφάνειας στην οποία εξαπλώνεται η χρωστική*», «*μεγαλύτερο πλαίσιο στο οποίο κινούνται τα μόρια της χρωστικής*». Δεν αναφέρονταν σε μικροκαταστάσεις (κόκκινο βέλος). Συνέδεαν την αύξηση της εντροπίας με αλλαγή μακροσκοπικών μεταβλητών όπως αύξηση της επιφάνειας στην οποία εξαπλώνεται η χρωστική.
- Ταύτιζαν τις μικροκαταστάσεις με τις πιθανές θέσεις, όπως καταδεικνύει το παρακάτω απόσπασμα:

Ε: *Καθώς προχωράμε από την 1η φωτογραφία στην 4η φωτογραφία η εντροπία αλλάζει;*

Σ12, Σ11: *Ναι.*

Ε: *Πώς;*

Σ12: *στο 1ο 9, στο 2ο 25.*

Σ11: *Ναι μετά 49.*

Ε: *Τι ήταν το 9, το 25;*

Σ11: *Το σύνολο των μικροκαταστάσεων στη συγκεκριμένη μακροκατάσταση.*

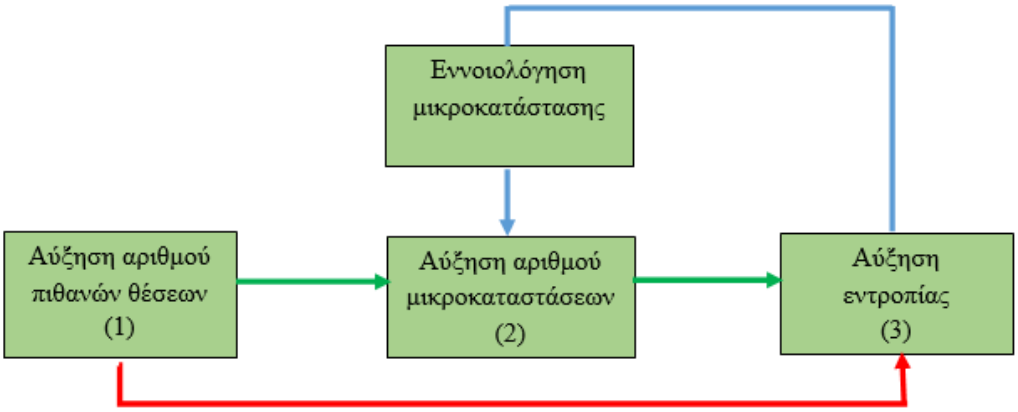
Σ12: *Ο πιθανός συνδυασμός που μπορούν να έχουν τα μόρια.*

Ε: *Δηλ. στο 1ο είναι 9 οι πιθανοί συνδυασμοί και μετά 25; Το 9 και το 25 τι είναι;*

Σ12: *Οι πιθανές θέσεις….*

Το άλμα που εμφανίζεται στις ελλιπείς πορείες μάθησης από τις πιθανές θέσεις (1) στην εντροπία (3) (κόκκινο βέλος), καθιστά απαραίτητο τον επαναπροσδιορισμό της μικροκατάστασης (μπλε βέλος).

Σχήμα 2: Πορείες μάθησης για την αιτιολόγηση της αύξησης της εντροπίας



Μακροκατάσταση ισορροπίας

Αναφορικά με την μακροκατάσταση ισορροπίας οι περισσότερες φοιτήτριες αναγνώρισαν εύκολα τη σταθερότητα της εντροπίας σε μια μέγιστη τιμή. Εύκολα έγινε αντιληπτό ότι όλες οι θέσεις είναι πιθανές και κατά συνέπεια μεγιστοποιείται ο αριθμός των μικροκαταστάσεων, όπως αναφέρεται και στο παρακάτω απόσπασμα από το ζευγάρι των φοιτητριών Σ9 και Σ10:

Σ10: *Ότι όλες είναι οι πιθανές θέσεις.*

Ε: *15χ15, 225 πιθανές θέσεις. Άρα τι έχουμε να πούμε για τον αριθμό των μικροκαταστάσεων σ' αυτή την περίπτωση;*

Σ9: *Θα είναι περισσότερες από κάθε άλλη εικόνα.*

Ε: *Και στην τελευταία κατάσταση;*

Σ9: *Μετά θα μείνει σταθερή η εντροπία.*

Ε: *Αλλά αυτή η σταθερή τιμή θα είναι σε σχέση με τις προηγούμενες τιμές της εντροπίας;*

Σ10: *Η μεγαλύτερη.*

4. Συμπεράσματα

Στη διδακτική προσέγγιση που επιλέχτηκε, έγινε προσπάθεια να μελετηθεί η εντροπία ενός μακροσκοπικού συστήματος με τη βοήθεια ενός μικροσκοπικού μοντέλου και της έννοιας του αριθμού των μικροκαταστάσεων. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η πλειοψηφία των φοιτητριών διέγραψαν πορείες μάθησης που οδηγούν στην μικροσκοπική ερμηνεία της εντροπίας καθώς και στην εκτίμηση και αιτιολόγηση της μεταβολής της, μέσω της έννοιας κυρίως του αριθμού των μικροκαταστάσεων. Επιπλέον η εννοιολόγηση της μακροκατάστασης και η διάκρισή της από την μικροκατάσταση καθώς και οι εννοιολογήσεις των εννοιών σύστημα και ισορροπία αποτέλεσαν απαραίτητες προϋποθέσεις για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων συλλογισμών.
Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας ιδιαίτερα κρίσιμο σημείο θεωρήθηκε η προσέγγιση του μικρόκοσμου μέσω του μοντέλου. Η μη αναγνώριση της απεικόνισης των μορίων με τα μαύρα κυκλάκια αφενός και η θεώρηση της αύξησης του αριθμού των πιθανών θέσεων ως αύξηση του αριθμού των μορίων της χρωστικής καθώς αυτή εξαπλώνεται αφετέρου, κατέδειξαν δυσκολία αποδοχής του μοντέλου από κάποιες φοιτήτριες, και ως εκ τούτου

αποτέλεσαν εμπόδια στην εννοιολόγηση της μικροκατάστασης. Έτσι οι διαφορετικοί τρόποι διευθέτησης των μορίων της χρωστικής ανάμεσα στα μόρια του νερού δε γίνονται αντιληπτοί ως μικροκαταστάσεις αλλά ως διαφορετικές μορφές της σταγόνας δηλαδή μακροκαταστάσεις. Επιπλέον κάποιες φοιτήτριες δεν συνέδεσαν την αύξηση της εντροπίας με την αύξηση του αριθμού των μικροκαταστάσεων αλλά με την αύξηση του αριθμού των πιθανών θέσεων ή με την αλλαγή μακροσκοπικών μεταβλητών όπως αύξηση της επιφάνειας στην οποία εξαπλώνεται η χρωστική. Για τη γεφύρωση του άλματος από τις πιθανές θέσεις στην εντροπία κρίθηκε αναγκαίος ο επαναπροσδιορισμός της έννοιας της μικροκατάστασης. Ειδικότερα ο σχεδιασμός μικροκαταστάσεων, δεδομένων των αριθμών πιθανών θέσεων, από ένα ζευγάρι φοιτητριών φάνηκε να ενισχύει την εννοιολόγηση της μικροκατάστασης, ωστόσο για την επιβεβαίωση του αποτελέσματος απαιτείται περεταίρω έρευνα.
Τέλος για τη βαθύτερη κατανόηση της έννοιας της εντροπίας προτείνεται η εκτίμηση και αιτιολόγηση από τις φοιτήτριες της μεταβολής της εντροπίας σε διαφορετικά πλαίσια και η επέκταση σε εφαρμογές όπου παρατηρείται μείωση της εντροπίας μερών ενός συστήματος αλλά όχι του συστήματος συνολικά.

5. Βιβλιογραφία

Driver R., Squires A., Rushworth P. & Wood-Robinson V. (2000). *Οικο-δομώντας τις έννοιες των φυσικών επιστημών – Μια παγκόσμια σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών* (μετάφραση: Μ. Χατζή, επιμέλεια: Π. Κόκκοτας). Εκδόσεις Τυπωθήτω.

Χαλκιά Κ. (2012). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις* (α τόμος). Αθήνα, Εκδόσεις Πατάκη.

Ben-Naim, A. (2008). *A Farewell to Entropy: Statistical Thermodynamics Based on Information*, World Scientific Publishing, Singapore.

Brissaud J.B. (2005). The meanings of entropy. *Entropy*, 7(1), 68-96.

Creswell J. W. (2012). *Educational Research. Planning, Conducting, and Evaluating Quantitative and Qualitative Research*. 4th edition, Pearson Education.

Komorek M. Duit R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems. *International Journal of Science Education*, 26(5), 619–633.

Lambert F. (2006). A modern view of entropy. *Khymia, The Bulgarian Journal of Chemistry*, 15, 13-21.

Leff H. S. (2007). Entropy, Its Language, and Interpretation. *Foundations of Physics*, 37(12), 1744-1766.

Martin J. S., Smith N. A. & Francis C. D. (2013). Removing the entropy from the definition of entropy: clarifying the relationship between evolution, entropy, and the second law of thermodynamics. *Evolution: Education and Outreach*, 6, 1-9.

Reif F. (1999). Thermal physics in the introductory physics course: Why and how to teach it from a unified atomic perspective. *American Journal of Physics*, 67(12), 1051–1062.

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΤΗΣ ΙΣΟΔΥΝΑΜΙΑΣ

Ευστράτιος Καπότης[1], Παναγιώτης Τσάκωνας[2], Γεώργιος Καλκάνης[3]

[1]Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[3]ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Η εργασία αυτή παρουσιάζει και αξιολογεί μια εκπαιδευτική πρόταση για τη διδασκαλία της Αρχής της Ισοδυναμίας. Για τον σκοπό αυτό έχει δημιουργηθεί ένα ψηφιακό φύλλο εργασίας, το οποίο ενσωματώνει κατάλληλα στα βήματα της επιστημονικής – εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση, εικόνες, βίντεο, πειραματισμούς και προσομοιώσεις. Ειδικότερα, στο βήμα του πειραματισμού έχουν ενταχθεί πρωτότυποι πειραματισμοί και προσομοιώσεις με σκοπό την άρση των δυσκολιών (όπως αυτές αποτυπώνονται από σχετικές έρευνες) που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευόμενοι. Η εφαρμογή της πρότασης πραγματοποιήθηκε σε προπτυχιακούς φοιτητές χωρίς βασικό αντικείμενο σπουδών τη φυσική και τα αποτελέσματα της εκπαιδευτικής αξιολόγησης που ακολούθησε παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων πειραματισμού και ελέγχου, εύρημα που καταδεικνύει τη βελτίωση του επιπέδου κατανόησης της Αρχής της Ισοδυναμίας.

Abstract

This paper presents and evaluates an educational proposal for teaching the Equivalence Principle. For this cause, there has been created a worksheet, which incorporates suitably to the steps of scientific - educational method, pictures, videos, experimentation and simulations. Specifically, in the step of experimentation, there have been integrated original experimentation and simulations, aiming to obviate the difficulties (as they are recorded from relevant studies) of trainees. The proposal was implemented on undergraduate students, whose major subject is not Physics and the results of educational evaluation that followed show a statistically significant difference between the experimental and control groups, a finding that demonstrates improving the level of understanding of the Principle of Equivalence.

1. Εισαγωγή

Αναγκαιότητα

Η Αρχή της Ισοδυναμίας ήταν σημαντικής σημασίας τόσο στην ανάπτυξη της Γενικής Σχετικότητας από τον ίδιο τον Albert Einstein όσο και στη διδασκαλία της. Η παρατήρηση του γεγονότος ότι δεν μπορεί να υπάρξει διάκριση μεταξύ ενός επιταχυνόμενου συστήματος και ενός ομογενούς βαρυτικού πεδίου θεωρήθηκε από τον Einstein ως η ευτυχέστερη σκέψη της ζωής του (Pais 1982). Η Αρχή της Ισοδυναμίας υπάρχει σε όλα τα συγγράμματα που πραγματεύονται τη Γενική Σχετικότητα (Casola, Liberati & Sonego 2015) ως εισαγωγικό κεφάλαιο για να καταδειχθεί ότι η ελεύθερη πτώση και η αδρανειακή κίνηση είναι φυσικά

ισοδύναμες. Ακόμη, είναι ο τρόπος για να εξηγήσουν και να ερμηνεύσουν την καμπύλωση της τροχιάς του φωτός, τον ρυθμό ροής του χρόνου σε περιοχές βαρυτικών πεδίων και την ερυθρά βαρυτική μετατόπιση.

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Ερευνητές που προσπαθούν να προάγουν την κατανόηση της σύνδεσης μεταξύ Ειδικής και Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας (Drake 2006) ή να εισάγουν τη Γενική Σχετικότητα, τόσο στη δευτεροβάθμια όσο και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, προτείνουν πως η αρχή της ισοδυναμίας, οι συνέπειές της και το νοητικό πείραμα του ανελκυστήρα (που δεν απαιτούν δύσκολο μαθηματικό φορμαλισμό) είναι αρκετά ώστε να δώσουν στους μαθητές τη φυσική και πολιτισμική αξία της Σχετικότητας (Levrini 2001). Θεωρούν δε ότι η εξαγωγή συμπερασμάτων από την αρχή της ισοδυναμίας (η εκτροπή του φωτός και η βαρυτική διαστολή του χρόνου) απαιτεί απαραίτητα την εισαγωγή νοητικών πειραμάτων (Zahn & Kraus 2014). Δυστυχώς η θεματική αυτή δεν είναι απαλλαγμένη δυσκολιών κατανόησης. Οι εκπαιδευόμενοι δεν μπορούν να εφαρμόσουν σωστά την αρχή της ισοδυναμίας (Bandyopadhyay & Kumar 2010), ιδιαίτερα σε περιοχές όπου υπάρχει βαρυτικό πεδίο (Gousopoulos et al. 2015), αφού απαντούν με βάση την καθημερινή εμπειρία ή την ιδέα ότι ένα σώμα σε ένα δωμάτιο εκτός από οποιοδήποτε πεδίο βαρύτητας «αιωρείται», ανεξάρτητα από την κίνηση του δωματίου (Velentzas & Halkia 2013).

2. Μεθοδολογία/ Ερευνητικά ερωτήματα

Ερευνητικό Ερώτημα

Η χρήση πρωτότυπου αποδεικτικού πειραματισμού με απλά μέσα και ο ταυτόχρονος πειραματισμός με διαδραστικές προσομοιώσεις, που ενσωματώνουν ελέγχους μεταβλητών, οι οποίες βάσει ερευνών, δυσκολεύουν τους εκπαιδευόμενους σε σχέση με την αρχή της ισοδυναμίας, προάγει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, υψηλότερα των έως τώρα τρόπων διδασκαλίας;

Στόχοι

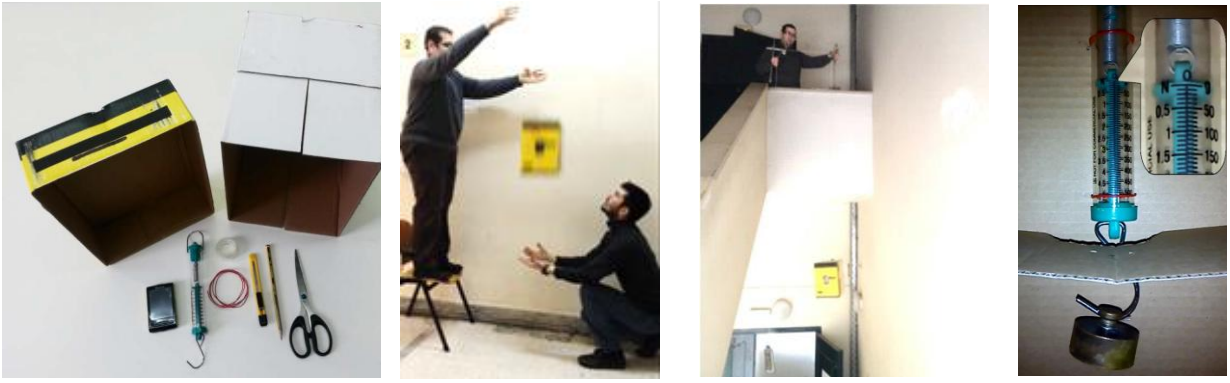
Στόχοι της παρουσιαζόμενης εκπαιδευτικής πρότασης και παρέμβασής μας είναι:

- η δημιουργία πραγματικού πειραματισμού με απλά υλικά, σε μια θεματική της φυσικής η οποία έως τώρα θεραπεύεται μόνο με τη χρήση προσομοιώσεων και νοητικών πειραμάτων,
- η δημιουργία ψηφιακών προσομοιώσεων με στόχο την άρση των δυσκολιών των εκπαιδευομένων και ταυτόχρονα τεχνικά ικανών να εκτελούνται σε όλες της σύγχρονες συσκευές,
- η σύνθεση μιας εκπαιδευτικής ακολουθίας – φύλλου εργασίας με αξιοποίηση ψηφιακών εκπαιδευτικών εργαλείων (βίντεο, εικόνων, ήχων, κειμένων με δυνατότητα ταυτόχρονης επεξεργασίας, υπερσυνδέσεων, ηλεκτρονικών αξιολογικών εργαλείων),
- η διεξαγωγή και η αξιολόγηση μιας εκπαιδευτικής παρέμβασης βασισμένης στους προτεινόμενους πειραματισμούς.

Δημιουργία πρωτότυπων πειραματισμών

Με τη χρήση ενός απλού χάρτινου κουτιού δημιουργήσαμε έναν πρωτότυπο αυτοσχέδιο ανελκυστήρα (Εικόνα 1), ο οποίος εκτελώντας ελεύθερη πτώση ή κινούμενος με σταθερές επιταχύνσεις, με τη βοήθεια ενός απλού συστήματος τροχαλιών, φανερώνει στους φοιτητές αρκετά αποτελέσματα σχετικά με την αρχή της ισοδυναμίας. Η διάταξη αυτή, μέσω της καταγραφής του εσωτερικού της από μια κάμερα, φανερώνει τις διαφορετικές ενδείξεις μιας ζυγαριάς ελατηρίου, την αλλαγή της ροής φλέβας ύδατος από παράπλευρη επιφάνεια ενός δοχείου και ταυτόχρονα διαθέτει χώρο για τοποθέτηση διαφόρων κατασκευών που μπορεί να προτείνουν οι φοιτητές στο στάδιο του εκπαιδευτικού πειραματισμού.

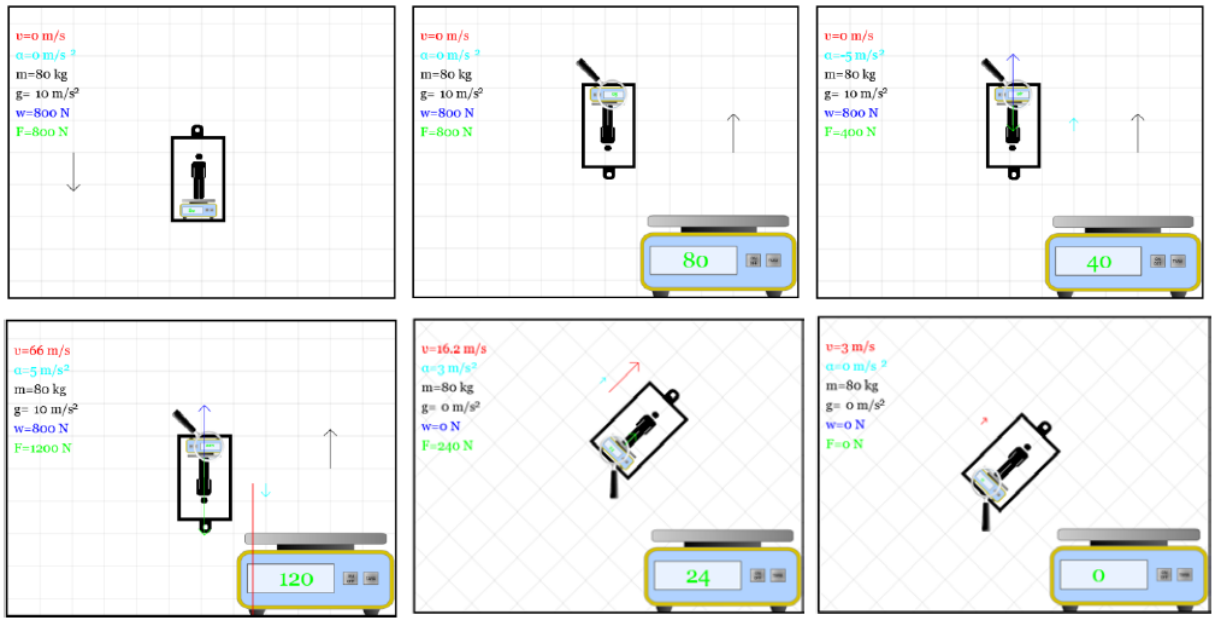
Εικόνα 1: Αυτοσχέδιος ανελκυστήρας για πειραματισμούς σχετικούς με την αρχή της ισοδυναμίας. Τα υλικά για την κατασκευή της πειραματικής συσκευής (α), ο ανελκυστήρας σε ελεύθερη πτώση (β), επιταχυνόμενος προς τα πάνω, με σταθερή επιτάχυνση (γ) και η ένδειξη της ζυγαριάς τη στιγμή της ελεύθερης πτώσεως καταγράφει 0N και 0g, ενώ σε αυτή έχει αναρτηθεί σώμα μάζας 100g (δ).



(α) (β) (γ) (δ)

Οι περιορισμοί αυτής της διάταξης είναι η μη δυνατότητα λήψης μετρήσεων για διαφορετικούς προσανατολισμούς κίνησης και η αδυναμία πειραματισμών σε χώρους μακριά από βαρυτικά πεδία. Το εμπόδιο αυτό το άρουμε με τη χρήση προσομοίωσης (Εικόνα 2), που δημιουργήθηκε από εμάς ειδικά για τον σκοπό αυτό και που παρέχει δυνατότητες πειραματισμού σε τέτοιου είδους συνθήκες με δυνατότητες ελέγχου μεταβλητών (κίνηση ανελκυστήρα με σταθερή ταχύτητα, πλήρης έλεγχος της θέσης και του προσανατολισμού του). Επιπρόσθετα, ενσωματώνει δυνατότητες ελέγχου μεταβλητών (προσανατολισμός κίνησης, μεταβολή της ταχύτητας) με σκοπό την υπερκέραση ορισμένων μαθησιακών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές και αναδείχθηκαν από προηγούμενες έρευνες (Gousopoulos et al. 2015, Καπότης & Καλκάνης 2015).

Εικόνα 2: Ενδεικτικά στιγμιότυπα της προσομοίωσης με τον ανελκυστήρα να εκτελεί διαφορετικά είδη κινήσεων (κινήσεις με διαφορετική επιτάχυνση και κατεύθυνση) και ταυτόχρονα να μετριούνται τιμές δυνάμεων, βάρους, μάζας, επιταχύνσεων και διανυσμάτων φυσικών μεγεθών.



Ο συνδυασμός πραγματικών και εικονικών πειραματισμών με τη βοήθεια υπολογιστών είναι χαρακτηριστικός της βέλτιστης ένταξης και χρήσης προσομοιώσεων στην εκπαιδευτική διαδικασία, που επιτυγχάνεται με την επιπρόσθετη και συμπληρωματική χρήση τους και όχι ως μοναδικού πυλώνα (Guy & Lownes-Jackson 2015).

Το ψηφιακό περιβάλλον

Το φύλλο εργασίας που δημιουργήθηκε είχε τη μορφή μιας τυπικής στην εμφάνιση αλληλεπιδραστικής ιστοσελίδας με ενσωματωμένους τους πειραματισμούς και το λογισμικό στο στάδιο του πειραματισμού (Εικόνα 3), εικόνες και video για έναυσμα του ενδιαφέροντος, διαδραστικά έγγραφα με δυνατότητες κοινής χρήσης για καταγραφή των υποθέσεων, των μετρήσεων, των συμπερασμάτων και των γενικεύσεων. Τα εκπαιδευτικά στάδια του φύλλου εργασίας ήταν αυτά της εκπαιδευτικής / επιστημονικής μεθοδολογίας με διερεύνηση (Καλκάνης κ.α., 2013).

Εικόνα 3: Ενδεικτικό τμήμα του βήματος της Γενίκευσης – Εμπέδωσης από το ψηφιακό φύλλο εργασίας που περιλαμβάνει τις πτήσεις με συνθήκες έλλειψης βαρύτητας και τα σχέδια για μελλοντικούς διαστημικούς σταθμούς που θα «δημιουργούν» συνθήκες βαρύτητας. Οι φοιτητές μπορούν να μεταβούν στα υπόλοιπα βήματα με την επιλογή των αντίστοιχων εικονιδίων στο αριστερό μέρος της σελίδας τους.

Δείγμα

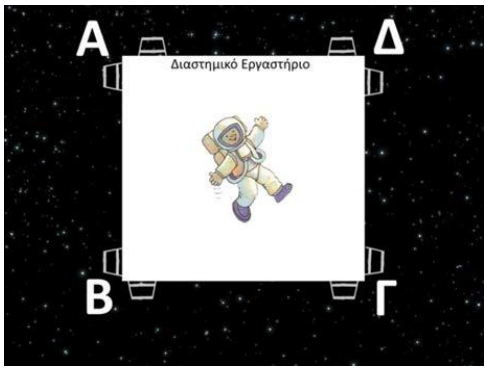
Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 60 προπτυχιακοί φοιτητές (12 φοιτητές και 48 φοιτήτριες) του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών, που εκ των πραγμάτων είναι φοιτητές χωρίς κύριο γνωστικό αντικείμενο τη Φυσική. Η επιλογή του δείγματος ήταν αποτέλεσμα τυχαίας δειγματοληψίας (στον συγκεκριμένο πληθυσμό).

Το αξιολογικό εργαλείο

Ως εργαλείο αποτύπωσης των γνώσεων αλλά και του επιπέδου κατανόησης επιλέξαμε και συνθέσαμε ερωτηματολόγιο αποτελούμενο από πέντε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (για κάθε ερώτηση υπήρχαν τρεις επιλογές και οι φοιτητές έπρεπε να επιλέξουν μία), όπου οι επιλογές των απαντήσεων δημιουργήθηκαν ώστε να περιλαμβάνουν τις παρανοήσεις και τα εμπόδια που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευόμενοι. Για την ορθή απάντηση στις ερωτήσεις ήταν απαραίτητη η κατανόηση και η εφαρμογή των αρχών και των συνεπειών της αρχής της ισοδυναμίας σε συνθέτες καταστάσεις.

Εικόνα 4: Ερώτηση πολλαπλής επιλογής από το αξιολογικό ερωτηματολόγιο της παρέμβασής μας.

Ένα Διαστημικό «τετράγωνο εργαστήριο» χωρίς παράθυρα, εφοδιασμένο με σύστημα κίνησης προς όλες τις κατευθύνσεις και έχοντας στο εσωτερικό του έναν αστροναύτη, ταξιδεύει προς έναν μακρινό Πλανήτη. Λόγω κάποιων προβλημάτων η προσεδάφισή του, που ήταν προγραμματισμένη να γίνει, θα καθυστερήσει και για το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου αυτής της καθυστέρησης το εργαστήριο θα ταξιδεύει σε χώρο που απέχει πολύ μακριά από κάποιο βαρυτικό σώμα.



Επιλέξτε τις ενέργειες που έκανε το κέντρο έλεγχου στη Γη για να κρατήσει ήσυχο τον επιβάτη του εργαστηρίου. Ο επιβάτης νόμιζε πως είχε προσεδαφιστεί το εργαστήριο στην επιφάνεια του Πλανήτη με την πλευρά ΓΔ:

Λάβετε υπόψη σας πως ο αστροναύτης γνωρίζει ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας στην επιφάνεια του Πλανήτη που θα προσεδαφιστεί είναι $g=14\ m/s^2$ και πως για χάρη του προβλήματος, δεν υπάρχουν προβλήματα με την επάρκεια των καυσίμων.

α) Το κέντρο έλεγχου στη Γη ενεργοποίησε τους προωθητήρες στην πλευρά ΑΔ ώστε το εργαστήριο να κινείται με σταθερή επιτάχυνση 14 m/s^2.

β) Το κέντρο έλεγχου στη Γη ενεργοποίησε τους προωθητήρες στην πλευρά ΓΔ ώστε το εργαστήριο να κινείται με σταθερή επιτάχυνση 14 m/s^2.

γ) Το κέντρο έλεγχου στη Γη ενεργοποίησε τους προωθητήρες στην πλευρά ΓΔ ώστε το εργαστήριο να κινείται με σταθερή ταχύτητα 14 m/s.

Πορεία της Έρευνας

Αρχικά, για τον έλεγχο της επιστημονικής εγκυρότητας του εκπαιδευτικού και του αξιολογικού υλικού και όλης της εκπαιδευτικής προσέγγισης, κλήθηκε μια ομάδα ειδικών (δυο φυσικοί με μεταπτυχιακό τίτλο στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών και ένας διδάκτωρ σε αντικείμενα σχετικά με τη γενική θεωρία της σχετικότητας) και κατόπιν διενεργήσαμε διαμορφωτική – πιλοτική έρευνα σε 10 φοιτητές/τριες του Παιδαγωγικού Τμήματος του Πανεπιστήμιου Αθηνών. Το εκπαιδευτικό υλικό και το ερωτηματολόγιο έλαβαν την οριστική μορφή τους μετά από αυτό το βήμα.

Οι 60 φοιτητές, για τις απαιτήσεις της έρευνας, χωρίστηκαν σε δύο ισάριθμες ομάδες των τριάντα φοιτητών/τριών. Η μία ομάδα αποτέλεσε την Ομάδα Ελέγχου, στην οποία εφαρμόσαμε παραδοσιακή διδασκαλία, ενώ η άλλη ομάδα αποτέλεσε την Ομάδα Πειραματισμού, εφαρμόζοντας σε αυτή την εκπαιδευτική μας πρόταση. Τα άτομα της ομάδας πειραματισμού χωρίστηκαν σε ομάδες των τριών μελών η κάθε μια, σχηματίζοντας συνολικά 10 ομάδες. Στην ομάδα πειραματισμού και την ομάδα ελέγχου διανεμήθηκαν και συμπληρώθηκαν αξιολογικά ερωτηματολόγια πριν (pre – tests) και μετά (post – tests) την παρέμβαση. Για τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων μας και την εξαγωγή συμπερασμάτων επιλέχθηκε ο έλεγχος χ^2, αφού οι μεταβλητές της έρευνας μας μετριούνται σε τακτική κλίμακα και περιλαμβάνουν δύο ονομαστικές ανεξάρτητες ομάδες.

3. Αποτελέσματα

Από τους στατιστικούς ελέγχους διαπιστώσαμε ότι οι δυο ομάδες ήταν ισοδύναμες ως προς το επίπεδο των σχετικών με την αρχή της ισοδυναμίας γνώσεων και των συνεπειών της, αφού δεν εντοπίστηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά στα pre – tests, για καμία από τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που συμπλήρωσαν οι δυο ομάδες της έρευνάς μας. Μετά τη διδακτική μας παρέμβαση, παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα αποτελέσματα των post – tests για τις περισσότερες ερωτήσεις, με την ομάδα πειραματισμού να βελτιώνει το επίπεδο κατανόησής της όσον αφορά την αρχή της ισοδυναμίας.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα των στατιστικών ελέγχων των απαντήσεων των φοιτητών για τις ομάδες ελέγχου και πειραματισμού, πριν και κατόπιν της εκπαιδευτικής παρέμβασής μας.

Αριθμός ερώτησης ερωτηματολογίου	**Pre – test έλεγχος χ^2**	**Post – test έλεγχος χ^2**
Ερώτηση 1	**χ (1) 0.162, p =0.688**	**χ (1) 4.320, p =0.038**
Ερώτηση 2	**χ (1) 1.071, p =0.301**	**χ (1) 13.017, p =0.000**
Ερώτηση 3	**χ (1) 0.071, p =0.791**	**χ (1) 0.480, p =0.488**
Ερώτηση 4	**χ (1) 0.884, p =0.347**	**χ (1) 0.635, p =0.426**
Ερώτηση 5	**χ (1) 0.373, p =0.542**	**χ (1) 15.152, p =0.000**

Αν και σε απόλυτους αριθμούς (Πίνακας 1) η ομάδα πειραματισμού υπερτερεί της ομάδας ελέγχου, για δύο από τις ερωτήσεις δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά. Οι ερωτήσεις αυτές (ερώτηση 3 και 4 του ερωτηματολογίου) δημιουργήθηκαν με αφόρμηση και ερευνητικό έλεγχο του μη ασφαλούς, κατά τους ερευνητές που το αναφέρουν (το μέγεθος του δείγματός τους και η εν γένει προσέγγισή τους δεν επιτρέπει γενικεύσεις, αλλά περισσότερο πρώτα αποτελέσματα και προσεγγίσεις), ευρήματος της βιβλιογραφίας, που αναφέρει πως «οι φοιτητές περιορίζουν την περιοχή του βαρυτικού πεδίου στο εσωτερικό του εργαστηρίου» (Bandyopadhyay & Kumar, 2010). Σε αυτό το στάδιο, αλλά και σε προηγούμενη δική μας έρευνα για τις δυσκολίες των φοιτητών, δεν μπορέσαμε να επιβεβαιώσουμε την αναφορά αυτή (Gousopoulos et al. 2015, Καπότης & Καλκάνης 2015).

4. Συμπεράσματα

Συνεκτιμώντας την πορεία της υλοποίησης και εκπαιδευτικής χρήσης ενός πρωτότυπου πραγματικού πειραματισμού με απλά υλικά και μέσα από τους φοιτητές, τη δημιουργία προσομοίωσης που πέραν της επιστημονικής ακρίβειας είναι δομημένη ώστε να συνεισφέρει στην άρση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές, τη σύνθεση ενός ολοκληρωμένου τρόπου εκπαιδευτικής προσέγγισης της αρχής της ισοδυναμίας, τη συγκριτική αξιολόγηση της πρότασής μας σε σχέση με τις έως τώρα προτεινόμενες και ακολουθούμενες από τους εκπαιδευτικούς, κρίνουμε ότι η μικρή αυτή έρευνα κατορθώνει να απαντά το ερευνητικό ερώτημα που έθεσε και να επιτυγχάνει τους στόχους της.

Τονίζουμε όμως ότι στην επιστήμη, όπως και στην εκπαίδευση, η ασφαλής γενίκευση των ευρημάτων πρέπει να βασίζεται στην επιστημονική μεθοδολογία που απαιτεί την επαναληψιμότητα και την εφαρμογή από διαφορετικούς ερευνητές. Κρίνουμε λοιπόν ότι είναι απαραίτητο οι προτάσεις και η εφαρμογή τους να δοκιμαστούν σε ευρεία κλίμακα, να

αξιολογηθούν με βάση την επιστημονική μεθοδολογία και τέλος να δημοσιευθούν τα ευρήματα. Μια τέτοια πορεία, θεωρούμε ότι είναι απαραίτητη ώστε να πραγματωθεί με επιτυχία η προσαρμογή του επιστημονικού προτύπου της γενικής θεωρίας της σχετικότητας σε εκπαιδευτικό πρότυπο, με ενσωμάτωση πρωτότυπων πειραμάτων (πραγματικών και εικονικών) και ψηφιακών τεχνολογιών, καλύπτοντας ένα κενό που υπάρχει όχι μόνο στη χώρα μας αλλά και διεθνώς.

Τέλος, κρίνουμε απαραίτητο να αναφέρουμε μερικές, εύκολα πραγματοποιήσιμες εκπαιδευτικά, προτάσεις, ώστε οι εκπαιδευόμενοι να οδηγηθούν στην ευκολότερη κατανόηση της αρχής της ισοδυναμίας και γενικότερα της σχετικιστικής θεωρίας. Αρκετές θεματικές και κεφάλαια που υπάρχουν ήδη στο αναλυτικό πρόγραμμα μπορούν να εξυπηρετήσουν έναν διπλό σκοπό. Να λειτουργούν ως διαδικασία και γνώση που θα βοηθά στη μετέπειτα εισαγωγή της Σχετικότητας (όταν ενσωματωθεί στο αναλυτικό τους πρόγραμμα) και να καθιστούν τη διδακτέα ύλη της Φυσικής λιγότερο αποσπασματική, τονίζοντας και αναδεικνύοντας τον ενοποιητικό χαρακτήρα της. Ως παράδειγμα του προλεχθέντος, στην κλασική μηχανική και τους νόμους του Newton μπορεί να επισημανθεί η ενδιαφέρουσα και «μυστηριώδης» ισότητα βαρυτικής και αδρανειακής μάζας και ταυτόχρονα τα φυσικά φαινόμενα, που αν δεν υφίστατο αυτή δεν θα είχαν τη γνωστή σε μας μορφή. Η μελέτη, ακόμη, της θεματικής για το φαινόμενο βάρος στην επιφάνεια της Γης, εξαιτίας της περιστροφής της, μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της φαινόμενης έλλειψης βαρύτητας σε διαστημικά σκάφη ή διαστημικούς σταθμούς.

5. Βιβλιογραφία

Καλκάνης, Γ., Γκικοπούλου, Ο. Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπατσίμπα, Λ., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ., Πολίτης Σ. (2013). Η Φυσική με Πειράματα Α' Γυμνασίου Βιβλίο Μαθητή. Υπουργείο Παιδείας, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, ISBN 978-960-06-4416-6, Αθήνα 2013

Καπότης, Ε., Καλκάνης, Γ. (2015). Οι δυσκολίες και ο βαθμός κατανόησης των βασικών αρχών της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας και των συνεπειών τους από φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος. *Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου ΕΝΕΦΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές* (σελ. 604-610), Επιμέλεια Έκδοσης : Ψύλλος Δημ., Μολοχίδης Αν. & Καλλέρη Μ., http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr/

Bandyopadhyay, A. & Kumar, A. (2010). Probing students' understanding of some conceptual themes in general relativity. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research, 6(2), 020104.*

Di Casola, E., Liberati, S. & Sonego, S. (2015). Nonequivalence of equivalence principles. *American Journal of Physics, 83(1), 39-46.*

Drake, S. P. (2006). The equivalence principle as a stepping stone from special to general relativity: A Socratic dialog. *American journal of physics, 74(1), 22-25.*

Gousopoulos, D., Kapotis, E. & Kalkanis G. (2015). Students' difficulties in understanding the basic principles of Relativity after standard instruction. In J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselkä, A. Uitto & K. Hahl (Eds.), *Electronic Proceedings of the ESERA 2015 Conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 1* (pp. [169-175]). Helsinki, Finland: University of Helsinki.

Guy, R. & Lownes-Jackson, M. (2015). The use of computer simulation to compare student performance in traditional versus distance learning environments. *Issues in Informing Science & Information Technology, 12, 95-110*

Levrini, O. (2001). Reconstructing the basic concepts of general relativity from an educational and cultural point of view. *In Science Education and Culture* (pp. 311-326). Springer Netherlands.

Pais, A. (1982). *Subtle is the Lord: The science and the life of Albert Einstein*. Oxford University Press.

Velentzas, A. & Halkia, K. (2013). The use of thought experiments in teaching physics to upper secondary-level students: Two examples from the theory of relativity. I*nternational Journal of Science Education, 35(18), 3026-3049.*

Zahn, C. & Kraus, U. (2014). Sector models - A toolkit for teaching general relativity: I. Curved spaces and spacetimes. *European Journal of Physics, 35(5), 055020.*

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ-ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Γιώργος Πέικος, Άννα Σπύρτου, Λεωνίδας Μάνου

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Στην εργασία αυτή αρχικά περιγράφεται η εφαρμογή μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) για το περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ) στο δημοτικό σχολείο. Συμμετέχοντες της έρευνας αποτελούν 22 μαθητές της Στ' τάξης. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η εξέλιξη των ιδεών και των γνώσεων των μαθητών για το νόημα που αποδίδουν στον όρο Νανοτεχνολογία, για τα όργανα παρατήρησης των αντικειμένων στην κλίμακα του νάνο καθώς και για το φαινόμενο του λωτού. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι ενώ οι αρχικές ιδέες και γνώσεις των μαθητών για το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ ήταν πρώιμες και περιορισμένες, μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, οι περισσότεροι από αυτούς βελτίωσαν τον νανογραμματισμό τους.

Abstract

In this paper, firstly, we describe the implementation of a Teaching Learning Sequence concerning the Nanoscience-Nanotechnology content in elementary education. The sample was consisted of 22 6th grade students. In addition, we present the development of students' ideas as well as knowledge about the meaning of the term "Nanotechnology", the tools used for studying nanoscale objects, and the lotus effect. Although the students' initial ideas and knowledge were rather naïve and limited, the post results revealed that they enhanced their own nanoliteracy.

1. Εισαγωγή

Στην εργασία αυτή επικεντρωνόμαστε στην εισαγωγή εννοιών και φαινομένων της Ν-ΕΤ σε μαθητές της Α/θμιας εκπαίδευσης. Στη βιβλιογραφία διαπιστώνεται ότι έννοιες όπως το «μέγεθος και κλίμακα», οι «εφαρμογές της Ν-ΕΤ», οι «εξαρτώμενες από το μέγεθος ιδιότητες» και τα «όργανα» αποτελούν κοινό τόπο μεταξύ των τριών βαθμίδων της εκπαίδευσης (Blonder & Sakhnini 2016, Μάνου κ.ά. 2015). Επιπλέον υποστηρίζεται ότι η διδασκαλία για τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων μπορεί να συμβάλλει στην κατανόηση του περιεχομένου της Ν-ΕΤ, γιατί αφορά αντικείμενα, έννοιες και φαινόμενα που είναι μακριά από την αισθητηριακή μας αντίληψη (Magana et al. 2012, Schwarz et al. 2009, Stevens et al. 2009).

Με βάση τα παραπάνω σχεδιάστηκε μια ΔΜΑ (Psillos & Kariotoglou 2016), η οποία περιλάμβανε τις πέντε προαναφερθείσες όψεις του περιεχομένου της Ν-ΕΤ. Σε προηγούμενη εργασία περιεγράφηκε η πιλοτική εφαρμογή και αξιολόγηση της ΔΜΑ (Πέικος κ.ά. 2015). Στην παρούσα εργασία περιγράφουμε την εφαρμογή και αξιολόγηση της κανονικής εφαρμογής της ΔΜΑ.

Στόχος είναι να αξιολογήσουμε την αρχική και τελική γνωστική κατάσταση των μαθητών για όψεις εννοιών και φαινομένων της Ν-ΕΤ.

2. Μεθοδολογία

Οι ενότητες της ΔΜΑ

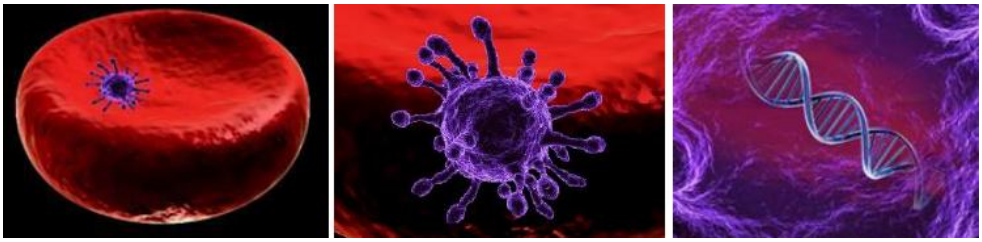
Υπό το πρίσμα της σχετικής βιβλιογραφίας, βασικός μαθησιακός στόχος ήταν οι μαθητές να κατανοήσουν ότι η νανοκλίμακα «επηρεάζει» τη μακροκλίμακα (Delgado et al. 2015). Για το σκοπό αυτό στα έξι δίωρα διδασκαλίας γίνεται αρχικά βαθμιαία εισαγωγή τριών κόσμων: του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και τέλος του νανόκοσμου. Έπειτα εισάγονται δύο φαινόμενα, το φαινόμενο του λωτού και της ίωσης, και μια εφαρμογή της Ν-ΕΤ, συγκεκριμένα τα φίλτρα Νανοτεχνολογίας για τον καθαρισμό του νερού, ώστε οι μαθητές να συνδέσουν την επίδραση της Νανοτεχνολογίας στην καθημερινή τους ζωή. Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά οι στόχοι και οι δραστηριότητες των δίωρων διδασκαλίας.
Το πρώτο δίωρο περιλάμβανε δραστηριότητες για την διερεύνηση αντικειμένων του μακρόκοσμου. Σε μια δραστηριότητα εκτός τάξης, κλήθηκαν να συλλέξουν τα μικρότερα αντικείμενα που μπορούν να παρατηρήσουν, χρησιμοποιώντας λαβίδες και τα σύγκριναν μεταξύ τους ώστε να αποφασίσουν ποιο τελικά είναι μικρότερο. Για τα αντικείμενα αυτά οι μαθητές κατασκεύασαν μοντέλα με ζωγραφιές ή πλαστελίνες τα οποία παρουσίασαν στην ολομέλεια της τάξης. Ο εκπαιδευτικός εισήγαγε ρητά όψεις της φύσης και του ρόλου των μοντέλων, όπως ότι το μοντέλο αποτελεί αφαιρετική αναπαράσταση ενός αντικειμένου και είναι χρήσιμο ως εργαλείο επικοινωνίας. Επισημαίνεται ότι για φύση και τον ρόλο των μοντέλων η διδασκαλία ήταν υποστηρικτική (scaffolding) και σε κάθε δίωρο συνδέονταν οι προϋπάρχουσες με τις νέες γνώσεις για τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων. Οι μαθητές τοποθέτησαν τα μοντέλα που κατασκεύασαν στην πρώτη περιοχή μιας αφίσας ταξινόμησης (εικόνα 1), και αναπτύχθηκε συζήτηση για τον μακρόκοσμο και για το όργανο παρατήρησής του, το γυμνό μάτι.

Εικόνα 1. Αφίσα ταξινόμησης

Το δεύτερο δίωρο περιλάμβανε δραστηριότητες σχετικές με την διερεύνηση αντικειμένων του μικρόκοσμου. Στόχος ήταν οι μαθητές να σειροθετούν οντότητες του μικρόκοσμου με ποιοτικά κριτήρια, όπως κατά πόσο ένα αντικείμενο του μικρόκοσμου, μπορεί να χωρέσει μέσα σε ένα άλλο αντικείμενο του ίδιου κόσμου. Οι μαθητές συνέλεξαν πληροφορίες για τα κύτταρα του κρεμμυδιού, τους πυρήνες τους και τα ερυθρά αιμοσφαίρια από έντυπες και ηλεκτρονικές πηγές. Έπειτα παρατήρησαν τα αντικείμενα αυτά με οπτικά μικροσκόπια και κατασκεύασαν μοντέλα για να τα περιγράψουν. Παρουσίασαν τα μοντέλα στην ολομέλεια της τάξης, τα τοποθέτησαν στη δεύτερη περιοχή της αφίσας ταξινόμησης, και αναπτύχθηκε συζήτηση για τον μικρόκοσμο και το όργανο παρατήρησής του, το οπτικό μικροσκόπιο. Ο

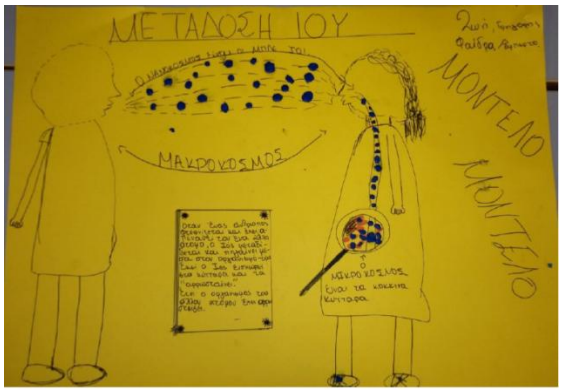
εκπαιδευτικός εισήγαγε ρητά μια όψη της φύσης του μοντέλου, δηλαδή ότι το μοντέλο πρέπει να βασίζεται σε τεκμήρια. Παράλληλα διεξήχθη αναστοχαστική συζήτηση για τα τεκμήρια στα οποία βασίστηκαν οι μαθητές για να κατασκευάσουν τα μοντέλα τους.
Το τρίτο δίωρο περιλάμβανε δραστηριότητες για την διερεύνηση αντικειμένων του νανόκοσμου. Στους μαθητές παρουσιάστηκε ένα σενάριο με βάση το οποίο καλούνταν ως γιατροί, να συλλέξουν πληροφορίες για τον ιό και το DNA με στόχο να τις παρουσιάσουν σε μια μαθήτρια που έχει προσβληθεί από ιό. Συγκεκριμένα συνέλεξαν πληροφορίες από βίντεο και λογισμικό το οποίο σχεδιάστηκε από τους ερευνητές, και αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος[1] περιλαμβάνει πληροφορίες για τον ιό, ενώ το δεύτερο[2] αποτελεί μια προσομοίωση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και προσφέρει τη δυνατότητα μεγέθυνσης οντοτήτων του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου (εικόνα 2). Έπειτα κατασκεύασαν μοντέλα ιού και DNA και ο εκπαιδευτικός εισήγαγε ότι τα μοντέλα είναι χρήσιμα για την περιγραφή αντικειμένων που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι ή οπτικό μικροσκόπιο.

Εικόνα 2. Στιγμιότυπο από το λογισμικό[3]



Στο τέταρτο δίωρο οι μαθητές κλήθηκαν να αναγνωρίσουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των αντικειμένων του νανόκοσμου (ιός), του μικρόκοσμου (κύτταρα) και του μακρόκοσμου (άνθρωπος) στην περίπτωση της ίωσης. Πηγές συλλογής πληροφοριών αποτέλεσαν δύο βίντεο και δύο εικόνες. Έπειτα οι μαθητές κατασκεύασαν μοντέλα για να περιγράψουν την αλληλεπίδραση των τριών κόσμων στην περίπτωση της ίωσης (εικόνα 3) και τα παρουσίασαν στην ολομέλεια της τάξης. Τέλος ο εκπαιδευτικός εισήγαγε όψεις της φύσης και του ρόλου των μοντέλων, δηλαδή ότι διαφορετικά μοντέλα προσφέρουν διαφορετικές πληροφορίες για το ίδιο φαινόμενο καθώς και ότι είναι χρήσιμα για την κατανόηση και περιγραφή φαινομένων.

Εικόνα 3: Μοντέλο μαθητών για την ίωση



[1] https://scratch.mit.edu/projects/64453424/
[2] https://scratch.mit.edu/projects/64452484/
[3] Εικονογράφος: Πάρης Ιωάννου

Το πέμπτο δίωρο περιλάμβανε δραστηριότητες για τη διερεύνηση του φαινομένου του λωτού. Στόχος ήταν οι μαθητές να είναι ικανοί να περιγράφουν το φαινόμενο του λωτού χρησιμοποιώντας όρους του νανογραμματισμού σχετικούς με τη νανοδομή της επιφάνειάς του και της λειτουργίας του όπως: νανοεξογκώματα και υδροφοβικότητα. Οι μαθητές πειραματίστηκαν με υδρόφοβα φυσικά υλικά (π.χ. λάχανο) και τεχνητά (π.χ. υφάσματα) καθώς και με υδρόφιλα όπως φύλλο μαρουλιού και ξύλο. Συγκεκριμένα κλήθηκαν να ρίξουν πάνω στα υλικά αυτά σταγόνες νερού και να παρατηρήσουν το σχήμα και τη συμπεριφορά τους. Έπειτα συνέλεξαν πληροφορίες για το πώς λειτουργεί το φαινόμενο του λωτού από βίντεο και αφίσα και κατασκεύασαν τρισδιάστατα μοντέλα με απλά υλικά, όπως φελιζόλ, καρφιά, χαρτοπετσέτες και μπαλόνια, για να το περιγράψουν (εικόνα 4).

Εικόνα 4. Μοντέλο για το φαινόμενο του λωτού

Εικόνα 5. Δραστηριότητα: φιλτράρισμα λασπόνερου

Το έκτο δίωρο περιλάμβανε τη διερεύνηση μιας εφαρμογής της Ν-ΕΤ, συγκεκριμένα τον καθαρισμό του νερού με νανοφίλτρα. Στόχος ήταν οι μαθητές να περιγράφουν τον μηχανισμό φιλτραρίσματος χρησιμοποιώντας όρους του νανογραμματισμού σχετικούς με τη νανοδομή του φίλτρου. Συμμετείχαν σε πειραματικές δραστηριότητες φιλτραρίσματος λασπόνερου με διάφορα φίλτρα όπως τούλι, σουρωτήρι και φίλτρο καφέ με σκοπό να διαπιστώσουν ότι όσο μικραίνουν οι οπές του φίλτρου τόσο πιο καθαρό γίνεται το νερό (εικόνα 5). Έπειτα συνέλεξαν πληροφορίες από βίντεο για το πώς λειτουργεί το νανοφίλτρο και κατασκεύασαν μοντέλα για να το περιγράψουν στην ολομέλεια της τάξης.

Συμμετέχοντες της έρευνας, ερευνητικά ερωτήματα και εργαλείο συλλογής δεδομένων

Οι συμμετέχοντες της έρευνας ήταν 22 μαθητές (12 κορίτσια) της Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου. Οι μαθητές δεν είχαν εμπειρία σε θέματα της Ν-ΕΤ καθώς και σε θέματα σχετικά με τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων. Για την αξιολόγηση της ΔΜΑ μελετήσαμε την αρχική με την τελική γνωστική κατάσταση των μαθητών. Ειδικότερα τα ερευνητικά ερωτήματα (ΕΕ) είναι τα εξής:

ΕΕ1. Ποια είναι η αρχική και ποια η τελική η νοηματοδότηση της Νανοτεχνολογίας από τους μαθητές;

ΕΕ2. Ποιες είναι οι αρχικές και ποιες οι τελικές ιδέες των μαθητών για το μικρότερο αντικείμενο που υπάρχει;

ΕΕ3. Ποιες είναι οι αρχικές και ποιες οι τελικές γνώσεις των μαθητών για τα όργανα παρατήρησης του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου;

ΕΕ4. Ποια είναι η αρχική και ποια η τελική περιγραφή του φαινομένου της υδροφοβικότητας από τους μαθητές;

Ως ερευνητικό εργαλείο χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο αρχικής και τελικής μέτρησης.
Στον πίνακα 1 παρουσιάζουμε μέρος των έργων του ερωτηματολογίου, τα οποία σχετίζονται με τα ερωτήματα της εργασίας αυτής.

Πίνακας 1. Τα έργα του ερωτηματολογίου που παρουσιάζονται στην εργασία αυτή

(1) Ένας μαθητής διάβασε στο διαδίκτυο την λέξη **νανοτεχνολογία** και αναρωτήθηκε τι άραγε να σημαίνει. Προσπάθησε να του εξηγήσεις, τι νομίζεις εσύ ότι είναι η **νανοτεχνολογία.**
(2) Ποιο νομίζεις ότι είναι **το μικρότερο** αντικείμενο που υπάρχει;
(3) Πώς μπορείς να δεις το αντικείμενο που έγραψες;
(4) Δυο αδέρφια, αφού έπλυναν ένα κομμάτι λάχανο παρατήρησαν το εξής: **«οι σταγόνες μόλις έπεφταν πάνω στο λάχανο γίνονταν στρόγγυλες σαν μπίλιες».** Για ποιο λόγο νομίζεις ότι μπορεί να συμβαίνει αυτό;

Ανάλυση δεδομένων

Το βασικό σκεπτικό της ανάλυσης των δεδομένων ήταν να εξετάσουμε το κατά πόσο οι απαντήσεις των μαθητών συνδέονται σωστά με μια τουλάχιστον από τις πέντε όψεις του περιεχομένου που περιλάμβανε η ΔΜΑ. Για τις απαντήσεις των συμμετεχόντων αναγνωρίστηκαν για κάθε ερευνητική ερώτηση, επίπεδα κατανόησης με δείκτες Ε3, Ε2, Ε1, Ε0 όπου το Ε3 αντιστοιχεί στο υψηλότερο επίπεδο κατανόησης και το Ε0 στο χαμηλότερο. Ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των επιπέδων για κάθε ΕΕ.

Επίπεδα ανάλυσης για το πρώτο ΕΕ:

Ε3: Επιστημονική άποψη. Αναφορά σε μια τουλάχιστον από τις όψεις του περιεχομένου της Ν-ΕΤ με σαφήνεια.

Ε2: Μερικώς επιστημονική άποψη. Αναφορά σε μια τουλάχιστον από τις όψεις του περιεχομένου της Ν-ΕΤ με γενικότητες.

Ε1: Ανθρωποκεντρική θεώρηση της Ν-ΕΤ ή απαντήσεις που δεν συνδέονται με καμία από τις όψεις του περιεχομένου της Ν-ΕΤ.

Ε0: Καμία απάντηση/δηλώσεις άγνοιας.

Επίπεδα ανάλυσης για το δεύτερο ΕΕ:

Ε3: Αντικείμενα του νανόκοσμου ή υποατομικά σωματίδια.

Ε2: Αντικείμενα του μικρόκοσμου.

Ε1: Αντικείμενα του μακρόκοσμου.

Ε0: Καμία απάντηση/ δηλώσεις άγνοιας/ ασαφείς απαντήσεις.

Η ανάλυση του τρίτου ΕΕ έγινε με βάση δύο κατευθύνσεις. Στην πρώτη κατεύθυνση εξετάσαμε ποια είναι τα όργανα παρατήρησης τα οποία καταγράφουν οι μαθητές.

Επίπεδα ανάλυσης για την πρώτη κατεύθυνση ανάλυσης του τρίτου ΕΕ:

Ε3: Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο/ νανοσκόπιο/ νανομικροσκόπιο/ μοντέλο.

Ε2: Οπτικό μικροσκόπιο.

Ε1: Γυμνό μάτι ή μεγεθυντικός φακός.

Ε0: Καμία απάντηση/ δηλώσεις άγνοιας/ ασαφείς απαντήσεις.

Στην δεύτερη κατεύθυνση εξετάσαμε αν τα όργανα παρατήρησης τα οποία καταγράφουν οι μαθητές είναι τα σωστά όργανα για τα μακροσκοπικά, μικροσκοπικά και νανοσκοπικά αντικείμενα αναφοράς που κατέγραψαν στο ερώτημα δύο του γραπτού ερωτηματολογίου.

Επίπεδα ανάλυσης για την δεύτερη κατεύθυνση ανάλυσης του τρίτου ΕΕ:

Ε3: Ηλεκτρονικό μικροσκόπιο/νανοσκόπιο/νανομικροσκόπιο ως όργανο παρατήρησης ενός αντικειμένου του νανόκοσμου.

Ε2: Οπτικό μικροσκόπιο ως όργανο παρατήρησης ενός αντικειμένου του μικρόκοσμου.

Ε1: Γυμνό μάτι ως όργανο παρατήρησης ενός αντικειμένου του μακρόκοσμου.

Ε0: Λάθος όργανο/ καμία απάντηση.

Επίπεδα ανάλυσης για το τέταρτο ΕΕ:

Ε3: Επιστημονική άποψη. Όροι του νανογραμματισμού για τη νανοδομή ή/και για τη λειτουργία της επιφάνειας του λωτού.

Ε2: Μερικώς επιστημονική άποψη. Απλή περιγραφή του φαινομένου χωρίς τη χρήση όρων του νανογραμματισμού για τη νανοδομή ή τη λειτουργία της επιφάνειας.

Ε1: Μακριά από την επιστημονική άποψη/εναλλακτικές ιδέες. Αναφορά στα φυσικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας ή στα φυσικά χαρακτηριστικά της σταγόνας που είναι ορατά στον μακρόκοσμο.

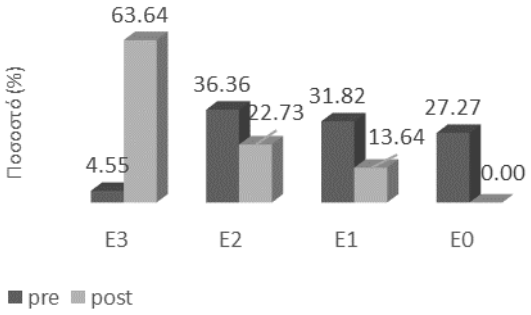
Ε0: Καμία απάντηση/δηλώσεις άγνοιας/ασαφείς απαντήσεις.

3. Αποτελέσματα

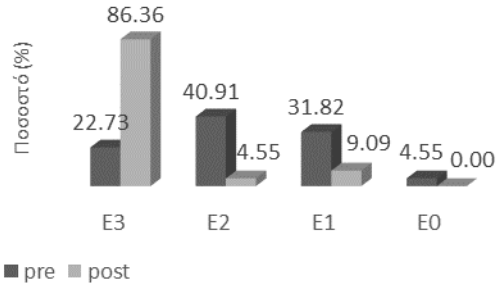
Αποτελέσματα για το 1ο ΕΕ

Από γράφημα 1 φαίνεται ότι η μεγαλύτερη αλλαγή στις απαντήσεις των μαθητών εντοπίζεται στο επίπεδο «Επιστημονική άποψη» (Ε3). Παράδειγμα απάντησης στο Ε3 είναι το εξής: «Η νανοτεχνολογία είναι πολύ τα πολύ μικρά πράγματα που δεν μπορούμε να τα δούμε με γυμνό μάτι, αλλά μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, σε αυτήν την κατηγορία υπάρχει ο ιός και το DNA του ιού». Στο επίπεδο «Μερικώς επιστημονική άποψη» (Ε2), παραθέτουμε ως παράδειγμα: «Σημαίνει η τεχνολογία των μικρών πραγμάτων».

Γράφημα 1. Εξέλιξη της νοηματοδότησης της N-ET



Γράφημα 2. Οι ιδέες των μαθητών για το μικρότερο αντικείμενο



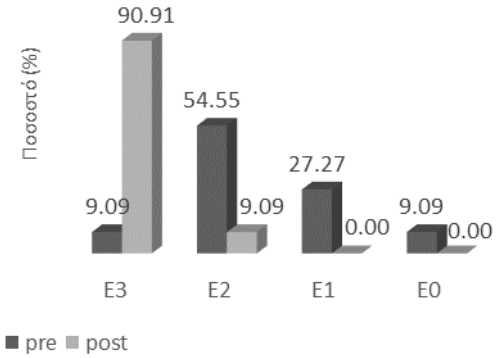
Αποτελέσματα για το 2ο ΕΕ

Στο γράφημα 2 παρατηρούμε ότι πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ, η μειοψηφία των μαθητών καταγράφει ως το μικρότερο αντικείμενο, ένα αντικείμενο του νανόκοσμου ή του ατομικού κόσμου (Ε3), ενώ μετά την εφαρμογή η πλειοψηφία των μαθητών δίνει απαντήσεις στο Ε3, π.χ. αναφέρθηκαν στον «ιό» και το «DNA». Θετική αλλαγή έχουμε και στο επίπεδο Ε2, το οποίο περιλαμβάνει τα αντικείμενα του μικρόκοσμου, όπως τα κύτταρα.

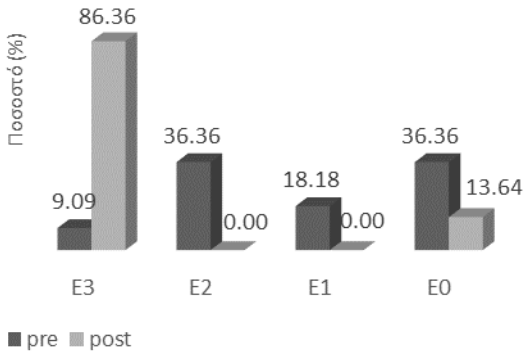
Αποτελέσματα για το 3ο ΕΕ

Όσον αφορά την πρώτη κατεύθυνση ανάλυσης του ΕΕ3 στο γράφημα 3α παρατηρούμε ότι στο επίπεδο Ε3, πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ εντοπίζεται ένα μικρό ποσοστό των απαντήσεων, ενώ μετά την παρέμβαση σχεδόν όλοι οι μαθητές αναφέρουν ως όργανο το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Επίσης πριν την παρέμβαση το επίπεδο με το υψηλότερο ποσοστό είναι το Ε2 το οποίο περιλαμβάνει ως όργανο παρατήρησης το οπτικό μικροσκόπιο. Μετά την παρέμβαση το ποσοστό αυτό μειώνεται σημαντικά.
Όσον αφορά τη δεύτερη κατεύθυνση ανάλυσης (γράφημα 3β), πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ ο αριθμός των μαθητών, που κατέγραψε το σωστό όργανο παρατήρησης για ένα αντικείμενο του νανόκοσμου (Ε3), είναι μικρός, ενώ μετά την παρέμβαση ο αριθμός των απαντήσεων στο Ε3 είχε σημαντική άνοδο.

Γράφημα 3α. Ποια όργανα παρατήρησης γνωρίζουν οι μαθητές;



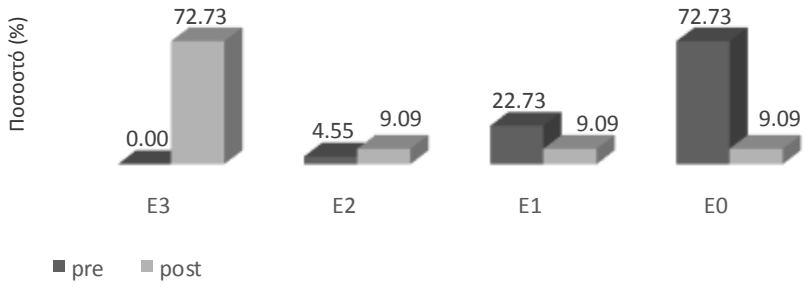
Γράφημα 3β. Κατά πόσο είναι σωστό το όργανο παρατήρησης για το αντικείμενο αναφοράς;



Αποτελέσματα για το 4ο ΕΕ

Στο γράφημα 4 παρατηρούμε ότι πριν την εφαρμογή της ΔΜΑ κανένας μαθητής δεν αναγνωρίστηκε να αναφέρει στις περιγραφές του όρους του νανογραμματισμού για το φαινόμενο του λωτού (Ε3). Αντίθετα μετά την εφαρμογή το ποσοστό που χρησιμοποίησε σχετικούς όρους αυξήθηκε σημαντικά. Ενδεικτική απάντηση για το επίπεδο Ε3 αποτελεί η εξής: «Το λάχανο, το φύλλο της ακακίας και ο λωτός έχουν πάνω τους κάποια εξογκώματα, τα νανοεξογκώματα. Έτσι οι σταγόνες δεν μπορούν να τα περάσουν και μένουν στον αέρα».

Γράφημα 4. Περιγραφή του φαινομένου του λωτού.



4. Συμπεράσματα

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα, θεωρούμε ότι η εφαρμογή της συγκεκριμένης ΔΜΑ είναι σε θετική κατεύθυνση. Αυτό σημαίνει ότι μετά τη διδασκαλία του περιεχομένου της Ν-ΕΤ, οι περισσότεροι μαθητές βελτίωσαν τον νανογραμματισμό τους (Laherto 2010). Συγκεκριμένα οι αρχικές ιδέες των μαθητών για τη Ν-ΕΤ φαίνεται ότι εκφράζονται με όρους του μακρόκοσμου ή του μικρόκοσμου, για παράδειγμα αναφέρονται στα κύτταρα και στο οπτικό μικροσκόπιο. Μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ στις απαντήσεις τους περιλάμβαναν όρους της κλίμακας του νάνο, όπως ηλεκτρονικό μικροσκόπιο και νανοεξογκώματα. Επιπλέον ανέφεραν ως αιτία του σφαιρικού σχήματος της σταγόνας στο φύλλο του λάχανου, τη νανοδομή της επιφάνειας του φύλλου. Τέλος στις περιγραφές των μαθητών για τον όρο Νανοτεχνολογία αναγνωρίστηκε με σαφήνεια μια τουλάχιστον από τις πέντε όψεις του περιεχομένου της Ν-ΕΤ.

5. Βιβλιογραφία

Μάνου, Λ., Σπύρτου, Α., Χατζηκρανιώτης, Ε., Καριώτογλου, Π. (2015). Βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου της διδασκαλίας της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας στις τρεις βαθμίδες εκπαίδευσης. Στο Δ., Ψύλλος, Α., Μολοχίδης & Μ. Καλλέρη, (Επμ.), *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, (σς. 203-21).Θεσσαλονίκη: Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο.

Πέικος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2015). Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Πιλοτική εφαρμογή. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επμ.), *Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη*

Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες», (σσ. 327-346). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Blonder, R. & Sakhnini, S. (2016). What Are the Basic Concepts of Nanoscale Science and Technology (NST) that Should Be Included in NST Educational Programs? In K. Winkelmann, B. Bhushan (eds.), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education*, Science Policy Reports, Springer International Publishing Switzerland, 1-31.

Delgado, C., Stevens, S. Y., Shin, N. & Krajcik, J. (2015). A middle school instructional unit for size and scale contextualized in nanotechnology. *Nanotechnology Reviews*, 4(1), 51-69.

Laherto, A. (2010). An Analysis of the Educational Significance of Nanoscience and Nanotechnology in Scientific and Technological Literacy. *Science Education International*, *21*(3), 160-175.

Magana, A., Brophy, S., Bryan, L. (2012). An Integrated Knowledge Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition (FS2C). *International Journal of Science Education*, *34*(14), 2181-2203.

Psillos, D. & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical Issues Related to Designing and Developing Teaching-Learning Sequences. In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of TeachingLearning Sequences*, pp.11-34. Dordrecht: Springer

Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug B. & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (6), 632-654.

Stevens, S., Sutherland, L. & Krajcik, J. (2009). *Big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΣΕ ΕΠΙΠΕΔΟ ΝΑΝΟΚΛΙΜΑΚΑΣ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ

Μαρία Τσέτσερη[1], Κατερίνα Σάλτα[2], Δημήτρης Σταύρου[3]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2] Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Ηλιούπολης
[3]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία διερευνάται η δυνατότητα ένταξης των αλλαγών των ιδιοτήτων των υλικών σωμάτων σε επίπεδο νανοκλίμακας στο Γυμνάσιο. Στη νανοκλίμακα τα υλικά παρουσιάζουν μοναδικές ιδιότητες που οδηγούν σε σημαντικές τεχνολογικές εφαρμογές. Ακολουθώντας το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης το επιστημονικό περιεχόμενο μετασχηματίστηκε σε περιεχόμενο προς διδασκαλία και διερευνήθηκαν οι αντιλήψεις και διαδικασίες μάθησης μαθητών Γυμνασίου με τη χρήση του διδακτικού πειράματος. Η ποιοτική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι μαθητές μπορούν να εξηγήσουν την αλλαγή των ιδιοτήτων αλλά δυσκολεύονται στο να εντοπίζουν τη φύση των δυνάμεων που εμφανίζονται.

Abstract

In the present work we investigate the possibility of integration the changes in material properties which happen in nanoscale into teaching context in junior high school. In nanoscale materials exhibit unique properties which lead to significant technological applications. Based on the Model of Educational Reconstruction scientific content becomes a content to be taught and students' conceptions and learning processes were investigated by the use of the teaching experiment. The qualitative data analysis showed that students can explain changes of material properties but show difficulties in identifying the nature of forces occurred.

1. Εισαγωγή

Η μελέτη των υλικών και των ιδιοτήτων τους αποτελούν σημαντικό πεδίο έρευνας των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.). Η δημιουργία νέων υλικών και η τροποποίηση των ιδιοτήτων τους οδήγησε σε εντυπωσιακές εφαρμογές που βελτιώνουν την ποιότητα της ζωής μας. Στην αγορά εμφανίζονται καθημερινά νανοϋλικά που παρουσιάζουν μοναδικές ιδιότητες. Το πλήθος των προϊόντων που χρησιμοποιούν τη νανοτεχνολογία εκτείνονται σε ένα τεράστιο εύρος ξεκινώντας από συστήματα αυτο-καθαρισμού έως συστήματα μεταφοράς καυσίμων στο διάστημα.

Οι εξελίξεις στο πεδίο της έρευνας των νανοϋλικών, κέντρισε το ενδιαφέρον των ερευνητών της Διδακτικής των Φ.Ε. να διερευνήσουν τρόπους εισαγωγής βασικών εννοιών στη διδασκαλία των Φ.Ε. Πρόσφατα, σημαντικός αριθμός ερευνητικών εργασιών έχουν πραγματοποιηθεί με σκοπό την παρουσίαση καινοτόμων εκπαιδευτικών προσεγγίσεων στη Νανοτεχνολογία τόσο στο διεθνή χώρο (π.χ. Jones et. al 2013) όσο και στην Ελλάδα (π.χ. Πέικος κ.α. 2016, Stavrou et al. 2015, Σταύρου 2016). Το ερευνητικό ζητούμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η δυνατότητα εφαρμογής σε μαθητές Γυμνασίου εκπαιδευτικών

δραστηριοτήτων που επικεντρώνονται στη μεταβολή των ιδιοτήτων μεταβαίνοντας από το μακροσκοπικό στο επίπεδο της νανοκλίμακας. Ειδικότερα τα ερευνητικά ερωτήματα είναι:

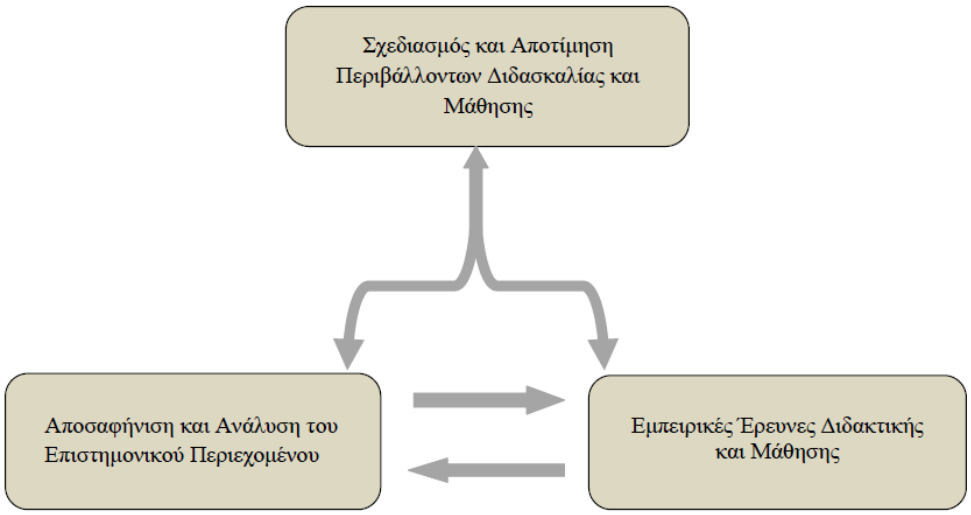
- Ποιες είναι οι αντιλήψεις μαθητών Γυμνασίου για την αλλαγή ιδιοτήτων που συντελείται σε επίπεδο νανοκλίμακας;
- Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην πορεία τους προς την επιστημονική άποψη;

2. Μεθοδολογία

Α. Θεωρητικό Πλαίσιο

Μία σημαντική επιδίωξη των ερευνητών της διδακτικής των Φ.Ε. είναι η βελτίωση των εκπαιδευτικών πρακτικών και σε αυτήν την κατεύθυνση σημαντικό μεθοδολογικό πλαίσιο έρευνας αποτελεί το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης, που αναπτύχθηκε για να εξεταστεί αν είναι εκπαιδευτικά αξιόλογο και δυνατό να διδαχθούν συγκεκριμένα επιστημονικά αντικείμενα. Το Μοντέλο ως πλαίσιο εργασίας (Duit et al. 2012) αποτελείται από τρεις βασικές αλληλεπιδρούσες συνιστώσες (Σχήμα 1)

Σχήμα 1: Συνιστώσες του Μοντέλου της Διδακτικής Αναδόμησης



Βασική ιδέα της Διδακτικής Αναδόμησης είναι ο μετασχηματισμός μιας συγκεκριμένης δομής επιστημονικού περιεχομένου σε περιεχόμενο προς διδασκαλία. Η πορεία του μετασχηματισμού αυτού συντελείται ως μία επαναληπτική και σπειροειδής διαδικασία, όπου κάθε συνιστώσα ανατροφοδοτεί την άλλη.

Στην παρούσα έρευνα το μεθοδολογικό πλαίσιο της Διδακτικής Αναδόμησης εφαρμόστηκε ως ακολούθως: Με ανάλυση της βιβλιογραφίας εντοπίστηκαν τα κύρια σημεία του επιστημονικού περιεχομένου και βιβλιογραφικές έρευνες για τις ιδέες των μαθητών σχετικά με τις αλλαγές των ιδιοτήτων. Διερευνήθηκαν οι απόψεις μαθητών Γυμνασίου σχετικά με τις ιδιότητες των υλικών και τις συνθήκες κάτω από τις οποίες οι ιδιότητες αλλάζουν με χορήγηση ερωτηματολογίου. Με βάση τα παραπάνω διαμορφώθηκαν οι βασικές αρχές των δραστηριοτήτων, οι οποίες ελέγχθηκαν με πιλοτικό Διδακτικό Πείραμα (Δ.Π.). Από την ανάλυση της πιλοτικής εφαρμογής ανατροφοδοτήθηκε η όλη διαδικασία και διαμορφώθηκε η τελική μορφή των δραστηριοτήτων. Τα αποτελέσματα της τελικής εφαρμογής του Δ.Π.

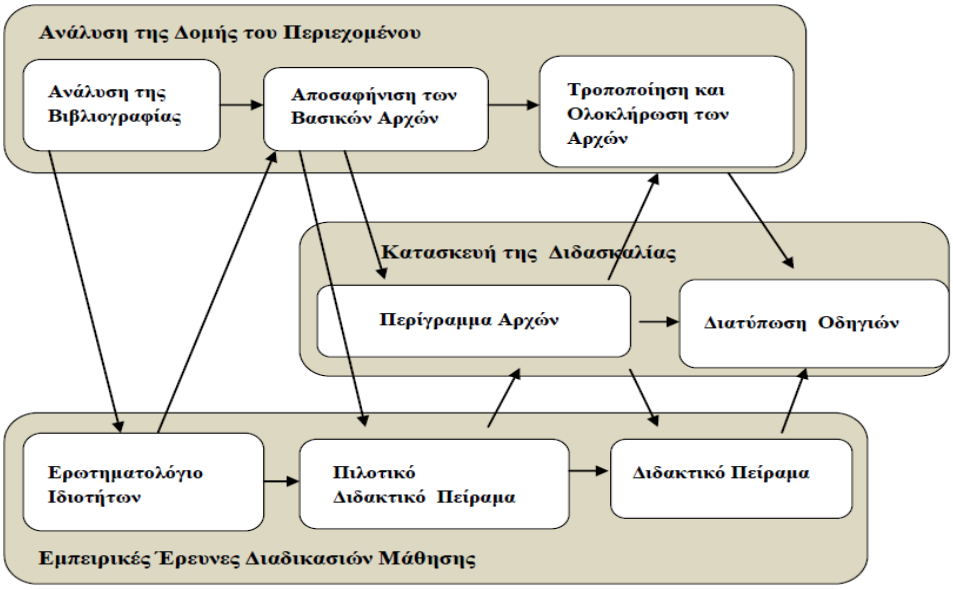
οδηγούν στη διατύπωση οδηγιών σχετικά με τη δυνατότητα ένταξης διδακτικών ενοτήτων που αναφέρονται στην αλλαγή των ιδιοτήτων σε επίπεδο νανοκλίμακας (Σχήμα 2).

Β. Εμπειρικό Μέρος

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο 3ο τρίμηνο του σχολικού έτους 2015-16 και συμμετείχαν 16 μαθητές και μαθήτριες της Β' και Γ' τάξης του Γυμνασίου σε ομάδες των δύο ατόμων. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Διδακτικό Πείραμα (Komorek & Duit 2004) με την ακόλουθη δομή:
Εισαγωγική συνέντευξη διερεύνησης των αντιλήψεων των μαθητών για την αλλαγή των ιδιοτήτων και του είδους των δυνάμεων.

1η Δραστηριότητα: Στατικός ηλεκτρισμός και εμφάνισή του καθώς το μέγεθος μειώνεται. Ακολουθώντας τη σειρά Πρόβλεψη-Εκτέλεση-Αιτιολόγηση παρουσιάζονται δύο δοχεία με μικρά και μεγάλα κομμάτια φελιζόλ και οι μαθητές καλούνται αρχικά να περιγράψουν τι θα συμβεί αν τρίψουμε κάθε δοχείο με ένα ύφασμα και στη συνέχεια να αιτιολογήσουν την αλλαγή στη συμπεριφορά (Εικόνα 1α).

Σχήμα 2: Σύνοψη της αναδραστικής διαδικασίας του ΜΔΑ



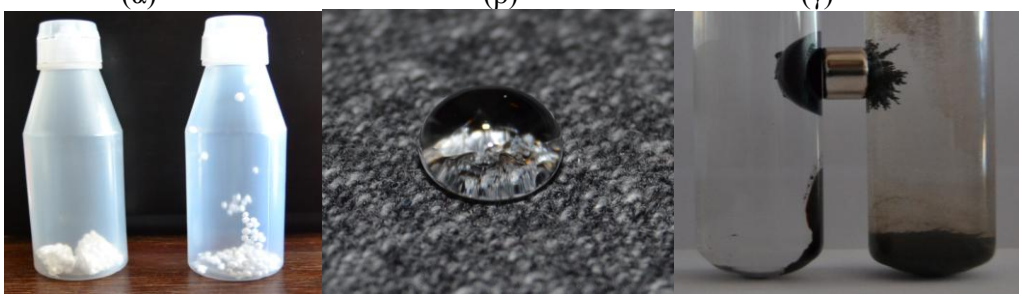
2η Δραστηριότητα: Μεταβολή της απορροφητικότητας υλικού καθώς η επιφανειακή δομή προσεγγίζει τη νανοκλίμακα. Ζητάται από τους μαθητές να περιγράψουν, να σχεδιάσουν και να αιτιολογήσουν τη διαφορά στη συμπεριφορά δύο υφασμάτων όπου το ένα έχει αδιαβροχοποιηθεί από την κάλυψη της επιφάνειας από νανοσωματίδια (Εικόνα 1β).

3η Δραστηριότητα: Μεταβολή μαγνητικών ιδιοτήτων σιδηρομαγνητικών υλικών καθώς μεταβαίνουμε στη νανοκλίμακα. Συμπεριφορά μαγνητικού υγρού (Ferrofluid). Οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν την αλληλεπίδραση ισχυρού μαγνήτη με ρινίσματα σιδήρου και με μαγνητικό υγρό (Εικόνα 1γ).

Σύνδεση των δραστηριοτήτων-Τελική συνέντευξη-Αξιολόγηση της διαδικασίας.
Τα Δ.Π. μαγνητοφωνήθηκαν και έγινε ποιοτική ανάλυση περιεχομένου των δεδομένων με δημιουργία κωδικών και κατηγοριοποίηση τους (Miles & Huberman 1994).

Εικόνα 1: Εικόνες από τις τρεις δραστηριότητες που κλήθηκαν οι μαθητές να περιγράψουν και να εξηγήσουν.

(α) (β) (γ)



3. Αποτελέσματα

Εισαγωγική Συνέντευξη

Κατά τον ορισμό της έννοιας ιδιότητα οι μισές ομάδες θεώρησαν ότι οι ιδιότητες είναι ειδικά, χαρακτηριστικά γνωρίσματα που αποτελούν στοιχεία ορισμού, ενώ οι άλλες μισές θεώρησαν ότι οι ιδιότητες αποτελούν δυνατότητες ή ικανότητες πραγμάτων ή ατόμων να πραγματοποιήσουν κάτι. Τα παραδείγματα ιδιοτήτων που ανακάλεσαν κατηγοριοποιούνται γύρω από τους παρακάτω άξονες: «φυσικές, χημικές ιδιότητες», «φυσική κατάσταση», «μεταβολή φυσικής κατάστασης» και «κατηγορίες υλικών». Στην ερώτηση αν οι ιδιότητες αλλάζουν τρεις ομάδες απάντησαν ότι οι ιδιότητες δεν αλλάζουν («*...είναι μόνιμες»-Β.5.Α*[4]- και για να αλλάξουν «*... αλλάζει το υλικό»-Β.6.Α*-), τρεις ομάδες ισχυρίστηκαν ότι μπορούν να αλλάξουν ως προς τη φυσική κατάσταση και δύο ισχυρίστηκαν ότι οι χημικές αντιδράσεις αλλάζουν τις ιδιότητες των υλικών. Η αλλαγή του μεγέθους δεν αναφέρθηκε από καμιά ομάδα ως παράμετρος μεταβολής των ιδιοτήτων, όπως και σε άλλες έρευνες (Stavrou et al. 2015).

Όταν κλήθηκαν να απαντήσουν αν ο τεμαχισμός μπορεί να αλλάξει κάποιες από τις ιδιότητες των υλικών τρεις ομάδες απάντησαν αρνητικά ενώ από τις άλλες πέντε ομάδες αναφέρθηκαν αλλαγή των ιδιοτήτων της μάζας, του βάρους, του μεγέθους, της ποσότητας και του όγκου. Οι μαθητές κατέληξαν όμως ότι κατά τον τεμαχισμό η σύσταση, το υλικό, το χρώμα, η χρήση, η πυκνότητα παραμένουν ίδια. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι απαντήσεις τους σχετικά με την πρόβλεψη τους σε πόσο μικρά κομμάτια μπορούμε να οδηγηθούμε κατά τον τεμαχισμό. Γενικά οι απαντήσεις των μαθητών ταξινομούνται σε δύο επίπεδα, το «θεωρητικό», όπου έφτασαν στο άτομο και το κουάρκ και στο «πρακτικό», όπου έφτασαν σε κομμάτια που επιτρέπουν τα όργανα που διαθέτουμε.

Όσον αφορά το είδος και τη φύση των δυνάμεων, οι μαθητές αναγνωρίζουν τη δύναμη του βάρους των σωμάτων σε όλες τις κλίμακες μεγέθους, αφού ομόφωνα συμφώνησαν ότι ακόμα και τα απειροελάχιστα κομμάτια που προκύπτουν κατά τον τεμαχισμό έχουν βάρος. Ως προς τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις οι μαθητές δεν τις ανέφεραν αρχικά ως άλλο είδος δυνάμεων που ασκούνται μεταξύ των σωμάτων. Στην παραπάνω ερώτηση επέλεξαν ως άλλο είδος δυνάμεων να αναφέρουν την τριβή, την άνωση και ασαφώς ελκτικές δυνάμεις. Όταν τους ζητήθηκε να σχολιάσουν για τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις ανέφεραν φορείς των δυνάμεων (φορτία, μαγνήτες), εντόπισαν τα αποτελέσματά τους (έλξεις, απώσεις), τις χαρακτήρισαν

[4] Κωδικός μαθητή:-Τάξη.Αριθμός ομάδας.Μέλος ομάδας

δυνάμεις από απόσταση, ενώ κάποιοι συνέδεσαν τις ηλεκτρικές δυνάμεις με τα άτομα, τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια υπονοώντας ίσως ότι δρουν στον μικρόκοσμο.

1η Δραστηριότητα

Μετά το τέλος της εισαγωγικής συνέντευξης ακολούθησε η πραγματοποίηση τριών δραστηριοτήτων με συγκεκριμένο και σαφή διδακτικό στόχο η καθεμία. Όλες όμως είχαν επιλεγεί και διαμορφωθεί κάτω από τον γενικότερο στόχο της εισαγωγής του μεγέθους ως παραμέτρου που διαφοροποιεί τις ιδιότητες των υλικών και την ισχύ των ασκούμενων δυνάμεων. Η εισαγωγή των μαθητών σε αυτή τη κεντρική Μεγάλη Ιδέα (Stevens et al 2009) με μία δραστηριότητα όπως αυτή του στατικού ηλεκτρισμού, παρότι δεν ανήκε στην περιοχή της νανοκλίμακας, αποτέλεσε μία απτή και ως εκ τούτου σχετικά εύκολα ερμηνεύσιμη δραστηριότητα. Όλες οι ομάδες από την αρχή της 1ης Δραστηριότητας αναγνώρισαν ότι το μέγεθος των κομματιών φελιζόλ είναι η παράμετρος που διαφοροποιεί τη συμπεριφορά των σωματίδιων που περιέχονται στα δοχεία, εντοπίζοντας ότι αυτό που παρέμεινε ίδιο είναι το υλικό ενώ ως διαφορετικό μεταξύ των δύο δοχείων αναγνώρισαν τη μάζα, το σχήμα, τον όγκο, το βάρος των κομματιών. Στην προσπάθεια εξήγησης της διαφορετικής συμπεριφοράς του ίδιου υλικού στα δύο δοχεία, οι μαθητές κατάφεραν να αιτιολογήσουν το φαινόμενο. Ο βαθμός αιτιολόγησης και εμβάθυνσης κυμάνθηκε από ένα λιγότερο αναλυτικό επίπεδο αιτιολόγησης (*«Ήταν πιο μικρά άρα πιο εύκολα να τα παρασύρει ο ηλεκτρισμός»-Γ.1.Α-*), φτάνοντας στη σύνδεση του λόγου επιφάνειας προς όγκο με την αλλαγή ιδιοτήτων (*«Άλλαξε ο όγκος και η επιφάνεια με την οποία... η επιφάνεια % σε σχέση με το υπόλοιπο κομμάτι που ερχόταν σε επαφή με το τοίχωμα»-Β.4.Α-.)*. Ένα επίσης σημαντικό σημείο σε αυτή τη δραστηριότητα ήταν το γεγονός ότι από την αρχή της οι μισές ομάδες χρησιμοποίησαν τον όρο «δύναμη» για να περιγράψουν ή να αιτιολογήσουν το φαινόμενο που παρατηρούν. Ειδικότερα, από την αρχική παρατήρηση των δύο διαφορετικών συμπεριφορών, υπήρξε ομάδα που απέδωσε τη διαφορετική συμπεριφορά στη διαφορετική ισχύ των δυνάμεων («*είναι πιο μικρά τα κομματάκια και το βάρος δεν είναι τόσο μεγάλο και έτσι η μ... όχι η ηλεκτρική δύναμη ... πως να το πω είναι μεγαλύτερη από το βάρος»-Β.6.Α-).*
Ολοκληρώνοντας τη δραστηριότητα καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι όλες οι ομάδες συνέδεσαν την αλλαγή στη συμπεριφορά του υλικού με το μέγεθος των σωματιδίων. Σχετικά με τις δυνάμεις που ασκούνται σε κάθε περίπτωση παρατηρήσαμε ότι επτά από τις οκτώ ομάδες κατάφεραν να συνδέσουν τη διαφορετική συμπεριφορά με την ισχύ των δυνάμεων συγκρίνοντας το βάρος με τις ηλεκτροστατικές δυνάμεις, εντοπίζοντας ότι στα μικρά κομμάτια οι ηλεκτροστατικές γίνονται εμφανείς.

2η Δραστηριότητα

Έχοντας εισάγει την παράμετρο του μεγέθους ως παράγοντα επίδρασης της συμπεριφοράς των υλικών κατευθύναμε το Δ.Π. στην περιοχή της νανοκλίμακας, με την πραγματοποίηση της 2ης δραστηριότητας που αναφερόταν στην αλλαγή της απορροφητικότητας υφάσματος όταν η επιφάνεια μεταβάλλεται και αποκτά νανο-υφή. Η δραστηριότητα αυτή, που ήταν η πρώτη ουσιαστικά δραστηριότητα στην νανοκλίμακα, ανέδειξε με μία εντυπωσιακή εικόνα την αλλαγή στην συμπεριφορά του υλικού, το οποίο αδιαβροχοποιείται, όταν η επιφάνεια του υλικού αποκτά τραχύτητα της τάξης του νάνο. Διαπιστώσαμε ότι επτά από τις οκτώ ομάδες προσπάθησαν να περιγράψουν την εικόνα της σταγόνας που εισχώρησε ή όχι στο ύφασμα και εξήγησαν την απορροφητικότητα συνδέοντάς την με το μέγεθος των σωματιδίων στην επιφάνεια και του κενού χώρου που αφήνουν. Στην προσπάθεια εξήγησης μόνο δύο ομάδες χρησιμοποίησαν δυνάμεις που ασκούνται από το ύφασμα στην σταγόνα *(«αντίσταση των*

μορίων και δεν μπορεί να εισέλθει (η σταγόνα)»-Β.4.Α-) ή ακόμα ανέφεραν δύναμη από τον αέρα *(«το πιέζει ο αέρας να μπει μέσα;»-Γ.1.Α*).
Μελετώντας τις αναπαραστάσεις των δυνάμεων που ασκούνται πάνω στις σταγόνες νερού, όπως τις σχεδίασαν οι μαθητές, παρατηρήσαμε ότι έκαναν προσπάθεια σύνδεσης της διαφορετικής συμπεριφοράς με τις διαφορετικές δυνάμεις που ασκούνται σε κάθε περίπτωση, χωρίς όμως να μπορέσουν να εντοπίσουν τη φύση των δυνάμεων. Συγκεκριμένα, δώδεκα μαθητές σχεδίασαν διαφορετικές δυνάμεις να ασκούνται πάνω στις σταγόνες που τοποθετήθηκαν πάνω στα δύο υφάσματα, με κυριότερες τις δυνάμεις του βάρους και της αντίδρασης από την επιφάνεια του υφάσματος. Η απόδοση της διαφορετικής συμπεριφοράς στη διαφορετική ισχύ των δυνάμεων θεωρείται ικανοποιητικό αποτέλεσμα, καθώς στους μαθητές δεν δόθηκαν επιπλέον στοιχεία για την φύση των δυνάμεων, διεπιφανειακές τάσεις και δυνάμεις συνοχής και συνάφειας. Σημειώνουμε επίσης, ότι ενώ οι περισσότεροι μαθητές είχαν αιτιολογήσει τη διαφορετική συμπεριφορά του υφάσματος συγκρίνονται το μέγεθος των σωματιδίων και τον κενό χώρο (Σταύρου 2016), που αφήνουν αυτά, μόνο πέντε σχεδίασαν τη δομή της επιφάνειας του υφάσματος στις δύο περιπτώσεις.

3η *Δραστηριότητα*

Στην 3η δραστηριότητα μελετήθηκε η μαγνητική αλληλεπίδραση υλικών που παρουσιάζουν τεχνολογικό και επιστημονικό ενδιαφέρον και μπορούν να μετασχηματιστούν σε περιεχόμενο προς διδασκαλία (Sederberg & Bryan 2010). Ένα μαγνητικό υγρό αποτελείται από σωματίδια, τα οποία συμπεριφέρονται υπερπαραμαγνητικά, με τις διαστάσεις των νανοκρυστάλλων να είναι υπεύθυνες για τη γρήγορη μαγνήτιση και απομαγνήτιση υπό την επίδραση του εξωτερικού μαγνητικού πεδίου.
Από την αρχή της 3ης δραστηριότητας διερευνήσαμε τις αντιλήψεις των μαθητών για το πότε θεωρούν ένα υλικό μαγνητικό. Οι περιγραφές των μαθητών και οι μικροσκοπικές αναπαραστάσεις τους για τα μαγνητικά υλικά έδειξαν ότι μαγνητική συμπεριφορά είναι ένα χαρακτηριστικό το οποίο οι μαθητές συσχέτισαν με το ηλεκτρικό φορτίο και τη μετακίνηση ή την περίσσειά του,(*«ένα υλικό είναι μαγνητικό όταν έχει περισσσότερα πρωτόνια ή περισσότερα ηλεκτρόνια»-Β.4.Α-)* όπως έχει φανεί και σε προηγούμενες έρευνες (Borges, 1998). Οι μαθητές της έρευνας μας περιέγραψαν μακροσκοπικά τη μαγνητική συμπεριφορά με όρους αλληλεπίδρασης με μαγνήτες, με την εμφάνιση δυνάμεων και συνέδεσαν την εμφάνιση μαγνητικών ιδιοτήτων με συγκεκριμένα υλικά (μέταλλα, σίδηρο).
Σχετικά με τη φυσική κατάσταση των υλικών που παρουσιάζουν μαγνητικές ιδιότητες διαπιστώσαμε ότι οι μαθητές δεν απέκλεισαν το ενδεχόμενο ένα υγρό να έχει μαγνητικές ιδιότητες, καθώς *«ένας λιωμένος μαγνήτης»* διατηρεί τις μαγνητικές του ιδιότητες και τρεις μαθητές επικεντρώθηκαν στο υδράργυρο καθώς «*Ο υδράργυρος είναι το μόνο μέταλλο το οποίο είναι υγρό. Άρα είναι το μόνο, κατά τη γνώμη μου, από αυτά που ξέρω, πιστεύω είναι το υγρό μεταλλικό στοιχείο που έχει μαγνητικότητα»-Β.3.Β-*.
Στην πορεία της δραστηριότητας χρησιμοποιήσαμε τρεις δοκιμαστικούς σωλήνες με κίτρινο μη μαγνητικό υγρό, με ρινίσματα σιδήρου και με μαγνητικό υγρό (ferrofluid) μέσα σε νερό. Οι μαθητές κλήθηκαν να περιγράψουν και να αιτιολογήσουν τι θα συμβεί όταν ένας ισχυρός μαγνήτης προσεγγίσει τους δοκιμαστικούς σωλήνες. Οι μαθητές αφού κατέληξαν ότι μαγνητική συμπεριφορά παρουσίασαν τα υλικά στον 2ο και 3ο δοκιμαστικό σωλήνα, εντόπισαν ότι μικρή ποσότητα από το στερεό έλκεται από το μαγνήτη ενώ το υγρό έλκεται ολόκληρο.
Η εξήγηση της διαφορετικής μαγνητικής συμπεριφοράς των ρινισμάτων από το μαγνητικό υγρό αποδόθηκε στην υγρή φάση *(«είναι όλα μαζί δεμένα με το υγρό, ενώ στο άλλο είναι καθένα μόνο του»-Γ.1.Α-*) και στο διαφορετικό μέγεθος των σωματιδίων που παρουσιάζουν

μαγνητικές ιδιότητες (*« είναι τόσο μικρά τα σωματίδια που είναι... σα να είναι κάπως πιο μεγάλα χωρισμένα μόρια και έτσι δημιουργούν ένα σαν υγρό να φαίνεται»-Β.6.Α.-).*
Όταν ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τις δυνάμεις μεταξύ των ρινισμάτων-μαγνήτη και του μαγνητικού υγρού-μαγνήτη δεκατέσσερις μαθητές σχεδίασαν δυνάμεις αλλά σε κανένα σχήμα, εκτός ίσως από ένα, οι δυνάμεις στους δύο δοκιμαστικούς σωλήνες δεν έχουν σχεδιαστεί διαφορετικά ώστε να υπονοείται ότι οι μαθητές είχαν αποδώσει τις διαφορετικές ιδιότητες στις διαφορετικές δυνάμεις.
Ενδιαφέρον παρουσίασε επίσης η εικόνα που έχουν οι μαθητές για το εσωτερικό του μαγνητικού υγρού, καθώς αυτή δεν διαφοροποιείται από την εικόνα ενός σιδηρομαγνητικού στερεού ως προς το εσωτερικό της δομής, αλλά πέντε μαθητές σχεδίασαν την εξωτερική επιφάνεια του υγρού στρογγυλή.

Σύνδεση των δραστηριοτήτων

Ολοκληρώντας το Δ.Π. οι μαθητές κλήθηκαν να γενικεύσουν τα συμπεράσματά τους και να βρουν τις συνδέσεις μεταξύ των δραστηριοτήτων. Οι ομάδες αναγνώρισαν ότι το μέγεθος και η μεταβολή του ήταν η παράμετρος που συνέδεε όλες τις δραστηριότητες *(«κάθε πείραμα επηρεαζόταν από το μέγεθος»-Β.5.Β-*). Βέβαια μόνο πέντε από τις οκτώ ομάδες συσχέτισαν τις ιδιότητες των σωμάτων με τις δυνάμεις που ασκούνται πάνω στα σώματα (*« όταν είναι μικρότερα τα κομμάτια του υλικού μπορεί το βάρος να είναι μικρότερο και έτσι να υπερισχύει η μαγνητική», « ανάλογα με το πόσο μικρά ή μεγάλα σωματίδια αποτελείται ένα σώμα έτσι πιο ισχυρές είναι οι δυνάμεις.»-Β.6.Β-)*

4. Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη εργασία στόχευε στην καταγραφή και μελέτη των αντιλήψεων μαθητών Γυμνασίου για την αλλαγή των ιδιοτήτων των σωμάτων σε επίπεδο νανοκλίμακας. Διερευνήθηκαν οι δυσκολίες των μαθητών κατά την εξήγηση των ιδιαίτερων ιδιοτήτων των υλικών στην νανοκλίμακα και η σύνδεσή τους με τις δυνάμεις που επικρατούν σε αυτήν την κλίμακα μεγέθους.
Μελετώντας τα αποτελέσματα της ανάλυσης οδηγηθήκαμε στα συμπεράσματά μας τα οποία παρουσιάζονται στους άξονες των ερευνητικών μας ερωτημάτων, τα οποία ήταν τα ακόλουθα:
Ποιες είναι οι αντιλήψεις μαθητών Γυμνασίου για την αλλαγή ιδιοτήτων που συντελείται σε επίπεδο νανοκλίμακας;
Οι μαθητές όταν αναφέρονται σε ιδιότητες, δηλαδή σε φυσικά μεγέθη ή χαρακτηριστικά που καθορίζουν τη φύση των σωμάτων, τις κατηγοριοποιούν γύρω από τους άξονες: «φυσικές, χημικές ιδιότητες», «φυσική κατάσταση», «μεταβολή φυσικής κατάστασης» και «κατηγορίες υλικών». Όταν τους ζητάται να ορίσουν αλλαγή ιδιοτήτων αναφέρονται σε αλλαγή φυσικής κατάστασης και οι συνθήκες κάτω από τις οποίες αλλάζουν οι ιδιότητες είναι κυρίως η θέρμανση. Η αλλαγή του μεγέθους δεν αναφέρεται από τους μαθητές ως παράμετρος μεταβολής των ιδιοτήτων. Ο τεμαχισμός των υλικών οδηγεί στην μικροσκοπική εικόνα που έχουν οι μαθητές για την ύλη και στην απόδοση βάρους στα απειροελάχιστα σωματίδια. Όταν ερωτώνται αν το μέγεθος αποτελεί μία παράμετρο μεταβολής των ιδιοτήτων, αναφέρουν εκτατικές ιδιότητες όπως η μάζα, ο όγκος, το βάρος. Κατά την διάρκεια αλλά και στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές είναι σε θέση να συνδέσουν αλλαγές στις ιδιότητες των υλικών που εμφανίζονται, καθώς το μέγεθός των υλικών μειώνεται.
Ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην πορεία τους προς την επιστημονική άποψη;

Ο σχεδιασμός και η επιλογή των δραστηριοτήτων συμπεριέλαβε ιδιότητες όπως η δυνατότητα ηλέκτρισης, η απορροφητικότητα νερού και η μαγνήτιση που είχαν εντατικό χαρακτήρα, καθώς διαπιστώθηκε πριν το Δ.Π. ότι οι μαθητές όταν αναφέρονται σε ιδιότητες σωμάτων εννοούσαν χαρακτηριστικά όπως τη φυσική κατάσταση και τη μεταβολή αυτής και απέδιδαν σε συγκεκριμένα υλικά συγκεκριμένες ιδιότητες (φυσικές ή χημικές). Η αλλαγή των ιδιοτήτων των υλικών συνδεόταν μόνο με αλλαγή φυσικής κατάστασης και πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων. Η μεταβολή ιδιοτήτων εξαιτίας του μεγέθους συνδεόταν μόνο με εκτατικές παραμέτρους και οι μαθητές αντιμετώπιζαν δυσκολία να προτείνουν αρχικά ιδιότητες που δεν συνδέονταν με το μέγεθος αλλά άλλαζαν καθώς αυτό μειώνεται.
Επιλέχθηκε η διδακτική ακολουθία να κατευθύνει τους μαθητές σταδιακά από τον μακρόκοσμο στην κλίμακα του νάνο, καθώς η διαφοροποίηση στην συμπεριφορά των υλικών αναζητείται σε μια κλίμακα μεγέθους με την οποία οι μαθητές δεν είναι εξοικιωμένοι και αντιμετωπίζουν δυσκολία να εντοπίσουν το σχετικό μέγεθος των νανοσωματιδίων της 2^{ης} και 3^{ης} δραστηριότητας. Με την επιλογή αυτή, ακόμα και αν δεν είχαν άμεση εποπτία, απέδωσαν την αλλαγή στη συμπεριφορά στην αλλαγή του μεγέθους.
Πριν το Δ.Π. οι μαθητές ήταν εξοικιωμένοι μόνο με τη δύναμη του βάρους, την οποία μπορούσαν να σχεδιάσουν με ευκολία. Κατά την πραγματοποίηση του Δ.Π. συνάντησαν ηλεκτρικές και μαγνητικές δυνάμεις για τις οποίες πριν είχαν κάποια ασαφή εικόνα ως προς την περιοχή εμφάνισής τους. Κατά τον σχεδιασμό των δυνάμεων αντιλήφθηκαν ότι είναι είδη δυνάμεων που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση κατάλληλων υποθεμάτων και αποκτούν μεγαλύτερη ισχύ καθώς οι διαστάσεις μειώνονται.
Συνοψίζοντας, μπορούμε να ισχυριστούμε ότι οι μαθητές μπορούν να εντοπίσουν τις νέες ιδιότητες που αναδύονται στην περιοχή της νανοκλίμακας, να τις περιγράψουν και να τις εξηγήσουν σε κάποιον βαθμό. Το Δ.Π. έδωσε ενθαρρυντικά αποτελέσματα για την σύνδεση της συμπεριφοράς των υλικών με το μέγεθος τους και τη σχετική ισχύ των δυνάμεων, καθώς οι μαθητές στο τέλος της ενότητας μπορούσαν να αναγνωρίσουν ότι το μέγεθος ήταν το κοινό σημείο σε όλες τις δραστηριότητες που διαφοροποιούσε κάποιες ιδιότητες των υλικών.

5. Βιβλιογραφία

Πέικος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2016) Ανάπτυξη και αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για την διδασκαλία της Νανοεπιστήμης - Νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο, Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 279-286, Θεσσαλονίκη.

Σταύρου, Δ. (2016) Αλληλεπίδραση Εκπαίδευσης Επιστημονικής Έρευνας και Κέντρων Φυσικών Επιστημών για την Ανάπτυξη Διδακτικής Ενότητας Νανοτεχνολογίας: το πρόγραμμα Irresistible (Συμπόσιο) στα Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 43-66, Θεσσαλονίκη.

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. In D.Jorde & J. Dillon (Eds.), *The world handbook of science education – Handbook of research in Europe* (pp. 13–37). Rotterdam, Taipei: Sense.

Borges, A.T & Glibert, J. K. (1998). Models of magnetism. *International Journal of Science Education*, 20, 361-378.

Jones, M.G., Blonder, R., Gardner, G.E., Albe, V., Falvo, M. & Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, 35, 1490-1512.

Komorek, M. & Duit, R. (2004). The teaching experiment as a powerful method to develop and evaluate teaching and learning sequences in the domain of non-linear systems, *International Journal of Science Education*, 26, 619-633.

Miles, M. B. & Huberman, M. (1994). *Qualitative Data Analysis: A Sourcebook of New Methods*. 2d Edition. Beverly Hills, CA: Sage Publications

Sederberg, D. & Bryan, L.(2010) Magnetism as a size dependent property: A cognitive sequence for learning about magnetism as an introduction to nanoscale science for middle and high school students. *Proceedings of the International Conference of the Learning Sciences.* Chicago, IL: International Society of the Learning Sciences.

Stavrou, D., Michailidi, D., Sgouros, G. & Dimitriadi, K. (2015). Teaching high-school students nanoscience and nanotechnology. *LUMAT*, 3(4), 501-511.

Stevens, S., Sutherland, L., Krajcik, J., (2009). *The Big Ideas of Nanoscale Science and Engineering. A Guidebook for secondary teachers*, National Science Teachers Association

ΑΝΑΡΤΗΜΕΝΕΣ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ

SOLANUM TUBEROSUM ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Ελευθερία Αργυρού
Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Θήρας

Περίληψη

Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών η εισαγωγή και η κατανόηση εννοιών, διεργασιών και φαινομένων από τους μαθητές αποδεικνύονται αποδοτικότερες όταν πραγματοποιούνται μέσα από πειράματα. Με αυτό τον τρόπο οι μαθητές δεν είναι παθητικοί δέκτες, αντιθέτως συμμετέχουν ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία και την ανακάλυψη της γνώσης. Πολλές φορές για τη διεξαγωγή των εργαστηριακών ασκήσεων είναι θεμιτό και συχνά επιβεβλημένο να επιλέγονται απλά, και οικονομικά προσιτά υλικά. Στην παρούσα εργασία προτείνεται η χρήση κονδύλων πατάτας (*Solanum tuberosum*) στη διαθεματική διδασκαλία της Βιολογίας (φωτοσύνθεση, ανίχνευση αμύλου, θρεπτικό υλικό μικροοργανισμών, δράση ενζύμων), της Φυσικής (ηλεκτρικές πηγές, άνωση) και της Χημείας (ένζυμα, ώσμωση, οξειδοαναγωγή).

Abstract

Teaching Science in schools of Primary and Secondary Education involves the introduction of procedures and phenomena that are difficult to be conceived by the students. The use of experiments is undoubtedly a way of involving students in the educational process. Students get familiar with the scientific method and thinking and discover knowledge. Often the selection of simple and low-cost materials is ideal. In the present study we propose the use of potato (*Solanum tuberosum*) as a tissue that may be used in conducting experiments such as photosynthesis, enzyme function, electricity, osmosis and oxidation-reduction reactions.

1. Εισαγωγή

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, στις σχολικές μονάδες Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, γίνεται συχνά με τέτοιο τρόπο που οι μαθητές εγκλωβίζονται σε μια μη παραγωγική διαδικασία στείρας απομνημόνευσης εννοιών. Με αυτόν τον τρόπο, απειλείται ένας από τους σκοπούς της εκπαίδευσης που είναι η οικοδόμηση της κριτικής σκέψης των μαθητών, καθώς δεν εξασφαλίζεται η συμμετοχή τους στη διδακτική διαδικασία. Συγχρόνως, μειώνεται το ενδιαφέρον των μαθητών για την ενασχόληση με τις Φυσικές Επιστήμες (Κόκκοτας 2010).

Στο σύγχρονο σχολείο απαιτείται, επομένως, η αξιοποίηση μεθόδων και τεχνικών διερεύνησης και ανακάλυψης της γνώσης με τρόπο συνεργατικό, που βασίζεται ταυτόχρονα στην αυτενέργεια και την αυτορρύθμιση των μαθητών. Η εκπαίδευση χρειάζεται να ξεκινά από τον ίδιο το μαθητή και τα ενδιαφέροντά του και να οικοδομείται από αυτόν μέσα από την αυτόνομη επεξεργασία των εμπειριών του (Τσαπαρλής 2000).

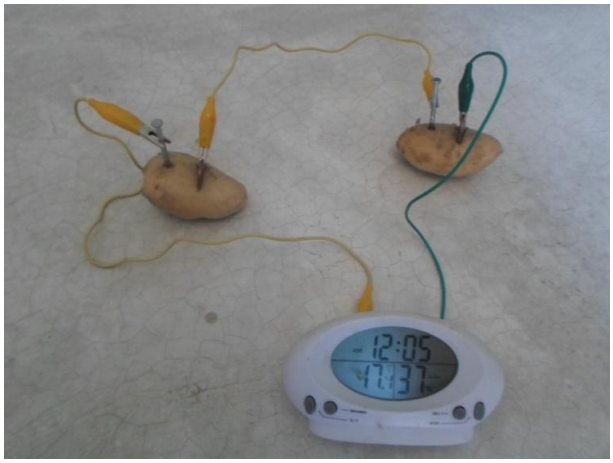
Η σπουδαιότητα της πειραματικής διδασκαλίας των μαθημάτων Φυσικών Επιστημών έχει αναγνωριστεί από πολύ παλιά. Οι μαθητές νιώθουν μεγάλη ικανοποίηση όταν κατακτούν τη γνώση πραγματοποιώντας οι ίδιοι πειράματα (Κόκκοτας 2010). Συμμετέχουν και αντιλαμβάνονται ευκολότερα τη σχέση της γνώσης που κατακτούν και τις εφαρμογές της στην

καθημερινή ζωή. Έτσι στην οικοδόμηση της γνώσης ακολουθείται η επιστημονική μέθοδος, δηλαδή η εκπαιδευτική διαδικασία εξελίσσεται από τον καθορισμό του προβλήματος, τη διατύπωση των υποθέσεων, τη συλλογή και την οργάνωση των πληροφοριών, τον έλεγχο των υποθέσεων και τη διατύπωση των τελικών συμπερασμάτων. Ιδιαίτερης σημασίας είναι τα απλά και φθηνά υλικά (π.χ. η πατάτα), η χρήση των οποίων προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών, καθώς αυτά προέρχονται από την καθημερινή τους ζωή, χωρίς όμως να διακινδυνεύεται η επιστημονική προσέγγιση των ερωτημάτων που διερευνώνται από τους μαθητές.
Επιπλέον, το πείραμα είναι δυνατό να εξυπηρετήσει και τους στόχους της συνεκπαίδευσης, κατά την οποία μαθητές με ειδικές μαθησιακές ανάγκες εντάσσονται στην κανονική τάξη του γενικού σχολείου (inclusive schools). Οι αρχές της ισοτιμίας και της ελεύθερης επιλογής μεταφράζονται αξιωματικά στο δικαίωμα των ατόμων αυτών να συμμετέχουν ισότιμα και χωρίς περιορισμούς σε όλες της μορφές της κοινωνικής ζωής, συμπεριλαμβανομένης και της εκπαίδευσης. Η πειραματική προσέγγιση των εννοιών μπορεί να συμβάλλει στη αποδοτικότερη και αποτελεσματικότερη συμμετοχή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία.

2. Μεθοδολογία

Οι κόνδυλοι της πατάτας αξιοποιούνται ως υλικό τόσο σε πειράματα επίδειξης, όσο και σε εργαστηριακές ασκήσεις που πραγματοποιούνται μετωπικά και απευθύνονται σε μαθητές της Πρωτοβάθμιας και της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.
Αναλυτικότερα, οι μαθητές της Ε΄ και της ΣΤ΄ τάξης του δημοτικού, διδάσκονται τη φωτοσύνθεση στο μάθημα των Φυσικών. Ένα από τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης είναι η γλυκόζη, την οποία τα φυτά αποθηκεύουν στους ιστούς τους με τη μορφή του αμύλου που είναι ένας πολυσακχαρίτης. Το άμυλο είναι δυνατόν να ανιχνευθεί από τους μαθητές σε φυτικούς ιστούς (π.χ. φύλλα) και διάφορες τροφές, όπως το αλεύρι και η πατάτα με χρήση του διαλύματος Lugol (διάλυμα Ιωδίου σε Ιωδιούχο κάλιο). Η εργαστηριακή άσκηση προτείνεται να πραγματοποιείται μετωπικά με τους μαθητές να εργάζονται σε ομάδες, με αξιοποίηση κατάλληλου φύλλου εργασίας.
Επίσης, στα πλαίσια της διδασκαλίας του ηλεκτρισμού και των ηλεκτρικών κυκλωμάτων στους μαθητές Δημοτικού και Γυμνασίου, η πατάτα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ώστε να κατασκευαστεί από τους ίδιους αυτοσχέδια μπαταρία. Απαιτούμενα υλικά είναι οι κόνδυλοι της πατάτας, κέρματα των 5 λεπτών (χαλκός), καρφιά (ψευδάργυρος), καλώδια, λάμπες LED ή μικρό ρολόι-ξυπνητήρι. Η διάταξη φαίνεται στην Εικόνα 1. Σε κάθε κόνδυλο πατάτας τοποθετείται ένα κέρμα και ένα καρφί. Με τα καλώδια συνδέονται κατά σειρά: το ένα κέρμα με το έναν ακροδέκτη του ρολογιού, το καρφί της ίδιας πατάτας με το κέρμα της δεύτερης και το καρφί του δεύτερου κονδύλου με τον άλλο ακροδέκτη του ρολογιού. Το χάλκινο κέρμα ανάγεται (θετικός πόλος) και ο ψευδάργυρος οξειδώνεται (αρνητικός πόλος) χωρίς όμως να προτείνεται η εξήγηση του φαινομένου μέσω των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων που συμβαίνουν. Από την άλλη, η ίδια διάταξη μπορεί να αποτελέσει το έναυσμα για την εισαγωγή και τη διδασκαλία των οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων σε μαθητές της Γ΄ τάξης Λυκείου.

Εικόνα 1: Οι κόνδυλοι της πατάτας ως αυτοσχέδιες μπαταρίες, συνδεδεμένες σε σειρά.

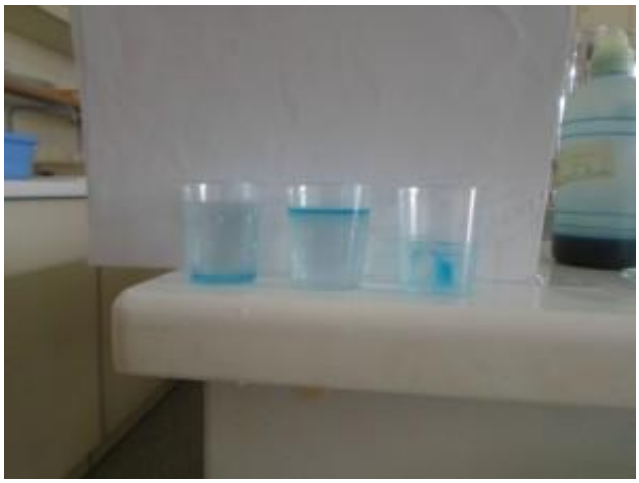


Επιπροσθέτως, η πατάτα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη διδασκαλία της ενότητας που αναφέρεται στη δράση των ενζύμων, στη Βιολογία της Β΄ τάξης Λυκείου, καθώς στους κονδύλους περιέχεται το ένζυμο καταλάση.
Οι κόνδυλοι της πατάτας μπορούν να αξιοποιηθούν, επίσης, στην πειραματική διδασκαλία του φαινομένου της ώσμωσης με τη μέθοδο Chardakov. Το πείραμα για τη μελέτη της ώσμωσης, αποτέλεσε κριτήριο αξιολόγησης 144 μαθητών που συμμετείχαν στον Πανελλήνιο διαγωνισμό πειραμάτων EUSO 2014. Οι μαθητές εργάστηκαν σε τριμελείς ομάδες και ολοκλήρωσαν την εργαστηριακή άσκηση, αφού παρατήρησαν τις μεταβολές στην πυκνότητα του διαλύματος (Εικόνα 4) μέσα στο οποίο επωάστηκαν κύλινδροι κονδύλων πατάτας (Εικόνα 2 και 3). Συμπλήρωσαν φύλλο εργασίας το οποίο περιείχε πίνακα καταγραφής των παρατηρούμενων αλλαγών και απάντησαν σε ερωτήσεις ανοιχτού τύπου (βλέπε ενδεικτικό φύλλο εργασίας).

Εικόνα 2: Κόνδυλος πατάτας και φελλοτρυπητήρας

Εικόνα 3: Επώαση των κυλίνδρων πατάτας σε μπλε του μεθυλενίου.

Εικόνα 4: Άνωση και πυκνότητα



3. Αποτελέσματα

Ενδεικτικά, καταγράφουμε τα αποτελέσματα από τη μελέτη του φαινομένου της ώσμωσης με τη χρήση κονδύλων πατάτας. Το φαινόμενο διδάσκεται στα πλαίσια του μαθήματος της Βιολογίας της Β΄ τάξης Λυκείου. Τα αποτελέσματα προέρχονται από την αξιολόγηση μαθητών σε συμμετοχή τους σε Πανελλήνιο διαγωνισμό πειραμάτων.
Οι μαθητές ανταποκρίθηκαν ικανοποιητικά και οι βαθμολογίες των ομάδων μετά την αξιολόγηση φάνηκε να ακολουθούν μια κανονική κατανομή. Η πατάτα είναι ένα υλικό που προέρχεται από την καθημερινότητα των μαθητών και αυτό τους δίνει την ασφάλεια της ενασχόλησης με κάτι οικείο, με αποτέλεσμα να προχωρούν με περισσότερη σιγουριά στη διεξαγωγή του πειράματος.
Οι μαθητές ακολούθησαν τις οδηγίες που ήταν καταγεγραμμένες σε φύλλο εργασίας και πραγματοποίησαν το πείραμα, χωρίς να είναι πρόβλημα ο διαθέσιμος χρόνος. Κατέγραψαν τις παρατηρήσεις τους σε πίνακα, κατάλληλα ενσωματωμένο, στο φύλλο εργασίας. Κατάφεραν να εξηγήσουν τις παρατηρήσεις τους ως ένα βαθμό, ενώ σε αρκετές από τις περιπτώσεις δεν

μπόρεσαν να γενικεύσουν τα συμπεράσματά τους σε σχέση με το φαινόμενο της ώσμωσης. Αυτό πιθανώς αποδίδεται στο γεγονός ότι η πειραματική προσέγγιση του φαινομένου, λόγω της διαθεματικότητάς της, απαιτούσε την προαπαιτούμενη κατανόηση των εννοιών της πυκνότητας και της άνωσης, με τις οποίες οι μαθητές φάνηκε να μην είναι εξοικειωμένοι.
Επίσης, καταγράφεται η δυσκολία των μαθητών να προτείνουν ένα δικό τους πείραμα με το οποίο να μελετάται η διάχυση ιόντων, στοιχείο που υποδεικνύει ότι δεν είναι εκπαιδευμένοι να διατυπώνουν υποθέσεις και να τις ελέγχουν, αλλά και να γενικεύουν τα συμπεράσματά τους.

4. Συμπεράσματα

Τα παραπάνω προτεινόμενα πειράματα είναι συμβατά με τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και τις γενικές επιδιώξεις και στόχους τους.
Από τα αποτελέσματα της πραγματοποίησης της εργαστηριακής άσκησης μελέτης της ώσμωσης, με τη χρήση των κονδύλων της πατάτας, συμπεραίνεται ότι οι μαθητές ανταποκρίνονται καλά με διατάξεις στις οποίες ο έλεγχος υποθέσεων γίνεται με απλά υλικά που προέρχονται από την καθημερινή ζωή. Τέτοιου είδους προσεγγίσεις συμβάλλουν στη σύνδεση της επιστήμης με την καθημερινή ζωή, αλλά και γενικότερα στο άνοιγμα του σχολείου στην κοινωνία. Δίνεται το έναυσμα για την κατάκτηση της γνώσης ώστε οι μαθητές να μπορούν να λύνουν προβλήματα και να εξηγούν φαινόμενα στην καθημερινή ζωή.
Για άλλη μια φορά αποδεικνύεται ότι το πείραμα παρακινεί τους μαθητές και αποτελεί ένα εξαιρετικό εργαλείο μάθησης, με την αξιοποίηση απλών υλικών για τη διεξαγωγή πειραμάτων και τη δημιουργία αυτοσχέδιων κατασκευών από τους ίδιους τους μαθητές.

5. Βιβλιογραφία

Καψάλης, Α., Μπουρμπουχάκης, Ι., Περάκη, Β. και Σαλαμαστράκης, Σ. Βιολογία Γενικής Παιδείας Β' Λυκείου, Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Πολιτισμού και Αθλητισμού, εκδόσεις Ι.Τ.Υ.Ε. Διόφαντος.

Κόκκοτας Β. (2010) Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Τόμος Β΄. Αθήνα. Εκδόσεις Γρηγόρη.

Τσαπαρλής, Γ. (2000). Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Διδακτική της Χημείας. ΔιΧηΝΕΤ, Ιωάννινα.

6. Παράρτημα: Ενδεικτικό Φύλλο εργασίας

Μελέτη του φαινομένου της ώσμωσης σε κόνδυλο πατάτας (Solanum tuberosum).
Το φαινόμενο της ώσμωσης μπορεί να εκτιμηθεί ποιοτικά με μια σειρά μεθόδων. Αντί του προσδιορισμού του βάρους ή του μεγέθους του ιστού, που βυθίζεται σε διαλύματα διαφορετικής συγκέντρωσης, μπορεί να γίνει προσδιορισμός της αλλαγής της *πυκνότητας* του εξωτερικού διαλύματος, του διαλύματος δηλαδή που επωάζονται οι ιστοί (μέθοδος Chardakov).
Αυτή η μέθοδος θα εφαρμοσθεί στην εργαστηριακή άσκηση.
Στην άσκηση αυτή θα γίνει προσδιορισμός ισοτονικών, υποτονικών και υπερτονικών διαλυμάτων με ιστό κονδύλου πατάτας, με την χρήση διαλυμάτων διαβαθμισμένης συγκέντρωσης σακχαρόζης.

Πειραματική διαδικασία

1. Σας δίνονται τέσσερις δοκιμαστικοί σωλήνες που περιέχουν διαλύματα σακχαρόζης με συγκεντρώσεις 0,05M, 0,1M, 0,3M,και 0,4M.
2. Προσθέστε σε κάθε δοκιμαστικό σωλήνα 2 κυλίνδρους πατάτας.
3. Αφήστε τα διαλύματα σακχαρόζης να εξισορροπηθούν με τον ιστό πατάτας για 30 λεπτά.
4. Σε μία δεύτερη σειρά 4 δοκιμαστικών σωλήνων μικρού μεγέθους προσθέστε 15 ml από τα αντίστοιχα αρχικά διαλύματα στα οποία δεν έχουν επωαστεί κόνδυλοι.
5. Μετά την παρέλευση του χρόνου εξισορρόπησης, σε κάθε ένα από τους σωλήνες που είχαν τους ιστούς πατάτας, προσθέστε μια σταγόνα χρωστικής μπλε του μεθυλενίου και ανακινείστε καλά.
6. Στη συνέχεια, με πιπέττα Pasteur πάρτε μικρή ποσότητα από το έγχρωμο διάλυμα εξισορρόπησης συγκέντρωσης 0,05M και τοποθετείστε προσεκτικά *μία* έγχρωμη σταγόνα στο μέσο του *μικρού δοκιμαστικού σωλήνα* με το αντίστοιχο διάλυμα (όπως φαίνεται στην εικόνα 5) και παρατηρείστε προσεκτικά την κίνησή της. Αν δυσκολευτείτε στην παρατήρηση επαναλάβατε τη ρίψη της σταγόνας, το πολύ τρεις φορές.
7. Επαναλάβετε την ίδια διαδικασία με τα υπόλοιπα τρία διαλύματα δηλ. για κάθε ένα από τα διαλύματα 0,1M, 0,3M, 0,4M.
8. Συμπληρώστε τον *πίνακα 1* του φύλλου εργασίας.

Εικόνα 5: Τρόπος τοποθέτησης σταγόνας στη μέθοδο Kardakov.

Πίνακας 1: Καταγραφή της κίνησης της σταγόνας του διαλύματος σακχαρόζης μέσα στο οποίο έχουν επωαστεί οι κύλινδροι των κονδύλων της πατάτας.

Συγκέντρωση Διαλύματος σακχαρόζης	Κίνηση σταγόνας			Ισοτονικό – Υποτονικό – Υπερτονικό Διάλυμα
	Ανεβαίνει	Κατεβαίνει	Ισορροπεί	
0,05 M				
0,1 M				
0,3 M				
0.4 M				

9. Εξηγήστε την κίνηση της έγχρωμης σταγόνας σε κάθε σωλήνα.

……
……
……

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΕΠΙΤΕΥΞΗΣ ΣΤΟΧΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νεκτάριος Μήλιος[1], Δέσποινα Σταμπάκη-Χατζηπαναγιώτη[2]

[1] Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2] Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα έχει ως σκοπό να διερευνηθεί ο βαθμός επίτευξης στόχων που αφορούν την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και την Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα. Για το σκοπό αυτό διαμορφώθηκε και εφαρμόστηκε ερωτηματολόγιο σε 363 μαθητές Γυμνασίων και Λυκείων. Οι ερωτήσεις που διατυπώθηκαν στηρίχτηκαν κυρίως σε θέματα που εντοπίστηκαν μετά τη διεξοδική διερεύνηση όλων των σχολικών βιβλίων πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και εξετάζουν ευρύτατο φάσμα των ζητούμενων στόχων. Από την εξέταση των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι ο βαθμός επίτευξης τους δεν είναι ιδιαίτερα υψηλός. Η διαπίστωση αυτή αποτελεί χρήσιμο προς αξιοποίηση εργαλείο στη διαμόρφωση νέων προγραμμάτων σπουδών.

Abstract

This research aims to investigate the degree of achievement of targets for Environmental Education and Education for Sustainable Development in Secondary Education in Greece. For this purpose was formed and applied a questionnaire to 363 high school students. The questions asked were based mainly on issues identified after a thorough investigation of all textbooks of primary and secondary education and considering a broad range of the required objectives. Examination of the results shows that the degree of achievement is not particularly high. This finding is a useful tool to use in developing new curricula.

1. Εισαγωγή

Τα σύγχρονα αναλυτικά προγράμματα των φυσικών επιστημών θα πρέπει να διαθέτουν ένα σημαντικό μέρος των στόχων τους για θέματα που σχετίζονται με το περιβάλλον, προσπαθώντας με την επίτευξη τους να συμβάλλουν τελικά προς μία κατεύθυνση εκπαίδευσης προς την Αειφόρο Ανάπτυξη.

Στα σύγχρονα αναλυτικά προγράμματα υπάρχουν τέτοιοι στόχοι, οι οποίοι επί το πλείστον άπτονται του γνωστικού τομέα της κατά Bloom ταξινομίας.(Τσαπαρλής 2000)

Οι στόχοι που αφορούν τον συναισθηματικό και ψυχοκινητικό τομέα, οι οποίοι μάλιστα είναι πολύ σημαντικοί στην Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη (UNESCO 2005) καθώς σχετίζονται με τη διαμόρφωση δεξιοτήτων (Aase 2008) είναι πιο περιορισμένοι και συνδέονται συνήθως με την υποβολή των εκπαιδευομένων σε ερεθίσματα ενασχόλησης με σχετικές με αυτούς τους στόχους, δραστηριότητες.

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Στα ελληνικά αναλυτικά προγράμματα συναντώνται τέτοιοι στόχοι σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης και κυρίως σε μαθήματα όπως: Μελέτη Περιβάλλοντος, Χημεία, Βιολογία, Φυσική, Οικιακή Οικονομία, Γεωγραφία, Τεχνολογία.
Ο προβληματισμός όμως, ο οποίος οδήγησε στη διεξαγωγή αυτής της έρευνας, ήταν κατά πόσο οι στόχοι αυτοί επιτυγχάνονται τελικά. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με χρήση ερωτηματολογίων σε 363 μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου. Οι 27 ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν βασίστηκαν στα ζητούμενα μεγάλου φάσματος των εξεταζόμενων στόχων. Οι στόχοι είχαν προηγουμένως εντοπιστεί και ομαδοποιηθεί κατάλληλα, ώστε να μπορούν να εξεταστούν σε όσο γίνεται καλύτερο ποσοστό. Ομαδοποιήθηκαν κατάλληλα και οι θεματικές ενότητες, αλλά και οι δραστηριότητες, που τα αναλυτικά προγράμματα των σχετικών επιστημονικών αντικειμένων, εξετάζουν.
Το ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε αφού πρώτα ερευνήθηκε το σύνολο των σχολικών βιβλίων πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και η επιλογή των θεμάτων αναφέρεται, κατά το μεγαλύτερο ποσοστό, σε ενότητες, θέματα, φύλλα εργασιών, δραστηριότητες κτλ που εμπεριέχονται σε αυτά. Ερευνήθηκαν επίσης και τα 'βιβλία για το δάσκαλο' και 'βιβλία για τον καθηγητή, και οι κατευθύνσεις που εκεί προτείνονται για την επίτευξη των στόχων των αναλυτικών προγραμμάτων.

3. Αποτελέσματα

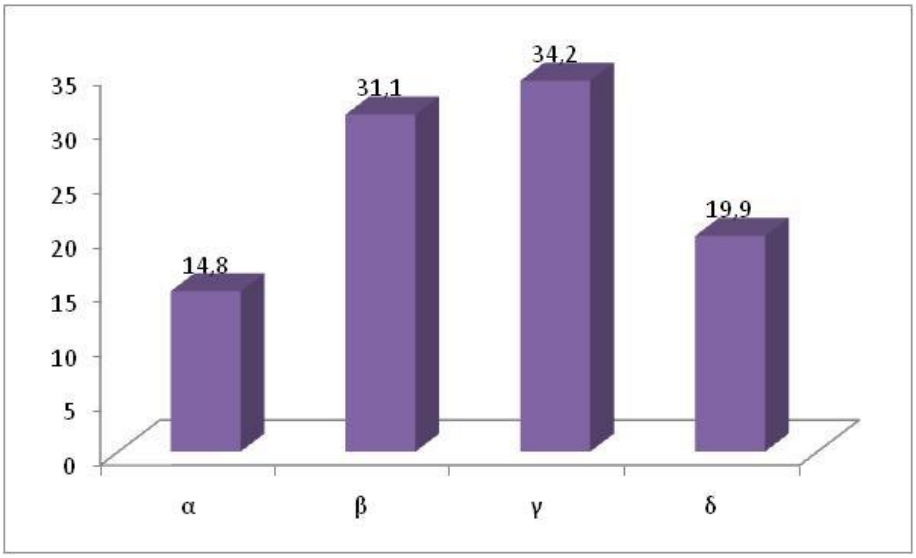
Η εξέταση των αποτελεσμάτων της έρευνας οδηγεί στη διαπίστωση πως η πλειοψηφία των επιδιωκόμενων στόχων δεν φαίνεται να επιτυγχάνεται σε υψηλό βαθμό.
Ενδεικτικά, αναφέρονται τα αποτελέσματα για 3 ερωτήσεις.

Ι) το πόσιμο νερό στον πλανήτη μας είναι περίπου:

α) 8% β) 3% γ) 15% δ) 62%

Από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκύπτει ότι το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος θεωρεί ότι το πόσιμο νερό του πλανήτη μας είναι μεγαλύτερο του πραγματικού.

Πίνακας 1: Ποσοστά απαντήσεων για την ερώτηση Ι

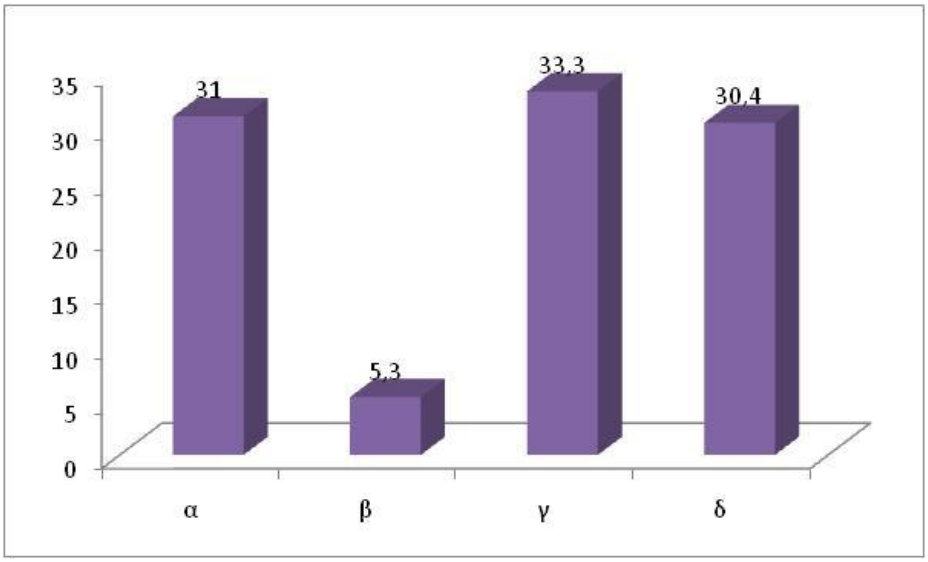


Αξίζει να σημειωθεί ότι παρά το γεγονός ότι το ποσοστό του πόσιμου νερού (με βάση τις επιλογές και το εύρος μεταξύ αυτών των επιλογών, που προσφέρθηκαν ως εναλλακτικές απαντήσεις της ερώτησης) δεν αποτέλεσε ακριβές ποσοτικό ζητούμενο, αλλά ουσιαστικά ζητήθηκε προσεγγιστικά και μάλιστα με ανοδική του πραγματικού τάση, το δείγμα όχι μόνο δεν απάντησε σωστά αλλά έδωσε σε πολύ μεγάλο ποσοστό τις λανθασμένες απαντήσεις που έδιναν στο πόσιμο νερό τα μεγαλύτερα δυνατά ποσοστά.(επιλογές 15% και 62%).
Η επιλογή μάλιστα του 62% την οποία επέλεξε το 19,9% του δείγματος οδηγεί πιθανότατα στη χρήσιμη διαπίστωση-εξήγηση ότι υπήρξε παρανόηση μεταξύ του όρου πόσιμου νερού και τάξης μεγέθους νερού που περιέχει ένας οργανισμός στη σύσταση του. Η κυρίαρχη όμως απάντηση του 34,2% του δείγματος ότι το πόσιμο νερό είναι 15% στον πλανήτη μας, σε συνδυασμό με το μόλις 31,1% του δείγματος που απάντησε σωστά, παρά και την σχετική ανοχή στην ακρίβεια ποσοστού που προσφέρθηκε στις εναλλακτικές για τον λόγο που εξηγήθηκε παραπάνω, οδηγούν σε αδιαμφισβήτητη αποτυχία επίτευξης των ανάλογων στόχων των αναλυτικών προγραμμάτων.

ΙΙ) Ποιό από τα παρακάτω εργοστάσια ρυπαίνει περισσότερο το περιβάλλον;

α) το ατμοηλεκτρικό β) το υδροηλεκτρικό γ) και τα δυο ρυπαίνουν περίπου το ίδιο δ) κανένα από τα δύο συγκεκριμένα εργοστάσια δεν προκαλεί προβλήματα ρύπανσης

Πίνακας 2: Ποσοστά απαντήσεων για την ερώτηση ΙΙ

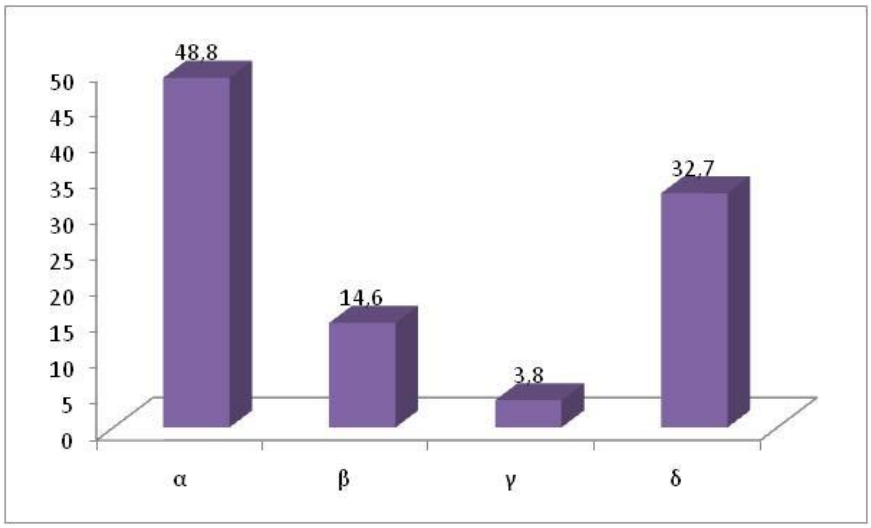


Και σε αυτή την ερώτηση οι στόχοι δεν επιτυγχάνονται. Μόλις το 31% του δείγματος δίνει την σωστή απάντηση, ενώ οι λανθασμένες απαντήσεις μοιράζονται στο 'δίλημμα' ότι τα δύο συγκεκριμένα είδη εργοστασίων ρυπαίνουν το ίδιο ή δεν ρυπαίνουν καθόλου. Πρέπει επίσης να σημειωθεί πως το συγκεκριμένο ζήτημα θα έπρεπε να είναι αρκετά οικείο στο δείγμα καθώς 'εμφανίζεται' στη στοχοθεσία και διδακτέα ύλη πολλών σχολικών τάξεων. Το μόνο θετικό στοιχείο ως προς την συμπεριφορά του δείγματος είναι ότι μόλις 5,3% αυτού θεωρεί το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο ως εξαιρετικά ρυπογόνο.

ΙΙΙ) Το κύριο συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα είναι:

α) το οξυγόνο β) το διοξείδιο του άνθρακα γ) το υδρογόνο δ) το άζωτο

Πίνακας 3: Ποσοστά απαντήσεων για την ερώτηση ΙΙΙ



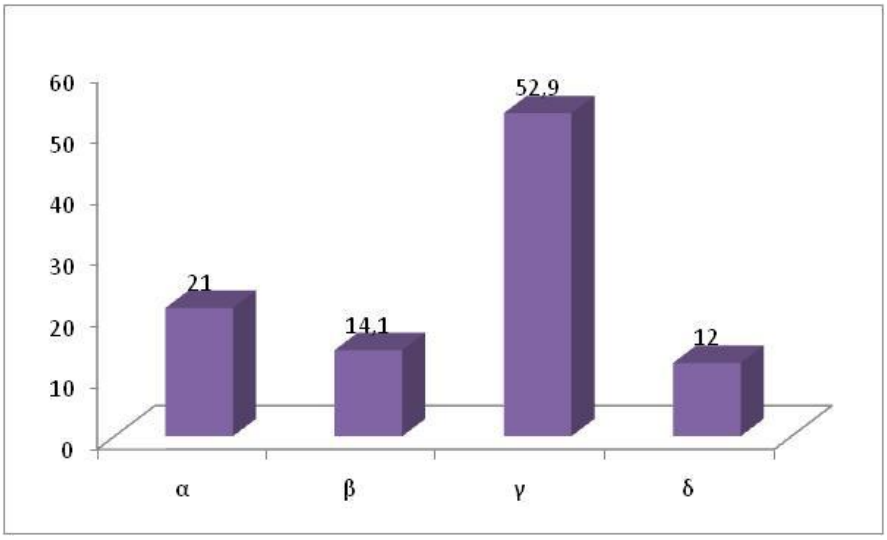
Το δείγμα δίνει την σωστή απάντηση σε μέτριο ποσοστό (32,7%).Η παρανόηση εδώ του δείγματος που έχει διαπιστωθεί και σε αντίστοιχες έρευνες επιβεβαιώνεται εκ νέου.(Μήλιος & Σταμπάκη-Χατζηπαναγιώτη 2003)
Το δείγμα κατανοώντας την σημασία του οξυγόνου για τη ζωή, την συγχέει και συσχετίζει με μεγάλα ποσοστά στον αέρα του πλανήτη μας. Το 48,8% επέλεξε την απάντηση 'οξυγόνο' και όχι 'άζωτο'.
Το μεγάλο ποσοστό του αζώτου στον ατμοσφαιρικό αέρα καθώς και η σημασία του δεν τονίζεται, είναι αλήθεια, σε μεγάλο βαθμό στα αντίστοιχα μαθήματα, κάτι το οποίο όπως και πάλι επιβεβαιώνεται οδηγεί σε λανθασμένες απαντήσεις.

IV) Οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών που ζουν στο δάσος του Αμαζονίου περιγράφονται καλύτερα με:

α) τα τροφικά πλέγματα β) τους αβιοτικούς παράγοντες του οικοσυστήματος

γ) τις τροφικές αλυσίδες δ) εξαρτάται από τον συνολικό αριθμό των οργανισμών

Πίνακας 4: Ποσοστά απαντήσεων για την ερώτηση IV



Η ερώτηση δεν μπορεί να θεωρηθεί δύσκολη καθώς η σχετική ορολογία προτείνεται στη στοχοθεσία ακόμα και της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.
Το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος (52,9%) απαντά λανθασμένα, θεωρώντας ότι ένα ευρύ οικοσύστημα περιγράφεται καλύτερα με τις τροφικές αλυσίδες. Ο όρος 'τροφικά πλέγματα' και η διαφορά του από τον όρο 'τροφική αλυσίδα' φαίνεται οικεία μόνο στο 21% του δείγματος που απάντησε σωστά.
Κάτι τέτοιο είναι σε κάποιο βαθμό αναμενόμενο καθώς από τη διερεύνηση του σχετικού υλικού προκύπτει μία άνιση αντιμετώπιση των 2 όρων, με τον όρο 'τροφική αλυσίδα' να χρησιμοποιείται πολύ περισσότερες φορές σε βάρος του όρου 'τροφικό πλέγμα'. Η απλότητα του όρου 'τροφική αλυσίδα' μπορεί να είναι πιο εύληπτη στο δείγμα όμως δυστυχώς τα αποτελέσματα δεν είναι τα επιθυμητά και χρήζουν σημαντικής βελτίωσης καθώς φαίνεται να οδηγούν σε ημιμάθεια.

V) Για τα παρακάτω ζώα, να σημειώσετε Ν (ΝΑΙ) ή Ο (ΟΧΙ) ανάλογα με το αν το συγκεκριμένο ζώο κινδυνεύει με εξαφάνιση στην Ελλάδα:

α) χελώνα καρέτα – καρέτα Ν / Ο

β) τσακάλι Ν / Ο

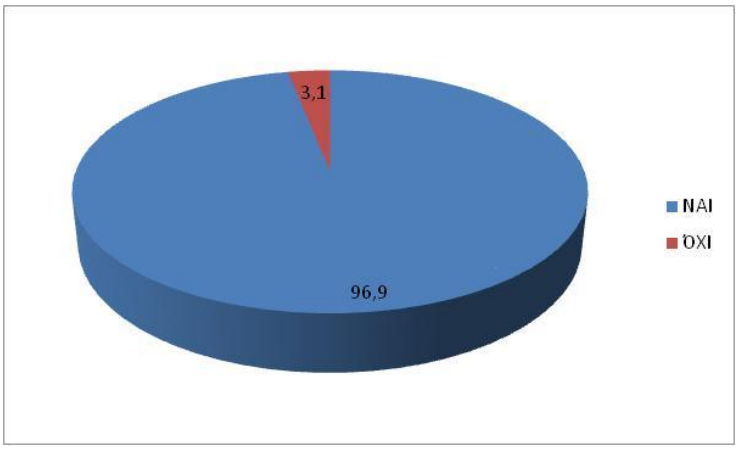
γ) καφέ αρκούδα Ν / Ο

δ) αγριοκάτσικο Ν / Ο

ε) λύκος Ν / Ο

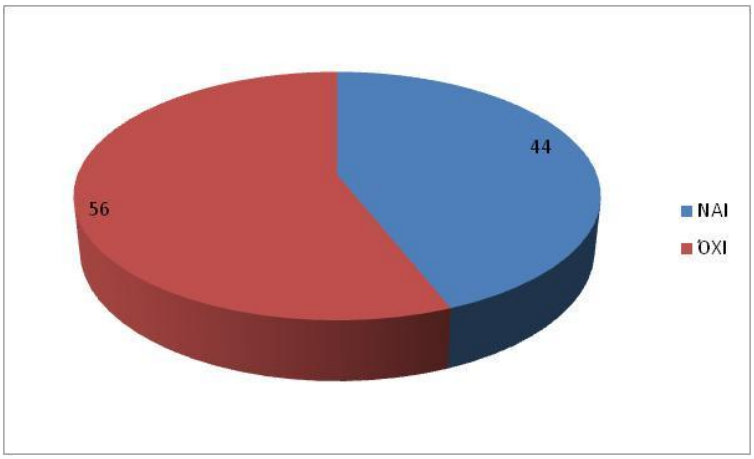
Πρόκειται για μία ομάδα ερωτήσεων που σχετίζεται με την οικολογία και συγκεκριμένα με απειλούμενα είδη ζώων στην Ελλάδα.
Η προσέγγιση συμπερασμάτων γίνεται ποιοτικά καθώς πρόκειται για ερωτήσεις διαζευκτικής απάντησης.
Στην ερώτηση V(α) το δείγμα απαντά, με απόλυτη, συντριπτική πλειοψηφία (96,9%), σωστά.

Πίνακας 5: Ποσοστά απαντήσεων για την ερώτηση V(α)



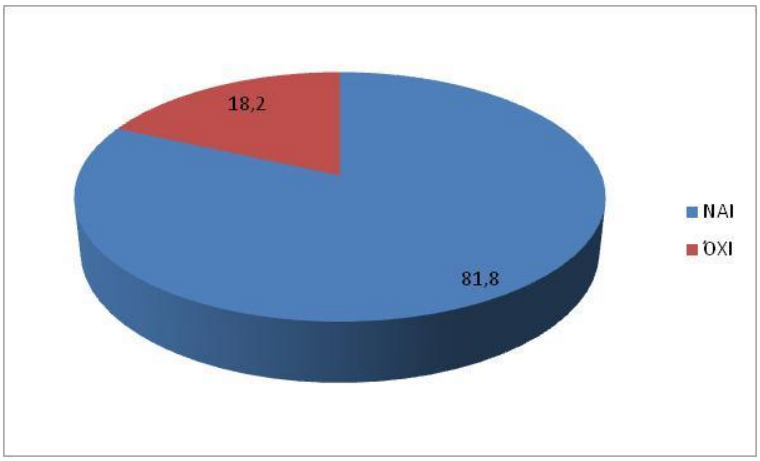
Κάτι τέτοιο ήταν αναμενόμενο καθώς υπάρχει αρκετή πληροφόρηση σχετικά με το συγκεκριμένο ζώο και από τη σχολική αλλά και από τις άλλες πηγές εκτός της σχολικής καθημερινότητας.
Τα αποτελέσματα όμως δεν είναι το ίδιο ενθαρρυντικά σε όλες τις υποερωτήσεις της V.
Στην ερώτηση V(β), μόνο το 44% δίνει την σωστή απάντηση,

Πίνακας 6: Ποσοστά απαντήσεων για την ερώτηση V(β)



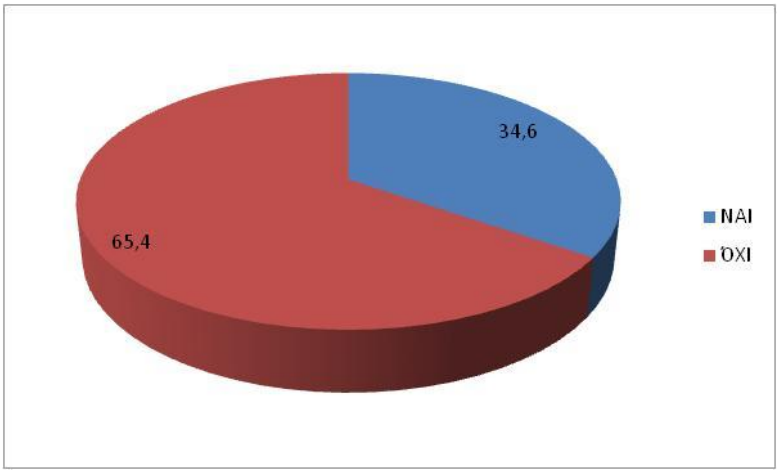
Στην ερώτηση V(γ), το πολύ καλό ποσοστό του 81,8% δίνει την σωστή απάντηση,

Πίνακας 7: Ποσοστά απαντήσεων για την ερώτηση V(γ)



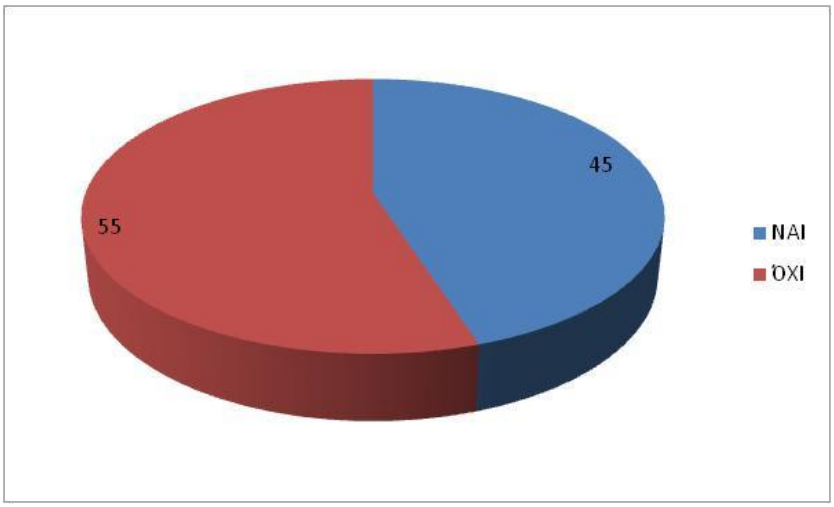
Στην ερώτηση V(δ), μόλις το 34,6% δίνει την σωστή απάντηση,

Πίνακας 8: Ποσοστά απαντήσεων για την ερώτηση V(δ)



Στην ερώτηση V(ε), και πάλι η μειοψηφία του δείγματος (45%) δίνει την σωστή απάντηση,

Πίνακας 9: Ποσοστά απαντήσεων για την ερώτηση V(ε)



Φαίνεται λοιπόν ότι το δείγμα απάντησε σωστά μόνο εκεί που υπάρχει και επιπλέον πληροφόρηση από άλλα μέσα εκτός της σχολικής εμπειρίας. Κάτι τέτοιο δεν θα έπρεπε να συμβεί σε τέτοιο βαθμό, καθώς το συγκεκριμένο θέμα αποτελεί στόχο πολλών αντικειμένων κατά τη διάρκεια ιδιαίτερα της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, με όχι όπως φαίνεται τα επιθυμητά αποτελέσματα. Είναι βέβαια πολύ σημαντική η αξιοποίηση και των άλλων πηγών, θα αναμένονταν όμως καλύτερα αποτελέσματα.
Αυτό που απαιτείται είναι εποικοδομητικός συνδυασμός όλων των πληροφοριών με ιδιαίτερα όμως κρίσιμο το ρόλο της σχολικής εκπαίδευσης, γενικά. αλλά και ακόμη περισσότερο για τις υπό συνεχή διαμόρφωση προσωπικότητες των μικρών ηλικιακά μαθητών.
Χαρακτηριστική είναι η διασταύρωση των αποτελεσμάτων των ερωτήσεων V(β),V(δ) και V(ε).Αυτές οι 3 ερωτήσεις συγκέντρωσαν τα χαμηλότερα ποσοστά των σωστών απαντήσεων ενώ από τη διασταύρωση φαίνεται ότι μόλις το 7,8 % του δείγματος έδωσε και στις 3 την σωστή απάντηση. Αυτό το γεγονός δείχνει ότι οι ζητούμενοι στόχοι των αναλυτικών προγραμμάτων και σε αυτή την περίπτωση δεν ικανοποιούνται.

4. Συμπεράσματα

Ο εντοπισμός και οργάνωση αυτών των στόχων, των θεματικών ενοτήτων και των σχετικών δραστηριοτήτων και μάλιστα από διαφορετικές επιστήμες, αποτελεί χρήσιμο εργαλείο, στην εποχή μάλιστα που πραγματοποιούνται αλλαγές στο εκπαιδευτικό σύστημα.
Ακόμη όμως σημαντικότερη, είναι η αξιοποίηση των ευρημάτων της έρευνας σχετικά με το κατά πόσο επιτυγχάνονται πρακτικά οι ζητούμενοι στόχοι, με τα ευρήματα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία-οδηγοί στη διαμόρφωση νέων προγραμμάτων σπουδών.
Η κατάλληλα οργανωμένη αλλά και ταυτόχρονα πρακτικά εφαρμόσιμη σκοποθεσία και στοχοθεσία αποτελεί πολύ βασικό συστατικό επιτυχίας της σύνθετης συνταγής μετατροπής της ‘αρκετά στατικής’ Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στην ‘εξαιρετικά δυναμική’ Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη.

5. Βιβλιογραφία

Μήλιος Ν. & Σταμπάκη-Χατζηπαναγιώτη Δ. (2003). *Διερεύνηση του βαθμού επίτευξης των στόχων του Αναλυτικού Προγράμματος Χημείας στο Λύκειο*. Ανακοίνωση στο 13° επιμορφωτικό σεμινάριο Διδακτικής της Χημείας, Αθήνα.

Τσαπαρλής Γ. (επιμελητής εκδόσεως) (2000). Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Διδακτική της Χημείας, Θέματα σε Μεταπτυχιακό επίπεδο.

Ψηφιακό Σχολείο, Ηλεκτρονική διεύθυνση http://dschool.edu.gr (σχολικά βιβλία, ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα-ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ, οδηγοί για τον εκπαιδευτικό, υπουργικές αποφάσεις).

Aase M.(2008). *Industry in Telemark* - Course for Teacher Students, Practical Pedagogical Education. Competencies for ESD-teachers.Framework to integrate ESD in the curriculum of teacher training institutes. Handbook of EU - COMENIUS II - Projektes CSCT, Brüssels.

UNESCO.(2005) .United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014): International Implementation Scheme.

ΟΙ ΚΟΙΝΟΤΗΤΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΖΟΥΝ ΚΑΙ ΥΛΟΠΟΙΟΥΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΕΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ-ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Νίκος Μαντρατζής[1], Υβόνη Μπάρα[1], Μαρία Πετσίβα[1],
Ευαγγελία Σερμπίνη[2], Λεωνίδας Μάνου[3], Άννα Σπύρτου[3]

[1]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[3]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Στην αναρτημένη αυτή εργασία περιγράφεται η αλληλεπίδραση τεσσάρων εκπαιδευτικών και ερευνητών της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, στο πλαίσιο μιας κοινότητας μάθησης. Έμφαση δίνεται στη συνεργασία που αναπτύσσεται μεταξύ τους για την ανάπτυξη, την εφαρμογή και αξιολόγηση μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας. Ο ερευνητικός προβληματισμός εντάσσεται στην ευρύτερη θεματική, «οι κοινότητες μάθησης δημιουργούν εκπαιδευτικές καινοτομίες». Στην περίπτωση αυτή, η εισαγωγή του περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ) στο δημοτικό σχολείο, αποτελεί καινοτομικό χαρακτηριστικό.

Abstract

This poster describes the interaction among four primary teachers and science education researchers within the context of a learning community. We focus on the collaboration between all the members of the community in order to develop, implement and evaluate a Teaching Learning Sequence. The research consideration is part of a broad open issue: "learning communities create educational innovation". In this case, the educational innovation is the introduction of the Nanoscience-Nanotechnology content in Primary Education.

1. Εισαγωγή

Η Ν-ΕΤ ερευνά τα φαινόμενα και τις ιδιότητες των υλικών στην κλίμακα του νάνο, με σκοπό τη δημιουργία νέων προϊόντων ώστε να προκύψουν καινοτόμες εφαρμογές. Αυτές οι εφαρμογές είναι τόσο ευρείες, που καλύπτουν ένα φάσμα από την καθημερινή ζωή (π.χ. οδοντόκρεμες) μέχρι και το διάστημα (π.χ. δορυφόροι) (Jones et al. 2013, Murty et al. 2013).
Η εισαγωγή των εφαρμογών αυτών στην εκπαίδευση, υποστηρίζεται ότι έχει την δυναμική να κινητοποιήσει την φαντασία των μαθητών και να τους προκαλέσει το ενδιαφέρον για να επιλέξουν επαγγέλματα σχετικά με την επιστήμη και την τεχνολογία (Jones et al. 2013). Έτσι, η μάθηση του περιεχομένου της Ν-ΕΤ φαίνεται ότι αποτελεί τη νέα πρόκληση στο ερευνητικό πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) στις αρχές του 21ου αι.
Επιπλέον, οι κοινότητες μάθησης θεωρούνται ως ένας από τους νέους προσανατολισμούς της Διδακτικής του 21ου αι. (Δημητριάδου 2016). Εστιάζονται σε διαδικασίες στις οποίες εμπλέκονται

διαφορετικοί πόλοι, όπως είναι μαθητές, εκπαιδευτικοί, ερευνητές της εκπαίδευσης, σχολικοί σύμβουλοι, επαγγελματίες, επιστήμονες κ.λπ. Στο πλαίσιό τους δημιουργούνται συνθήκες αναστοχασμού, οι οποίες μπορούν να επιφέρουν ουσιαστικές αλλαγές στις αντιλήψεις, στις πρακτικές, στην αυτοεκτίμηση κ.α. των συμμετεχόντων, π.χ. στην περίπτωση των εκπαιδευτικών μπορούν να συμβάλλουν στην επαγγελματική τους ανάπτυξη (Cherrington & Thornton 2013, Δημητριάδου 2016).

Επιπλέον, η συμμετοχή των εκπαιδευτικών σε κοινότητες μάθησης μπορεί να λειτουργήσει ως όχημα για την «αλλαγή» των εκπαιδευτικών του 21ου αιώνα (Clarke & Hollingsworth 2002). Μάλιστα, υποστηρίζεται ότι το κεντρικό σημείο των σημερινών προσπαθειών επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών ευθυγραμμίζεται περισσότερο με την προοπτική συμμετοχής στις κοινότητες μάθησής. Με αυτή την προοπτική, η αλλαγή αντιμετωπίζεται με ευχαρίστηση από την πλευρά των εκπαιδευτικών και θεωρείται ως φυσικό και αναμενόμενο στοιχείο της επαγγελματικής δραστηριότητάς τους. Πάνω σε αυτή τη φιλοσοφία στηρίχτηκε και η κοινότητα μάθησης *Florinano*.

Η κοινότητα μάθησης *Florinano* δημιουργήθηκε την τελευταία πενταετία με σκοπό να υπηρετήσει τις παραπάνω σχετικές ερευνητικές και εκπαιδευτικές προκλήσεις. Αποτελείται από ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ, σχολικούς συμβούλους, εκπαιδευτικούς, φοιτητές και μαθητές. Ειδικότερα επικεντρώνεται: (α) στη μάθηση-διδασκαλία του περιεχομένου της Ν-ΕΤ στο Δημοτικό σχολείο καθώς και στο Νηπιαγωγείο, (β) στην ανάπτυξη, το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) διερευνητικής κατεύθυνσης και (γ) στην οργάνωση και στην υλοποίηση Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΦΕ/ΤΧ). Συμμετέχοντας στην κοινότητα μάθησης *Florinano*, οι εκπαιδευτικοί αισθάνονται ότι μειώνεται η ανεπάρκειά τους για τη διδασκαλία της Ν-ΕΤ στα σχολεία τους μέσα από τις υποστηρικτικές συνθήκες που διέπουν τη συγκεκριμένη κοινότητα.

Στην αναρτημένη αυτή εργασία, περιγράφεται η αλληλεπίδραση τεσσάρων εκπαιδευτικών που ανήκουν στη συγκεκριμένη κοινότητα μάθησης. Έμφαση δίνεται στο επίπεδο συνεργασίας που αναπτύχθηκε μεταξύ τους, με στόχο να προσεγγιστεί ένα κρίσιμο ερώτημα: το πώς η στενή συνεργασία τεσσάρων εκπαιδευτικών μεταξύ τους καθώς και με ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ επιδρά στο διδακτικό τους σχεδιασμό και στην πρακτική.

2. Μεθοδολογία

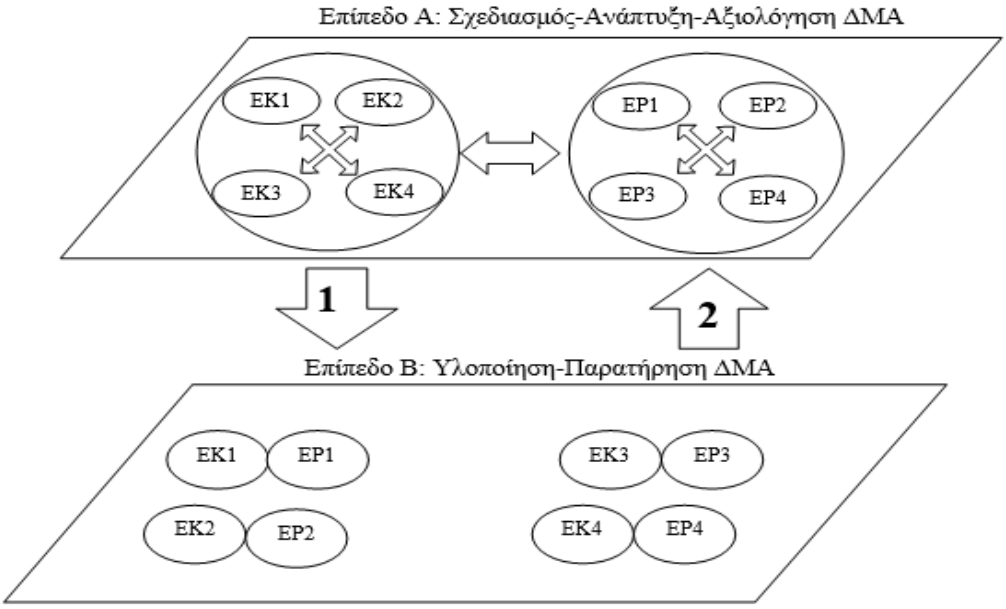
Το πλαίσιο της έρευνας

Σε πρώτο στάδιο, οι εκπαιδευτικοί επιμορφώθηκαν σε φαινόμενα, ιδιότητες και έννοιες της κλίμακας του νάνο (εννέα δίωρα). Στο δεύτερο στάδιο, συνεργάστηκαν συστηματικά μεταξύ τους αλλά και με τους ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ για να σχεδιάσουν, να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν μια ΔΜΑ στους μαθητές της τάξης τους, ο καθένας χωριστά.

Στο σχήμα 1, περιγράφεται η διαδικασία αλληλεπίδρασης των εκπαιδευτικών (ΕΚ), τόσο μεταξύ τους όσο και με τους ερευνητές (ΕΡ) κατά το δεύτερο στάδιο. Ονομάζουμε *Υποσύνολο Α* το σύνολο που απαρτίζεται από τους τέσσερις εκπαιδευτικούς και *Υποσύνολο Β*, το σύνολο που αποτελείται από τους τέσσερις ερευνητές της ΔΦΕ.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 1, η συνεργασία των δύο Υποσυνόλων αναπτύχθηκε σε δύο επίπεδα. Στο επίπεδο Α, το Υποσύνολο Α, σχεδιάζει και αναπτύσσει μια ΔΜΑ με καθημερινή συστηματική συνεργασία μεταξύ των μελών του (τέσσερις εκπαιδευτικοί). Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί συναντιούνται με τους ερευνητές, που αποτελούν τα μέλη του Υποσυνόλου Β, για να συζητήσουν τις απορίες τους, τις ιδέες, τα υλικά και τις δραστηριότητες της ΔΜΑ, που ίδιοι αναπτύσσουν (διπλό βέλος στο επίπεδο Α). Παράλληλα, οι ερευνητές συνεργάζονται μεταξύ τους για να αναλύσουν σε βάθος τα θέματα που αναδεικνύονται από τους εκπαιδευτικούς.

Σχήμα 1: Η διαδικασία αλληλεπίδρασης των εκπαιδευτικών με τους ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ για τη ΔΜΑ



Στο επίπεδο Β, ο κάθε εκπαιδευτικός διδάσκει αυτόνομα τη ΔΜΑ στην τάξη του. Παράλληλα, ένας ερευνητής παρατηρεί την υλοποίηση της ΔΜΑ (εφαπτόμενοι κύκλοι στο σχήμα 1). Στη συνέχεια επαναλαμβάνεται η αρχική διαδικασία αλληλεπίδρασης για την αξιολόγηση της ΔΜΑ. Δηλαδή, οι εκπαιδευτικοί αρχικά συζητούν, αναστοχάζονται και αξιολογούν την υλοποίηση της διδασκαλίας τους. Παράλληλα, οι ερευνητές, από τις δια ζώσης παρατηρήσεις που έκαναν, συζητούν και καταλήγουν σε βασικά συμπεράσματα σχετικά με την εφαρμογή της ΔΜΑ. Στη συνέχεια εκπαιδευτικοί και ερευνητές, συναντιούνται ξανά για να ολοκληρώσουν την αναστοχαστική συζήτηση.

Σε αυτή την αναρτημένη εργασία συγκρίνουμε τα διδακτικά σενάρια, τις βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες και τις σημειώσεις των ερευνητών, ως προς το περιεχόμενο και τη δομή της ΔΜΑ. Επιπλέον, αντλούμε δεδομένα από τις σημειώσεις των ερευνητών σχετικά με τη συμμετοχή των εκπαιδευτικών σε ένα ΦΦΕ/ΤΧ.

3. Αποτελέσματα

Στον πίνακα 1, παρουσιάζουμε το περιεχόμενο και τη δομή της ΔΜΑ σε τρεις στήλες: του προγράμματος επιμόρφωσης, του διδακτικού σχεδιασμού και της διδακτικής πράξης. Τα δεδομένα για την δεύτερη στήλη (Διδακτικός Σχεδιασμός) αντλήθηκαν από τη μελέτη των διδακτικών σεναρίων των πέντε δίωρων, ενώ για την τρίτη (Διδακτική Πρακτική) από τις βιντεοσκοπημένες διδασκαλίες και τις σημειώσεις των ερευνητών. Με το σύμβολο (√) σημειώνουμε το περιεχόμενο που αναγνωρίστηκε τόσο στο διδακτικό σχεδιασμό όσο και στη διδακτική πράξη για κάθε εκπαιδευτικό (ΕΚ) από τους δύο ερευνητές.

Συγκεκριμένα σε σχέση με τη ΔΜΑ που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της επιμόρφωσης των τεσσάρων εκπαιδευτικών, παρατηρούμε ότι, από τις επτά θεματικές περιοχές του περιεχομένου του προγράμματος επιμόρφωσης, και οι τέσσερις εκπαιδευτικοί σχεδίασαν και υλοποίησαν τις ίδιες πέντε θεματικές (μακρόκοσμος, μοντέλα, μικρόκοσμος, νανόκοσμος 1, νανόκοσμος 2) (πίνακας 1).

Επιπλέον, από τη στήλη της διδακτικής πράξης, διαπιστώνουμε ότι οι εκπαιδευτικοί είναι συνεπείς με τον σχεδιασμό τους. Ειδικότερα, στο πρώτο δίωρο επικεντρώθηκαν στην έννοια του «μακρόκοσμου», με στόχο οι μαθητές να δομήσουν το συλλογισμό: «ένα αντικείμενο που μπορώ να το παρατηρήσω με το μάτι μου, ανήκει στο μακρόκοσμο».
Επιπλέον, έγινε εισαγωγή του όρου «μοντέλο» στο 2^{ο} δίωρο. Σε όλα τα επόμενα δίωρα, συζητήθηκαν διάφορες όψεις της φύσης και του ρόλου των μοντέλων (Oh & Oh 2011). Επιδιωκόμενοι στόχοι ήταν οι μαθητές: (α) να κατανοήσουν, ότι μοντέλο είναι μια αναπαράσταση ενός αντικειμένου με συγκεκριμένο σκοπό, (β) να κατανοήσουν ότι τα μοντέλα είναι εργαλεία σκέψης και μάθησης των φαινομένων της Ν-ΕΤ γ) να γνωρίσουν τους περιορισμούς που διέπουν τα μοντέλα ως προς την ερμηνεία και την κατασκευή τους και δ) να είναι ικανοί να κατασκευάζουν μοντέλο αντικειμένου του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανόκοσμου και να το παρουσιάσουν στην τάξη τους.
Στο 3^{ο} δίωρο η διδασκαλία επικεντρώθηκε στην εισαγωγή της έννοιας «μικρόκοσμος» με στόχο οι μαθητές να δομήσουν το συλλογισμό: «ένα αντικείμενο που μπορώ να το παρατηρήσω με οπτικό μικροσκόπιο, ανήκει στο μικρόκοσμο». Οι μαθητές σε ομάδες, μετά τη συλλογή πληροφοριών από σκίτσα και animation, και μετά την παρατήρηση αντικειμένων (κύτταρα κρεμμυδιού, ερυθρά και λευκά αιμοσφαίρια) με οπτικό μικροσκόπιο, κατασκεύασαν μοντέλα, τα οποία αναπαριστούσαν είτε το σχήμα και τη δομή αυτών των αντικειμένων, είτε τη χρησιμότητά τους (για παράδειγμα τα κύτταρα αποτελούν τις βασικές μονάδες της ζωής). Στη συνέχεια, όπως και στο προηγούμενο δίωρο, οι μαθητές παρουσίασαν, συζήτησαν και σύγκριναν τις κατασκευές τους.

Πίνακας 1: Περιεχόμενο - Δομή της ΔΜΑ: σύγκριση διδακτικού σχεδιασμού-πρακτικής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗΣ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΑΞΗ			
	ΕΚ1	ΕΚ 2	ΕΚ3	ΕΚ4	ΕΚ1	ΕΚ2	ΕΚ3	ΕΚ4
Μακρόκοσμος (μάτι)	√	√	√	√	√	√	√	√
Μοντέλα	√	√	√	√	√	√	√	√
Μικρόκοσμος (οπτικό μικροσκόπιο)	√	√	√	√	√	√	√	√
Νανόκοσμος 1 ηλεκτρονικό μικροσκόπιο-ίωση	√	√	√	√	√	√	√	√
Νανόκοσμος 2 φαινόμενο λωτού	√	√	√	√	√	√	√	√
Νανόκοσμος 3	-	-	-	-	-	-	-	-
Α) νανόφιλτρο Β) υδροφοβική μπότα	√	√	-	-	√	√	-	-
Νανόκοσμος 4 πέλμα σαύρας Gecko	-	-	√	-	-	-	√	-

Στο 4^{ο} δίωρο, έγινε εισαγωγή στον νανόκοσμο καθώς και στο όργανο παρατήρησής του, το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (Stevens et al. 2009). Ειδικότερα, επιδιωκόμενος μαθησιακός στόχος ήταν οι μαθητές να δομήσουν το συλλογισμό: «ένα αντικείμενο που μπορώ να το

παρατηρήσω με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, ανήκει στο νανόκοσμο». Επιπλέον, οι μαθητές παρακολούθησαν video σχετικό με το «φαινόμενο της ίωσης», προκειμένου να κατανοήσουν το, πώς ο νανόκοσμος (ιός) επηρεάζει τον μικρόκοσμο (κύτταρο) και τον μακρόκοσμο (άνθρωπος). Η κατανόηση της επίδρασης του νανόκοσμου στο μακρόκοσμο αποτελεί βασικό επιδιωκόμενο στόχο στην εισαγωγή της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Delgado et al. 2015, Healy 2009).

Στο 5ο δίωρο προσεγγίστηκαν το φαινόμενο του λωτού καθώς και οι σχετικές εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στην καθημερινή ζωή, π.χ. υπερ-υδρόφοβα υφάσματα. Οι μαθητές πειραματίστηκαν πάνω σε διαφορετικά φύλλα φυτών παρατηρώντας την κίνηση των σταγόνων νερού στην επιφάνειά τους, π.χ. φύλλα λάχανου και μαρουλιού. Επιπροσθέτως, κατασκεύασαν σε ομάδες μοντέλα για να αναπαραστήσουν την υπερ-υδροφοβικότητα και τον αυτοκαθαρισμό. Επιδιωκόμενοι στόχος στο δίωρο αυτό ήταν οι μαθητές να είναι ικανοί να χρησιμοποιούν όρους του νανογραμματισμού όταν περιγράφουν το φαινόμενο του λωτού, π.χ. νανοπροεξοχές, υπερ-υδρόφοβη επιφάνεια.

Από τον πίνακα 1, παρατηρούμε ότι κανένας εκπαιδευτικός δεν δίδαξε το νανόφιλτρο. Επιπλέον, διαπιστώνουμε ότι δύο εκπαιδευτικοί (ΕΚ1 και ΕΚ2) προσέγγισαν την υδροφοβική μπότα και ένας τη σαύρα Gecko (ΕΚ3). Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι οι τρεις αυτοί εκπαιδευτικοί συμμετείχαν σε ΦΦΕ/ΤΧ. Οι δύο από αυτούς (ΕΚ1, ΕΚ2) συνέχισαν τη συνεργασία μεταξύ τους, και με τη βοήθεια των ερευνητών, σχεδίασαν και υλοποίησαν με τους μαθητές τους, μοντέλο υδροφοβικής μπότας για να το παρουσιάσουν στο Φεστιβάλ. Ο τρίτος ΕΚ3, προχώρησε αυτόνομα από τους υπόλοιπους εκπαιδευτικούς, σε αντίστοιχη δραστηριότητα στην οποία κατασκευάστηκε μοντέλο για το πέλμα της σαύρας Gecko.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα φανερώνουν ότι, όταν οι εκπαιδευτικοί είχαν ως κοινό σκοπό τη δημιουργία μιας διδακτικής προσέγγισης που στόχευε στην διδασκαλία της Ν-ΕΤ στους μαθητές τους, συνεργάστηκαν στενά τόσο μεταξύ τους όσο και με τους ερευνητές (σχήμα 1). Φαίνεται ότι αυτές οι δύο διαφορετικού τύπου αλληλεπιδράσεις είχαν ως αποτέλεσμα, αφενός, οι τέσσερις εκπαιδευτικοί να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν ακριβώς μία κοινή ΔΜΑ τόσο ως προς το περιεχόμενο όσο και ως προς τη δομή. Αφετέρου, οι εκπαιδευτικοί υιοθέτησαν το περιεχόμενο του προγράμματος επιμόρφωσής τους με επιμέρους τροποποιήσεις, ώστε να καταστεί κατάλληλο για μαθητές Ε΄ και ΣΤ΄ τάξης Δημοτικού Σχολείου. Αυτό σημαίνει ότι επηρεάστηκαν ισχυρά από το Υποσύνολο Β, τουλάχιστον ως προς τις θεματικές του περιεχομένου της ΔΜΑ.

Επιπλέον, όταν τρεις εκπαιδευτικοί (ΕΚ1, ΕΚ2, ΕΚ3) ενεπλάκησαν σε μια εκπαιδευτική δραστηριότητα μη τυπικής εκπαίδευσης, όπως είναι το ΦΦΕ/ΤΧ, παρατηρήθηκαν δύο διαφορετικές πορείες: στη μία από αυτές οι ΕΚ1 και ΕΚ2 συνέχισαν την αλληλεπίδραση τόσο μεταξύ τους όσο και με τους ερευνητές, ενώ ο ΕΚ3 εργάστηκε αυτόνομα. Εκτιμούμε ότι αυτή η εξέλιξη οφείλεται στο γεγονός ότι, οι δύο εκπαιδευτικοί ΕΚ1 και ΕΚ2 υπηρετούσαν στο ίδιο σχολείο. Αυτό το συμπεραίνουμε από το γεγονός ότι ο εκπαιδευτικός ΕΚ4, υπηρετώντας σε διαφορετικό σχολείο, είχε την υποχρέωση να ακολουθήσει εξωσχολικές δραστηριότητες του σχολείου του, οι οποίες όμως δεν αφορούσαν το Φεστιβάλ. Από την άλλη, ο ΕΚ3 ασχολήθηκε με ένα θέμα του περιεχομένου της Ν-ΕΤ, το οποίο μελέτησε κατά την επιμόρφωσή του (σαύρα Gecko).

5. Βιβλιογραφία

Δημητριάδου, Α. (2016). *Νέοι Προσανατολισμοί της Διδακτικής*. Αθήνα: GUTENBERG.

Clarke, D. & Hollingsworth, H. (2002). Elaborating a model of teacher professional growth. Teaching and teacher education, 18(8), 947-967.

Cherrington, S.,Thornton, K. (2013). Continuing professional development in early childhood education in New Zealand. *Early Years, 33*(2), 119-132.

Delgado, C., Stevens, S. Y., Shin, N. & Krajcik, J. (2015). A middle school instructional unit for size and scale contextualized in nanotechnology. Nanotechnology Reviews, 4(1), 51-69.

Healy, N. (2009). Why nanoeducation ? Journal of Nano Education, 1, 6–7.

Jones, G. Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education. 35*(9), 1490- 1512

Murty, B., Shankar, P., Raj, B., Rath, B. B, Murday, J. (2013*). Textbook of Nanoscience and Nanotechnology*. Bangalore: Springer & Universities Press (India) Private Limited.

Oh, P., Oh, S-J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview. *International Journal of Science Education, 33*(8), 1109-1130.

Stevens, S., Sutherland, L. & Krajcik, J. (2009). *Big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Arlington, VA: NSTA Press.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΝΑΝΟΕΠΙΣΤΗΜΗΣ-ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΡΙΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ

Παντελής Κίζος[1], Ελένη Κωνσταντινίδου[1], Ουρανία Μακαρίου[1], Γιώργος Πέικος[2], Άννα Σπύρτου[2]

[1]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα συγκριτικής ανάλυσης Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) που σχεδίασαν, ανέπτυξαν και υλοποίησαν τρεις εκπαιδευτικοί Α/θμιας Εκπαίδευσης στο περιεχόμενο της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ). Οι εκπαιδευτικοί αρχικά επιμορφώθηκαν μέσα σε μια κοινότητα μάθησης πάνω στο εν λόγω περιεχόμενο. Σχεδίασαν και ανέπτυξαν ο καθένας ξεχωριστά τις ΔΜΑ σε στενή όμως συνεργασία με τους ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Αν και οι εκπαιδευτικοί εργάστηκαν αυτόνομα, στη σύγκριση των ΔΜΑ τους παρουσιάζουν ομοιότητες στους στόχους που είχαν θέσει, καθώς και σε πέντε θεματικές περιοχές ως προς το περιεχόμενο.

Abstract

In the present paper we present the results after comparative analysis of three Teaching Learning Sequences concerning the Nanoscience-Nanotechnology content that three primary teachers designed, developed and implemented to their students. Initially, within a learning community, the teachers were trained on concepts and applications of this emerging field. Working independently, the teachers developed their own teaching approach. However, they collaborated closely with Science Education researchers. The results revealed similarities in the intended students' learning outcomes as well as in five thematic content areas.

1. Εισαγωγή

Η διδασκαλία και μάθηση του περιεχομένου της Ν-ΕΤ θεωρείται μια από τις «μεγάλες προκλήσεις» στο ερευνητικό πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ).Τα πρώτα βήματα προς αυτή την κατεύθυνση έχουν ήδη ξεκινήσει καθώς εντοπίζονται εκπαιδευτικά υλικά και δραστηριότητες για μαθητές όλων των βαθμίδων (Feather & Aznar 2011). Ωστόσο, στη βιβλιογραφία καταγράφεται ότι η διδασκαλία και μάθηση της Ν-ΕΤ είναι ιδιαίτερα δύσκολη γιατί οι έννοιες και τα φαινόμενα της νανοκλίμακας είναι μακριά από την αισθητηριακή μας αντίληψη (Magana et al. 2012). Η μοντελοποίηση καθώς και η διδασκαλία για τη φύση και το ρόλο των μοντέλων φαίνεται ότι «μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν σύνθετες και αντιδιαισθητικές [counterintuitive] έννοιες της φυσικής…» (Vosniadou 2010:50).

Οι κοινότητες μάθησης αφορούν ομάδες διαφορετικών «πόλων», όπως είναι εκπαιδευτικοί, μαθητές, ερευνητές της εκπαίδευσης, ειδικοί επαγγελματίες, επιστήμονες κ.λπ. Θεμελιακή αξία των κοινοτήτων μάθησης αποτελεί η ανάπτυξη συνθηκών αναστοχασμού, οι οποίες είναι ικανές να επιδράσουν καταλυτικά στις αντιλήψεις, στις πρακτικές, στην αυτοεκτίμηση κ.α. των μελών τους (Δημητριάδου 2016). Στην περίπτωση των εκπαιδευτικών μπορούν να συμβάλλουν στην επαγγελματική τους εξέλιξη γιατί δίνεται η ευκαιρία να συνδυάσουν πρακτική εφαρμογή μιας νέας θεματικής, ουσιαστικό αναστοχασμό και αλληλεπίδραση διαφορετικών αντιλήψεων (Hunzicker 2011).

Υπό το πρίσμα του παραπάνω προβληματισμού δημιουργήσαμε την κοινότητα μάθησης *Florinano* που αποτελείται από ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ, σχολικούς συμβούλους, εκπαιδευτικούς, φοιτητές και μαθητές, η οποία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη καινοτομιών τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης, όπως είναι: (α) η εισαγωγή του περιεχομένου της Ν-ΕΤ στο Δημοτικό σχολείο, (β) η ανάπτυξη, ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αξιολόγηση Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) διερευνητικής κατεύθυνσης, (γ) η υλοποίηση εξωσχολικών δραστηριοτήτων όπως είναι το Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΦΕ/ΤΧ).

Στην αναρτημένη αυτή εργασία περιγράφεται η αλληλεπίδραση τριών εκπαιδευτικών που ανήκουν στη συγκεκριμένη κοινότητα μάθησης με στόχο να προσεγγιστεί το ερώτημα: πώς ο βαθμός συνεργασίας εκπαιδευτικών-ερευνητών επιδρά στο διδακτικό σχεδιασμό και στη διδακτική πρακτική;

2. Μεθοδολογία

Το πλαίσιο της έρευνας

Στο πρώτο στάδιο οι εκπαιδευτικοί παρακολούθησαν Πρόγραμμα Δια Βίου Μάθησης και επιμορφώθηκαν σε φαινόμενα, ιδιότητες και έννοιες της κλίμακας του νάνο. Στο δεύτερο στάδιο συνεργάστηκαν συστηματικά με τους ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ για να σχεδιάσουν και να αναπτύξουν από μια ΔΜΑ. Επισημαίνεται ότι το πλαίσιο στο οποίο οι εκπαιδευτικοί εφάρμοσαν τη ΔΜΑ ήταν διαφορετικό ως προς: α) την περιοχή, β) την τάξη, γ) τον αριθμό μαθητών και δ) τις ώρες διδασκαλίας (πίνακας 1). Επιπλέον μόνο ο δεύτερος εκπαιδευτικός εφάρμοσε την ΔΜΑ στην τάξη που δίδασκε ενώ ο πρώτος και ο τρίτος την εφάρμοσαν σε διαφορετική τάξη από αυτή που δίδασκαν.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά του πλαισίου διδασκαλίας

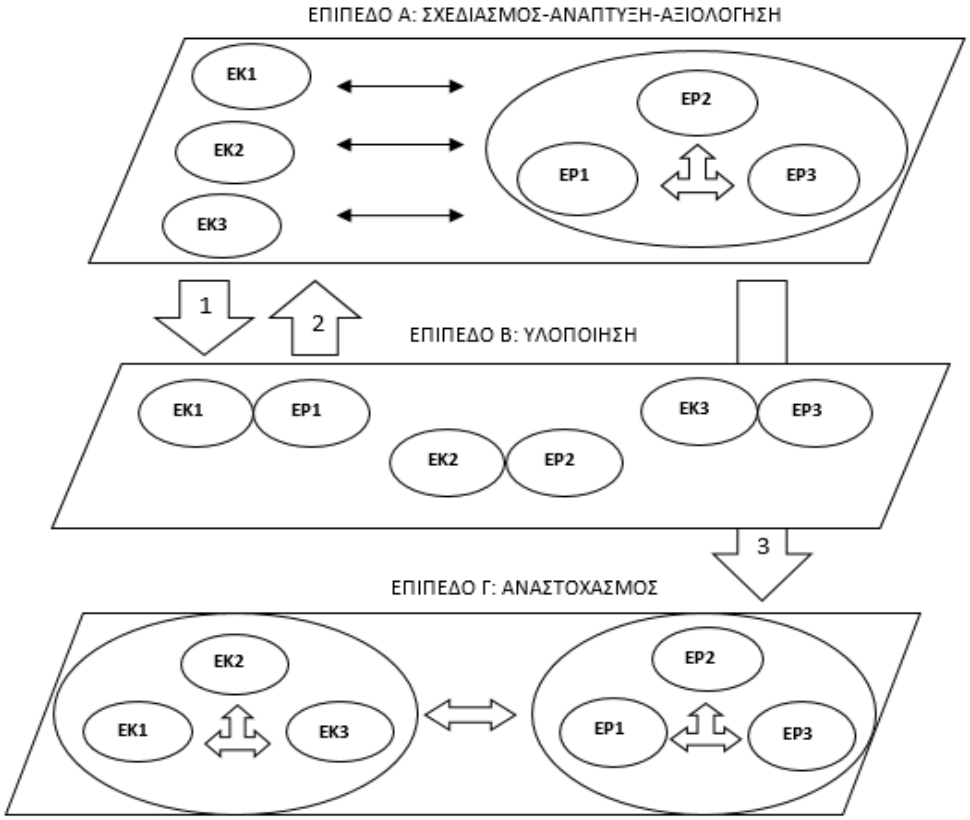
Εκπαιδευτικοί	*Περιοχή*	*Οργανικότητα Σχολείου*	*Τάξη*	*Αριθμός μαθητών*	*Ώρες διδασκαλίας*
1ος	αστική	6/θζιο	Στ΄	10	14
2ος	αστική	12/θζιο	Ε’	20	15
3ος	αγροτική	5/θζιο	Ε’-Στ’	14	12

Στο Σχήμα 1 περιγράφεται η διαδικασία αλληλεπίδρασης των εκπαιδευτικών με τους ερευνητές κατά τη διάρκεια της υλοποίησης του 2ου σταδίου. Ο κάθε ένας από τους τρεις εκπαιδευτικούς συμβολίζεται με (ΕΚ) και ο καθένας από τους τρεις ερευνητές συμβολίζεται με (ΕΡ).

Η συνεργασία του κάθε εκπαιδευτικού με τους τρεις ερευνητές αναπτύχθηκε σε τρία επίπεδα. Στο επίπεδο Α κάθε εκπαιδευτικός σχεδίασε και ανέπτυξε μόνος του μια ΔΜΑ, ενώ παράλληλα συναντήθηκε με το σύνολο των ερευνητών για να συζητήσουν τις απορίες τους, τις ιδέες, τα υλικά και τις δραστηριότητες της ΔΜΑ (διπλό βέλος στο επίπεδο Α). Παράλληλα οι τρεις

ερευνητές, συνεργάστηκαν μεταξύ τους για να αναλύσουν σε βάθος τα θέματα που αναδείχθηκαν από τις συναντήσεις με τον κάθε εκπαιδευτικό.
Στο επίπεδο Β ο κάθε εκπαιδευτικός δίδαξε τη ΔΜΑ στην τάξη του, ενώ συγχρόνως ένας ερευνητής παρατήρησε την υλοποίησή της (εφαπτόμενοι κύκλοι).
Στη συνέχεια επαναλήφθηκε η αρχική διαδικασία αλληλεπίδρασης ΕΚ-ΕΡ για την αξιολόγηση της εφαρμογής της ΔΜΑ (επίπεδο Α). Δηλαδή κάθε εκπαιδευτικός μαζί με τους τρεις ερευνητές συζήτησαν και αξιολόγησαν την υλοποίηση της διδασκαλίας τους. Παράλληλα οι ερευνητές, από τις δια ζώσης παρατηρήσεις που πραγματοποίησαν, συζήτησαν και κατέληξαν σε βασικά συμπεράσματα σχετικά με την εφαρμογή της ΔΜΑ.

Σχήμα 1: Αλληλεπίδραση ερευνητών-εκπαιδευτικών



Στο επίπεδο Γ οι εκπαιδευτικοί δημιούργησαν για πρώτη φορά, ένα Υποσύνολο της κοινότητας μάθησης (*Υποσύνολο Α*) με σκοπό την μεταξύ τους αλληλεπίδραση και τον αναστοχασμό. Ως *Υποσύνολο Α* συζήτησαν με τους ερευνητές (*Υποσύνολο Β)* για να συγκρίνουν τα σενάρια διδασκαλίας τους ως προς το περιεχόμενο.
Τα συγκεκριμένα σενάρια διδασκαλίας αποτελούν την πηγή των δεδομένων αυτής της εργασίας με στόχο να καταγραφούν οι ομοιότητες και οι διαφορές τους.

3. Αποτελέσματα

Για να απαντηθεί το ερευνητικό ερώτημα έγινε συγκριτική ανάλυση του περιεχομένου των τριών ΔΜΑ. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα 2.
Ως προς τα περιεχόμενα αναγνωρίστηκαν συνολικά πέντε θεματικές περιοχές.

Ειδικότερα, αν και οι τρεις δίδαξαν τη φύση και το ρόλο των μοντέλων, διαφοροποιήθηκαν ως προς τη διαδικασία της μοντελοποίησης. Για παράδειγμα ο εκπαιδευτικός 1 χρησιμοποίησε έτοιμα μοντέλα όπως το μοντέλο του ηλιακού συστήματος για να εξηγήσει στους μαθητές την αναπαραστατική φύση των μοντέλων. Αντίστοιχη επίδειξη μοντέλου πραγματοποιήθηκε για να περιγράψει το φαινόμενο της σαύρας γκέκο. Κατασκευή μοντέλων από τους μαθητές του διεξήχθη στις θεματικές: μικρόκοσμος, φαινόμενο ίωσης και λωτού.
Ο εκπαιδευτικός 2 ακολούθησε διαθεματική προσέγγιση των μοντέλων εμπλέκοντας τους μαθητές στην αναπαράσταση φυσικών φαινομένων (απορρόφηση θερμότητας), εννοιών της Μουσικής και της Ιστορίας (τύμπανο, τρούλος της Αγίας Σοφίας). Οι μαθητές κατασκεύασαν μοντέλα σε όλα τα περιεχόμενα που διδάχθηκαν.
Ο εκπαιδευτικός 3 έδωσε έμφαση στην κατασκευή μοντέλων από τους μαθητές και στους τρεις κόσμους. Για παράδειγμα οι μαθητές κατασκεύασαν μοντέλα αντικειμένων του μακρόκοσμου όπως, πέτρες και κουκουνάρια.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά του προγράμματος Δια Βίου Μάθησης – Εφαρμοσμένων ΔΜΑ

Χαρακτηριστικά του προγράμματος Δια Βίου Μάθησης			*Χαρακτηριστικά των εφαρμοσμένων ΔΜΑ*		
Θεματικζσ Περιοχζσ	Στόχοι	Περιεχόμενα	ΕΚ1	ΕΚ2	ΕΚ3
Μοντζλα-Μοντελοποίηση	Αναγνώριση των μοντζλων ωσ εργαλεία αναπαράσταση σ των τριών κόσμων	Φφση-ρόλοσ-κατασκευή μοντζλων	✓	✓	✓
Κόσμοι	Ταξινόμηση και σειροθζτηση των αντικειμζνων με βάση το όργανο παρατήρησή σ τουσ	Μακρόκοσμοσ	✓	✓	✓
		Μικρόκοσμοσ	✓	✓	✓
		Νανόκοσμοσ	✓	✓	✓
Μζγεθοσ και Κλίμακα	Χρήση μονάδων μζτρησησ (m, μm, nm)	Μακροκλίμακα	✓	✓	✓
		Μικροκλίμακα	✓	✓	✓
		Νανοκλίμακα	✓	✓	✓
Φαινόμενα	Αναγνώριση τησ επίδρασησ του νανόκοσμου στον μακρόκοσμο	Φαινόμενο ίωσησ	✓	-	✓
		Φαινόμενο λωτοφ	✓	✓	✓
		Φαινόμενο σαφρασγκζκο	✓	-	-
Εφαρμογζσ	Χρησιμότητα των εφαρμογών τησ νανοτεχνολογίασ	Νανόφιλτρο νεροφ	✓	✓	✓

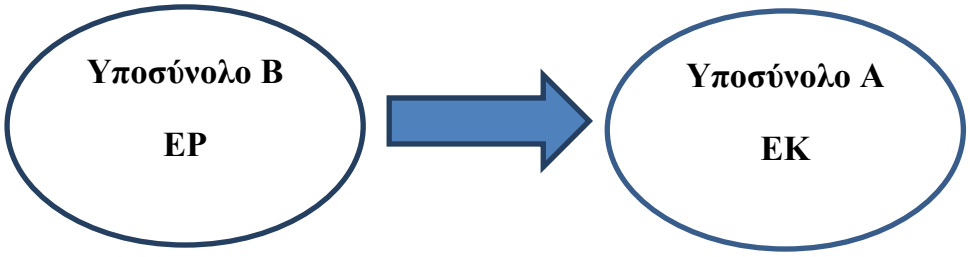
Όλοι οι εκπαιδευτικοί επικεντρώθηκαν στην διάκριση μεταξύ των τριών κόσμων με βάση τα όργανα παρατήρησης (μάτι για το μακρόκοσμο, οπτικό μικροσκόπιο για τον μικρόκοσμο και ηλεκτρονικό για τον νανόκοσμο). Για την προσέγγιση του νανόκοσμου οι εκπαιδευτικοί ακολούθησαν την πρόταση των ερευνητών και δίδαξαν το περιεχόμενο των τριών κόσμων

ξεκινώντας από αντικείμενα του μακρόκοσμου, συνεχίζοντας σε αυτά του μικρόκοσμου, για να καταλήξουν στα αντικείμενα και τα φαινόμενα του νανόκοσμου.
Οι εκπαιδευτικοί για την προσέγγιση του μεγέθους και της κλίμακας στηρίχτηκαν θεωρητικά στην πρόταση των Magana et al. (2012). Ενδεικτικά για την κλίμακα του νάνο και οι τρεις εκπαιδευτικοί συζήτησαν με τους μαθητές τα απόλυτα μεγέθη των αντικειμένων, για παράδειγμα ότι η διπλή έλικα του DNA έχει πλάτος περίπου 2nm.
Οι δύο εκπαιδευτικοί (1 και 3) προσέγγισαν το φαινόμενο της ίωσης με σκοπό να αναδείξουν την επίδραση των αντικειμένων του νανόκοσμου (ιός) στον μακρόκοσμο (άνθρωπος).
Και οι τρεις διερεύνησαν το φαινόμενο του λωτού για να περιγράψουν τις ιδιότητες των υπερυδρόφοβων επιφανειών, ένα φαινόμενο της φύσης το οποίο η νανοτεχνολογία μιμείται, κατασκευάζοντας προϊόντα για την αδιαβροχοποίηση διαφόρων υλικών.
Διαπιστώνουμε ότι το φαινόμενο της σαύρας γκέκο διδάχτηκε μόνο από έναν εκπαιδευτικό (1).
Όλοι οι εκπαιδευτικοί εστίασαν στις εφαρμογές της νανοτεχνολογίας που δίνουν λύσεις σε μεγάλα προβλήματα όπως είναι ο καθαρισμός του νερού με φίλτρα νανοτεχνολογίας σε αναπτυσσόμενες χώρες του κόσμου.
Πέρα από τις ΔΜΑ ο εκπαιδευτικός 3 συμμετείχε με τους μαθητές του σε ΦΦΕ/ΤΧ. Οι μαθητές κατασκεύασαν επιτραπέζιο παιχνίδι με θεματική το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ (αντικείμενα των τριών κόσμων, φαινόμενα λωτού και ίωσης) στο οποίο ενεπλάκησαν επισκέπτες-μαθητές του Φεστιβάλ (δεν αναφέρεται στον πίνακα).
Αναδεικνύεται ότι και οι τρεις εκπαιδευτικοί είχαν θέσει ως στόχους οι μαθητές: (α) να αναγνωρίσουν ότι τα μοντέλα αποτελούν εργαλεία αναπαράστασης των τριών κόσμων, (β) να ταξινομούν και να σειροθετούν αντικείμενα στους τρεις κόσμους με κριτήριο το όργανο παρατήρησής τους (μάτι, οπτικό μικροσκόπιο, ηλεκτρονικό μικροσκόπιο), (γ) να χρησιμοποιούν τις μονάδες μέτρησης των τριών κόσμων (m, μm, nm), (δ) να αναγνωρίσουν ότι ο νανόκοσμος επηρεάζει τον μακρόκοσμο, (ε) να γνωρίσουν το νανόφιλτρο ως μια εφαρμογή της νανοτεχνολογίας για τον καθαρισμό του νερού.
Στον πίνακα φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί έθεσαν τους ίδιους στόχους και υλοποίησαν τις ίδιες πέντε θεματικές ενότητες όπως επιμορφώθηκαν από τους ερευνητές στο 1^{ο} στάδιο, αλλά διαφοροποιήθηκαν ως προς τα περιεχόμενα αφού ο εκπαιδευτικός 2 δίδαξε εννιά από τα έντεκα περιεχόμενα, ο εκπαιδευτικός 3 δέκα ενώ ο εκπαιδευτικός 1 δίδαξε και τα έντεκα περιεχόμενα.

4. Συμπεράσματα

Παρόλο που υπήρξαν διαφορετικές προσεγγίσεις, λόγω διαφορετικού πλαισίου (αριθμός μαθητών, αστικό-αγροτικό περιβάλλον, συνδιδασκαλία τάξεων, διαθέσιμος χρόνος, υλικοτεχνική υποδομή), τα αποτελέσματα της σύγκρισης κατέδειξαν ομοιότητες ανάμεσα στις τρεις ΔΜΑ. Από τη συγκριτική ανάλυση του περιεχομένου των διδακτικών σεναρίων των ΔΜΑ αναγνωρίστηκαν ως κοινά χαρακτηριστικά: (α) οι στόχοι και (β) πέντε θεματικές περιοχές. Ερμηνεύουμε τη διαπίστωση αυτή υποστηρίζοντας ότι οι εκπαιδευτικοί, αν και σχεδίασαν ο καθένας μόνος του τη ΔΜΑ, φαίνεται να επηρεάστηκαν ισχυρά από τους ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ (Σχήμα 2). Αυτό σημαίνει ότι υιοθέτησαν το περιεχόμενο του προγράμματος εκπαίδευσής τους με επιμέρους τροποποιήσεις.

Σχήμα 2: Επίδραση ΕΡ προς ΕΚ



5. Βιβλιογραφία

Δημητριάδου, Α. (2016). *Νέοι Προσανατολισμοί της Διδακτικής*. Αθήνα: GUTENBERG.

Feather, J., L. & Aznar, M., F. (2011). *Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.

Hunzicker, J (2011). Characteristics of Effective Professional Development: a checklist. *Professional Development in Education, 37*(2), 177–179.

Magana, A., Brophy, S., Bryan, L. (2012) An Integrated Knowledge Framework to Characterize and Scaffold Size and Scale Cognition (FS2C). *International Journal of Science Education, 34*(14), 2181-2203.

Vosniadou, S. (2010). Instructional considerations in the use of external representations. In L. Verschaffel, et al. (Eds.), *Use of representations in reasoning and problem solving* (pp. 36–54). NewYork, NY: Routledge.

«ΟΤΑΝ Η ΧΙΟΝΑΤΗ ΒΡΕΘΗΚΕ ΣΤΟΝ ΝΑΝΟΚΟΣΜΟ»: ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΝΑΝΟΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ

ζ ŬjαŬΤζιώλη[1], ὀззŬΣπύρτου[2]

[1]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Ο ερευνητικός προβληματισμός αυτής της αναρτημένης εργασίας εντάσσεται στην ευρύτερη θεματική, «οι κοινότητες μάθησης δημιουργούν εκπαιδευτικές καινοτομίες». Η εισαγωγή στοιχείων του περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ) στο Νηπιαγωγείο, βασισμένη σε αφηγηματικό παραμύθι αποτελεί το καινοτομικό χαρακτηριστικό αυτής της έρευνας. Αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε μέσα σε μια κοινότητα μάθησης στην οποία συνεργάστηκαν η Νηπιαγωγός, η Σχολική Σύμβουλος και οι ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών.

Abstract

The research consideration of this poster is part of a broad open issue: “learning communities create educational innovations”. The innovative feature of this research is the introduction of Nanoscience-Nanotechnology content through a narrative story in pre-school students. In the context of a learning community, the teaching approach was developed and implemented by a closed collaboration among the Pre-school teacher, the School Counselor and the Science Education researchers.

1. Εισαγωγή

Ο καινοτομικός χαρακτήρας αυτής της εργασίας είναι διττός. Αφενός γιατί αφορά την εισαγωγή στοιχείων ενός καινοτομικού περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ), τη Ν-ΕΤ στο Νηπιαγωγείο, κι αφετέρου γιατί εντάσσεται σε έναν νέο προσανατολισμό της Διδακτικής, τις κοινότητες μάθησης.

Η εισαγωγή του καινοτομικού περιεχομένου της Ν-ΕΤ στο Νηπιαγωγείο είναι μια εκπαιδευτική πρόκληση στον 21^{ο} αι. Ήδη έχουν δημοσιευτεί τα πρώτα υλικά και οι αντίστοιχες δραστηριότητες, για μαθητές όλων των βαθμίδων, συμπεριλαμβανομένου και του Νηπιαγωγείου, όχι μόνο στην τυπική αλλά και στην μη τυπική εκπαίδευση (Feather & Aznar 2011, Σπύρτου κ.ά. 2016).

Η υλοποίηση αυτής της πρόκλησης, αναπτύχθηκε μέσα σε ένα συνεργατικό περιβάλλον μάθησης, το οποίο χαρακτηρίζει τις κοινότητες μάθησης. Στο πλαίσιο των κοινοτήτων μάθησης, άτομα διαφορετικών ειδικοτήτων και ηλικιών μπορούν να συνεργαστούν στενά, να ανταλλάξουν απόψεις και ως εκ τούτου να χειραφετηθούν (Δημητριάδου 2016, Hunzicker 2011).

Η εργασία αυτή αναπτύχθηκε μέσα στην κοινότητα μάθησης *Florinano*, η οποία δημιουργήθηκε με σκοπό να υπηρετήσει καινοτομικές εκπαιδευτικές προκλήσεις στις ΦΕ. Εκπαιδευτικοί, ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ, σχολικοί σύμβουλοι, φοιτητές και μαθητές

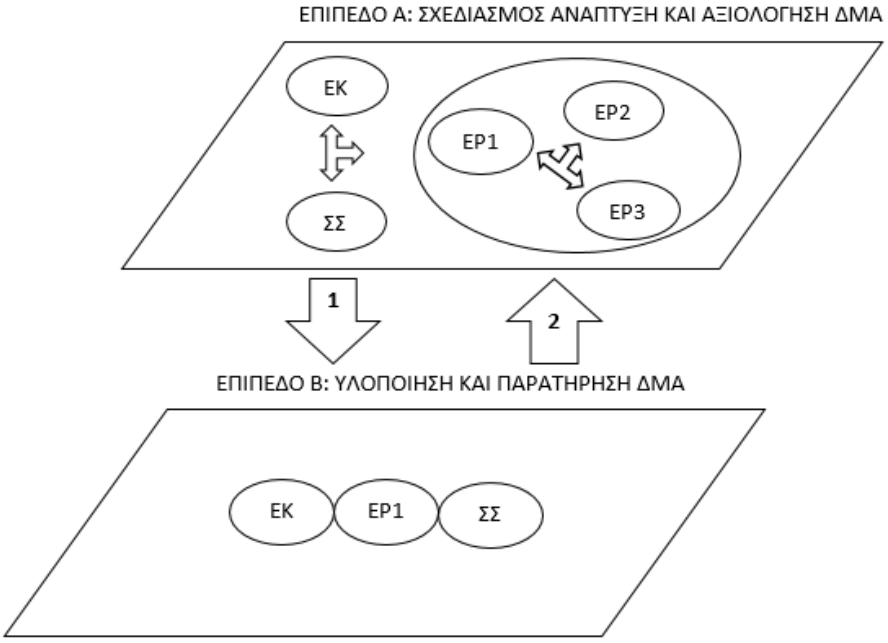
την τελευταία πενταετία, συνεργάζονται σε καθημερινή βάση, πάνω: (α) στην εισαγωγή του περιεχομένου της Ν-ΕΤ στο Δημοτικό σχολείο καθώς και στο Νηπιαγωγείο, (β) στη δημιουργία Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) διερευνητικής κατεύθυνσης, (γ) στην οργάνωση και στην υλοποίηση μη τυπικών περιβαλλόντων μάθησης, όπως Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΕ/ΤΧ).
Στην αναρτημένη αυτή εργασία, περιγράφεται η πιλοτική εφαρμογή μιας ΔΜΑ, με τίτλο «Όταν η Χιονάτη βρέθηκε στο Νανόκοσμο». Πηγή έμπνευσης αποτέλεσε το βιβλίο «Η Χιονάτη και οι εφτά νάνοι» και συγκεκριμένα η λέξη «νάνος» που είναι γνωστή για τα παιδιά από την πολύ μικρή ηλικία και μπορεί να συνδεθεί με το πολύ μικρό μέγεθος.

2. Μεθοδολογία

Το πλαίσιο της έρευνας

Σε πρώτο στάδιο, η εκπαιδευτικός επιμορφώθηκε σε φαινόμενα, ιδιότητες και έννοιες της κλίμακας του νάνο (εννέα δίωρα). Στο δεύτερο στάδιο, συνεργάστηκε συστηματικά με τους ερευνητές της Διδακτικής των ΦΕ (ΕΡ) και τη Σχολική Σύμβουλο (ΣΣ) για να σχεδιάσει και να αναπτύξει μια ΔΜΑ. Στο σχήμα 1, περιγράφεται η διαδικασία αλληλεπίδρασης της εκπαιδευτικού (ΕΚ), με τα μέλη της κοινότητας μάθησης.

Σχήμα 1: Η διαδικασία αλληλεπίδρασης Νηπιαγωγού, Σχολικής Συμβούλου και ερευνητών της Διδακτικής των ΦΕ



Όπως φαίνεται στο σχήμα 1, η συνεργασία των μελών αναπτύχθηκε σε δύο επίπεδα. Στο επίπεδο Α, η εκπαιδευτικός (ΕΚ) σχεδίασε και ανέπτυξε μια ΔΜΑ. Συζήτησε τις απορίες της, τις ιδέες, τα υλικά και τις δραστηριότητες της ΔΜΑ, με τα υπόλοιπα μέλη της κοινότητας (διπλά βέλη). Παράλληλα οι ερευνητές συνεργάστηκαν μεταξύ τους για να αναλύσουν σε βάθος τα θέματα που αναδείχτηκαν από τις συναντήσεις με τη Νηπιαγωγό (κλειστός κύκλος στο σχήμα 1).

Στο επίπεδο Β, η εκπαιδευτικός εφάρμοσε τη ΔΜΑ στην τάξη. Παράλληλα ένας ερευνητής και η Σχολική Σύμβουλος, παρατήρησαν την υλοποίηση της ΔΜΑ (εφαπτόμενοι κύκλοι). Στη συνέχεια επαναλήφθηκε η αρχική διαδικασία αλληλεπίδρασης για την αξιολόγηση της ΔΜΑ (επίπεδο Α). Οι ερευνητές συζήτησαν και κατέληξαν σε βασικά συμπεράσματα σχετικά με την εφαρμογή της ΔΜΑ. Η Νηπιαγωγός συζήτησε και αναστοχάστηκε για την υλοποίηση της διδασκαλίας της με τους ερευνητές και τη Σχολική Σύμβουλο.
Η Νηπιαγωγός θεωρείται αρκετά έμπειρη εκπαιδευτικός (δέκα χρόνια εργασίας). Ωστόσο ένοιωθε ανασφάλεια για να διδάξει περιεχόμενο των ΦΕ.
Σε αυτή την αναρτημένη εργασία μελετούμε την πιλοτική εφαρμογή της ΔΜΑ, συγκεντρώνοντας δεδομένα από το διδακτικό της σενάριο για τις οργανωμένες δραστηριότητες και το περιεχόμενο.

3. Αποτελέσματα

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται συνοπτικά οι οργανωμένες δραστηριότητες της ΔΜΑ, η οποία είχε διάρκεια οχτώ διδακτικές ώρες.

Πίνακας 1: Συνοπτική περιγραφή της ΔΜΑ, «Όταν η Χιονάτη βρέθηκε στον Νανόκοσμο»

Οργανωμένες Δραστηριότητες	*Περιεχόμενο*
1η: Αφήγηση και προβολή διαφανειών του παραμυθιού	Μακρόκοσμος Μικρόκοσμος Νανόκοσμος
2η: Βιωματικά παιχνίδια: α) «Τα χρώματα των κόσμων», β) «Στόματα ανοίξτε», γ) «Γίνομαι μυρμήγκι σαν τη Χιονάτη», δ) Ομαδοποίηση τριών κόσμων	
3η: Αφήγηση και προβολή διαφανειών παραμυθιού	Όργανα παρατήρησης Νανόκοσμος «Φαινόμενο του Λωτού» Μοντέλα
4η: α) Παρατήρηση με Οπτικό Μικροσκόπιο, β) Βιωματικό παιχνίδι «Οι σταγόνες που κυλούν», γ) Παρακολούθηση βίντεο: «Το φαινόμενο του Λωτού», δ) Επίδειξη και χρήση μοντέλου	
5η: Αφήγηση και προβολή διαφανειών παραμυθιού	
6η: α) Παρουσίαση βίντεο εφαρμογών Νανοτεχνολογίας, β) Πείραμα δοκιμής υδροφοβικότητας, γ) Συμπλήρωση πίνακα ταξινόμησης υδρόφοβων /υδρόφιλων, δ) Φύλλο εργασίας – κατασκευή: Φτιάξε το φόρεμα της Χιονάτης χρησιμοποιώντας μόνο τα υδρόφοβα φύλλα	
7η: Ανάπτυξη και υλοποίηση θεατρικού δρώμενου στο περιεχόμενο Νανοεπιστήμης στο Νηπιαγωγείο με τίτλο: «Όταν η Χιονάτη βρέθηκε στο Νανόκοσμο»	Μακρόκοσμος-Μικρόκοσμος Νανόκοσμος «Φαινόμενο του Λωτού»

Η βασική ερώτηση που «καθοδηγούσε» όλες τις υπόλοιπες ερωτήσεις για να προκαλείται το ενδιαφέρον των μαθητών ήταν: υπάρχει κάποιο μέρος, στο οποίο θα μπορούσε να κρυφτεί η Χιονάτη, έτσι ώστε να μην γίνεται ορατή με το μάτι από την κακιά βασίλισσα; Οι μαθητές σε ένα κατάλληλα οργανωμένο πλαίσιο παρακολούθησαν το αφηγηματικό κείμενο στο οποίο παρουσιάζονται στοιχεία των τριών κόσμων (μακρόκοσμος, μικρόκοσμος, νανόκοσμος) και το φαινόμενο του Λωτού. Η παρουσίαση συνοδεύτηκε με εικόνες και ήχο. Παρακάτω περιγράφουμε αντιπροσωπευτικά έργα των δραστηριοτήτων με σχετικές φωτογραφίες.

1η και 2η Οργανωμένη Δραστηριότητα

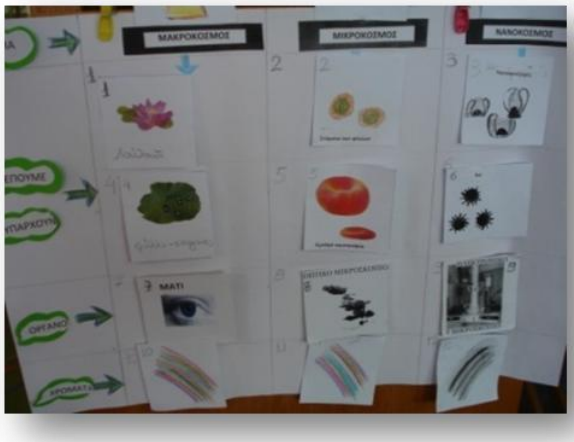
Η Χιονάτη βρίσκεται στο ίδιο σημείο δάσους που είχε βρεθεί και στο πρωτότυπο παραμύθι χωρίς να εντοπίζει κάπου το σπίτι των νάνων. Το δάκρυ της που κύλισε σαν χαντράκι πάνω στο όμορφο ροζ λουλούδι του Λωτού αποτέλεσε το λόγο εμφάνισης των νάνων και τον προβληματισμό για το πώς θα καταφέρουν αυτή τη φορά να την κρύψουν και να την οδηγήσουν στον κόσμο που δεν είναι ορατός με το μάτι έτσι ώστε να μην την ανακαλύψει η κακιά βασίλισσα. Στο περίεργο αυτό ταξίδι της Χιονάτης προς το Νανόκοσμο, που συνεχώς έπρεπε να μικραίνει το μέγεθός της, απαραίτητη ήταν η βοήθεια του σοφού Μπαμπαστρούμφ, ο οποίος διαβάζοντας το βιβλίο «Επιστήμες» έδωσε οδηγίες σχετικά με το μέγεθος, το χρώμα άλλα και τα όργανα με τα οποία γίνονται ορατοί οι τρεις κόσμοι από τους οποίους θα περάσει η Χιονάτη πίνοντας τρία μαγικά φίλτρα. Ακολουθώντας τις οδηγίες του Μπαμπαστρούμφ, η Χιονάτη αφού ήπιε το πρώτο φίλτρο έγινε μικρή σαν μυρμήγκι και κατάφερε να σκαρφαλώσει στο μικρό ροζ λουλούδι από όπου θα ξεκινούσε και το ταξίδι της για τον Νανόκοσμο. Αφού κατέβηκε τα 100 σκαλοπάτια του μέτρου ταξίδεψε πρώτα στη γειτονιά που κατοικούν τα στρουμφάκια, στον μικρόκοσμο. Σε αυτή τη γειτονιά κατοικούν ακόμη τα ερυθρά αιμοσφαίρια και τα στόματα των φύλλων (εικόνα 1). Στη συνέχεια, μικραίνοντας ακόμη πιο πολύ άλλαξε το χρώμα της και οδηγήθηκε στη γειτονιά, όπου σε αυτό το παραμύθι κατοικούν οι νάνοι, στο νανόκοσμο. Στον ίδιο κόσμο ζουν οι ιοί και οι νανοπροεξοχούλες. Ο κόσμος αυτός είναι γκρίζος (εικόνα 2).

Εικόνα 1: Η γειτονιά του μικρόκοσμου

Εικόνα 2: Η γειτονιά του νανόκοσμου

Εικόνα 3: Τα χρώματα των κόσμων

Εικόνα 4: Αφίσα των τριών κόσμων



Οι μαθητές μετά την προβολή των διαφανειών εμπλέκονται σε βιωματικές-ψυχοκινητικές δραστηριότητες, για να αποδώσουν με το σώμα τους τη λειτουργία, τα χρώματα, το μέγεθος και τη μη ορατότητα του Μικρόκοσμου και του Νανόκοσμου. Παραθέτουμε συνοπτικά δύο από τα τέσσερα βιωματικά παιχνίδια (πίνακας 1).

- *«Τα χρώματα των κόσμων»,* τα παιδιά καλούνται στο άκουσμα των λέξεων μικρόκοσμος, μακρόκοσμος, νανόκοσμος να αναγνωρίσουν και να μετακινηθούν στο ύφασμα με το χρώμα που αντιστοιχεί στον κάθε κόσμο (εικόνα 3).
- *Ομαδοποίηση τριών κόσμων,* τα παιδιά δημιουργούν μια αφίσα «διαφήμισης» συμπληρώνοντας πίνακα διπλής εισόδου (εικόνα 4). Στις τρεις στήλες φαίνονται ο μακρόκοσμος, μικρόκοσμος, νανόκοσμος και στις γραμμές, αντιπροσωπευτικά αντικείμενα του κάθε κόσμου, όπως είναι οι «νανοπροεξοχούλες» και οι ιοί στον νανόκοσμο.

3η και 4η Οργανωμένη Δραστηριότητα

Το περιεχόμενο είναι επικεντρωμένο στο φαινόμενο του Λωτού και τα όργανα παρατήρησης. Εμφανίζεται ο πρίγκιπας, ο οποίος αναζητά τη Χιονάτη. Την προσοχή του τραβούν οι όμορφες διαφανείς χάντρες πάνω στα φύλλα του όμορφου Λωτού τις οποίες και σκέφτηκε να συγκεντρώσει για να φτιάξει ένα κολιέ δώρο για τη Χιονάτη. Στην προσπάθειά του όμως αυτή ανακαλύπτει πως οι χάντρες είναι σφαιρικές σταγόνες νερού που κατρακυλούν και καθαρίζουν το φύλλο. Οι απορίες του πρίγκιπα είναι πολλές ενώ ο διάλογος με το λουλούδι τον οδηγεί στο να ξεκινήσει και εκείνος το ταξίδι του προς τον νανόκοσμο. Παράλληλα τα νήπια έχουν την ευκαιρία με τις πληροφορίες που έχουν συλλέξει στις προηγούμενες δραστηριότητες να βοηθήσουν τον πρίγκιπα δίνοντας του οδηγίες, να αντιμετωπίσει τις δυσκολίες στο ταξίδι και να ανακαλύψει τη Χιονάτη χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα όργανα (μάτι, οπτικό μικροσκόπιο, ηλεκτρονικό μικροσκόπιο). Στις εικόνες 5 και 6 φαίνονται δύο από τις διαφάνειες που προβλήθηκαν κατά την αφήγηση.

Εικόνα 5: Ο πρίγκιπας ανακαλύπτει τη σφαιρικότητα των σταγόνων πάνω στο φύλλο του λωτού

Εικόνα 6: Ο πρίγκιπας ψάχνει τη Χιονάτη, παρατηρώντας με το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο

Περιγράφουμε δύο δράσεις αυτών των οργανωμένων δραστηριοτήτων.

- *«Οι σταγόνες που κυλούν»,* τα παιδιά καλούνται σε πρώτη φάση να αναπαραστήσουν τη λειτουργία των νανοπροεξοχών κρατώντας τη μπάλα ψηλά με τα δύο τους χέρια και μεταφέροντάς την στον προηγούμενο φίλο τους χωρίς να πέσει κάτω (το κάθε παιδί αναπαριστά με τα δυο του χέρια μια νανοπροεξοχούλα) (εικόνα 7). Στη συνέχεια καλούνται να σχηματίσουν με το σώμα τους τη σταγόνα και να κυλούν πάνω στο γκρίζο

πανί, μαζεύοντας όσες περισσότερες σκόνες (χαρτάκια) μπορούν (αυτοκαθαρισμός φύλλο λωτού) (εικόνα 8).

Εικόνα 7: Παίζοντας τη λειτουργία των νανοπροεξοχών

Εικόνα 8: Παίζοντας τον αυτοκαθαρισμό του φύλλου του λωτού

- *Επίδειξη και χρήση μοντέλου,* τα νήπια ενημερώνονται για το ρόλο του μοντέλου στην εργασία του επιστήμονα, το παρατηρούν και παίζουν προσπαθώντας να κατανοήσουν το πώς η σταγόνα καταφέρνει να συγκεντρώσει πάνω της τις σκόνες, με αποτέλεσμα να καθαρίσει το φύλλο (εικόνες 9 και 10).

Εικόνα 9: Μοντέλο αναπαράστασης της Χιονάτης στον νανόκοσμο

Εικόνα 10: Μοντέλο για την περιγραφή του αυτοκαθαρισμού στο φύλλο του λωτού

5η και 6η Οργανωμένη Δραστηριότητα

Αφορά την άφιξη του πρίγκιπα στον νανόκοσμο, την έκπληξή του για όσα παρατηρεί και όσα του αφηγείται η Χιονάτη σχετικά με το περιεχόμενό του: το χρώμα του νανόκοσμου, το φαινόμενο στο λουλούδι του Λωτού. Ακολουθεί μια σειρά δραστηριοτήτων με στόχο να κατανοήσουν τη λειτουργία, το μέγεθος και τη μη ορατότητα του Μικρόκοσμου και του Νανόκοσμου. Παραθέτουμε δύο από αυτές.

- *Πείραμα δοκιμής υδροφοβικότητας,* τα παιδιά πειραματίζονται με τη χρήση πιπέτας πιτσιλώντας πάνω στα φύλλα (μπρόκολο, μαρούλι, κουνουπίδι, παντζάρι κτλ.) για να παρατηρήσουν την κίνηση των σταγόνων καθώς και το σχήμα τους (εικόνα 11).

- *Συμπλήρωση πίνακα ταξινόμησης υδρόφοβων/υδρόφιλων*. Με βάση τα δεδομένα που συνέλεξαν από το πείραμα (εικόνα 11), συμπληρώνουν πίνακα διπλής εισόδου. Στην πρώτη στήλη τοποθετούν τα υδρόφοβα φύλλα και στη δεύτερη τα υδρόφιλα (εικόνα 12**).**

Εικόνα 11: Πείραμα υδροφοβικότητας

Εικόνα 12: Συμπλήρωση πίνακα διπλής εισόδου

2η Οργανωμένη Δραστηριότητα: Θεατρικό δρώμενο

Η συγκεκριμένη προσπάθεια εισαγωγής στοιχείων Νανοτεχνολογίας στο Νηπιαγωγείο ολοκληρώθηκε με την ανάπτυξη και υλοποίηση θεατρικού δρώμενου με τίτλο: «Όταν η Χιονάτη βρέθηκε στο Νανόκοσμο». Τα παιδιά μέσα από διαλογική συζήτηση με την νηπιαγωγό αποφάσισαν για τους ρόλους, τα σκηνικά τα όποια και κατασκεύασαν, το προφορικό περιεχόμενο της παράστασης[1] (εικόνα 13).

Εικόνα 13: Στιγμιότυπο από τη θεατρική παράσταση

[1] Η θεατρική παράσταση, στη διεύθυνση: https://www.youtube.com/watch?v=jmHowJb6fKs&t=6s.

4. Συζήτηση

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η πιλοτική προσπάθεια εισαγωγής στοιχείων της Νανοτεχνολογίας στο Νηπιαγωγείο. Αναπτύχθηκε μια ΔΜΑ μέσα από ένα αφηγηματικό κείμενο με τίτλο «Όταν η Χιονάτη βρέθηκε στο Νανόκοσμο». Η αποτίμηση της εφαρμογής αναδεικνύει ζητούμενα που ανήκουν σε ποικίλους ερευνητικούς χώρους.
Ειδικότερα, υπό το πρίσμα της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών, σημειώνουμε ότι, η συγκεκριμένη Νηπιαγωγός εργάστηκε μέσα σε μια κοινότητα μάθησης, η οποία φαίνεται να συνέβαλε θετικά στο εγχείρημα αυτό (Σχήμα 1). Έτσι, με κεντρικό ερώτημα, «πώς προάγονται οι εκπαιδευτικές καινοτομίες;» ανακύπτουν θέματα που αφορούν τη συνεργασία εκπαιδευτικών, ερευνητών, στελεχών εκπαίδευσης καθώς και την αυτονομία του εκπαιδευτικού (Spyrtou et al. 2016).
Επιπλέον, η εκμάθηση ενός καινοτομικού και εννοιολογικά σύνθετου περιεχομένου -όπως της Νανοτεχνολογίας- από νήπια είναι ένα ανοιχτό ερευνητικό ζητούμενο στο χώρο της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών (Ραβάνης 2005). Στην παρούσα ΔΜΑ συνδυάστηκαν ποικίλες μέθοδοι για την επίτευξη αυτού του στόχου, όπως είναι το αφηγηματικό κείμενο, η χρήση μοντέλων, τα βιωματικά παιχνίδια, το θεατρικό δρώμενο.
Στο επόμενο στάδιο της έρευνας σχεδιάζουμε να μελετήσουμε τα παραπάνω ερευνητικά ζητούμενα επαναλαμβάνοντας την εφαρμογή της ΔΜΑ σε νέο δείγμα νηπίων.

5. Βιβλιογραφία

Δημητριάδου, Α. (2016). *Νέοι Προσανατολισμοί της Διδακτικής*. Αθήνα: GUTENBERG.

Ραβάνης, Κ. (2005). Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Αθήνα: ΤΥΠΩΘΗΤΩ-ΓΙΩΡΓΟΣ ΔΑΡΔΑΝΟΣ

Σπύρτου, Α., Πέικος, Γ. & Μάνου, Λ. (2016). Ταξινόμηση και σειροθέτηση αντικειμένων για την κατανόηση του μεγέθους στην κλίμακα του νάνο από μαθητές Δημοτικού Σχολείου. Στο Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπουρδή (Επμ.). *Πρακτικά του 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;»* (σσ. 169-205). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Feather, J., L. & Aznar, M., F. (2011). *Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.

Hunzicker, J. (2011). Characteristics of Effective Professional Development: a checklist. *Professional Development in Education, 37*(2), 177-179.

Spyrtou, A., Lavonen, J., Zoupidis, A., Loukomies, A., Pnevmatikos, D., Juuti, K., Kariotoglou, P., (2016). Transferring a Teaching Learning Sequence Between Two Different Educational Contexts: the Case of Greece and Finland. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1-21.

Η ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΤΟΥ ΝΑΝΟ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΣΑΥΡΑΣ ΓΚΕΚΟ

Κωνσταντίνα Σακελλάρη[1], *Λεωνίδας Μάνου*[2]

[1]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Στην παρούσα αναρτημένη εργασία, περιγράφουμε την εισαγωγή ενός σύγχρονου επιστημονικού πεδίου, αυτό της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ) σε μαθητές Δημοτικού σχολείου, μέσω φαινομένων της φύσης. Συγκεκριμένα, επικεντρωνόμαστε στο να διερευνήσουν οι μαθητές το φαινόμενο της σαύρας Γκέκο, η οποία έχει την ικανότητα να σκαρφαλώνει στους τοίχους, «αψηφώντας» τη βαρύτητα, εξαιτίας της νανοδομής που υπάρχει στο πέλμα της. Στην αρχή, παρουσιάζουμε ορισμένα ιστορικά στοιχεία σχετικά με το φαινόμενο. Έπειτα, αναλύουμε και περιγράφουμε, την πιλοτική εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σε μαθητές Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου. Τέλος, αξιολογούμε την εφαρμοσιμότητα του εκπαιδευτικού υλικού και παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα της εφαρμογής.

Abstract

In this poster, we describe the introduction of a modern scientific topic to primary students, that of Nanoscience/Nanotechnology, via natural phenomena. Especially, we focus on the study of the γκέκο lizard, whose ability to climb on the wall «defying» gravity is due to the fact of the nanoscale structure on its feet. At the beginning, we present some historical facts. Then, we describe the pilot learning environment of the module to sixth grade primary school students. At the end, we discuss about the evaluation and applicability of the module based on the research results.

1. Εισαγωγή

Η Νανοεπιστήμη - Νανοτεχνολογία (Ν-ΕΤ) είναι ένας καινοτόμος διεπιστημονικός επιστημονικός κλάδος που έχει κάνει την εμφάνισή του σε τομείς της βιομηχανίας και της κοινωνικής ζωής, τις τελευταίες δεκαετίες (Jones et al. 2013). Τα φαινόμενα της νανοκλίμακας και οι πολλαπλές εφαρμογές που έχουν προκύψει εξαιτίας της αλλαγής των ιδιοτήτων των υλικών στη νανοκλίμακα, έχουν προκαλέσει το ενδιαφέρον των ερευνητών Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) για την εισαγωγή της Ν-ΕΤ σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Feather & Aznar 2011, Μάνου κ.α. 2013). Μεταξύ άλλων, προτείνεται η διδασκαλία φαινομένων της φύσης, των οποίων η λειτουργία βασίζεται σε δομές της νανοκλίμακας.
Τέτοιου είδους φαινόμενα, υποστηρίζεται ότι μπορούν να αυξήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη Ν-ΕΤ (Filiponi & Sutherland 2012, Lin et al. 2015, Πέικος κ.α. 2015). Ένα τέτοιο φαινόμενο, σχετίζεται με την ικανότητα της σαύρας γκέκο να περπατά σχεδόν σε κάθε επιφάνεια, λεία ή τραχιά και μπορεί ακόμη και να κρέμεται με το ένα πόδι από το ταβάνι, υπερνικώντας της βαρύτητα. Σχετικά, ο Αριστοτέλης πρώτος, (όπως μεταφράζει ο Thompson, 1910) στο βιβλίο του με τίτλο: «Η Ιστορία των Ζώων» αναφέρει ότι: *«Ο δρυοκολάπτης, μπορεί να τρέχει πάνω κάτω σε ένα δέντρο προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, ακόμη και με το*

κεφάλι προς τα κάτω, όπως κάνει και η σαύρα γκέκο» (Thompson 1910, τεύχος IX, σελ 182). Η ικανότητα αυτή της σαύρας οφείλεται στις πολυάριθμες διαμοριακές δυνάμεις van der Waals, που ασκούνται μεταξύ των τριχών του πέλματος της σαύρας με την επιφάνεια του τοίχου στη νανοκλίμακα (Autumn et al. 2002).
Στην παρούσα εργασία περιγράφεται το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε σε μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στόχος ήταν να κατανοήσουν οι μαθητές τη σημασία της νανοδομής στον μηχανισμό προσκόλληση της σαύρας. Επιπλέον, παρουσιάζουμε αποτελέσματα για την εξέλιξη της μάθησης του φαινομένου αυτού, από τους μαθητές.

2. Μεθοδολογία

Το εκπαιδευτικό υλικό που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε, βασίστηκε κατά κύριο λόγο στο πρόγραμμα NanoLeap (Sockman et al. 2012), το οποίο είχε ως σκοπό την εισαγωγή του φαινομένου της σαύρας σε μαθητές Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ωστόσο, κάποιες τροποποιήσεις κρίθηκε σημαντικό να γίνουν, επειδή η δική μας παρέμβαση απευθυνόταν σε μαθητές Δημοτικού Σχολείου. Για παράδειγμα, δεν επικεντρωθήκαμε στη φύση των ηλεκτρικών δυνάμεων van der Waals που αναπτύσσονται μεταξύ της επιφάνειας και του ποδιού της σαύρας, το οποίο απαιτεί μία στέρεη γνώση για τη δομή των ατόμων. Αντίθετα, επιδιώξαμε να αναπτύξουμε τον αιτιακό συλλογισμό: «Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια επαφής μεταξύ ποδιού και τοίχου, τόσο ισχυρότερη είναι η προσκόλληση της σαύρας» (Bhushan 2012). Η παρέμβαση υλοποιήθηκε πιλοτικά σε 12 μαθητές (5 αγόρια και 7 κορίτσια) Στ' τάξης Δημοτικού Σχολείου, μέσα σε 13 συναντήσεις διάρκειας μίας διδακτικής ώρας στην ευέλικτη ζώνη. Οι δραστηριότητες της κάθε συνάντησης παρουσιάζονται παρακάτω συνοπτικά στον πίνακα 1.

Πίνακας 1: Περιεχόμενο δραστηριοτήτων της κάθε διδακτικής προσέγγισης

Συνάντηση	*Περιεχόμενο*
1η	Ανάδειξη αρχικών ιδεών.
2η	Αναπαράσταση με ζωγραφιές ή τρισδιάστατες κατασκευές των αρχικών ιδεών των μαθητών.
3η	Μακρόκοσμος και μικρόκοσμος: Μελέτη της δομής εντόμων και ζώων.
4η	Οι βεντούζες του χταποδιού και του καλαμαριού.
5η	Η σαύρα και οι βεντούζες «κολλάνε» σε διαφορετικές επιφάνειες. Η νανοδομή της πατούσας στη σαύρα γκέκο.
66	Ανάπτυξη του Συλλογισμού: «Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια επαφής μεταξύ ποδιού και τοίχου, τόσο ισχυρότερη είναι η προσκόλληση της σαύρας». Σύνδεση του φαινομένου της σαύρας με σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές της N-ET.
7η	Συλλογή ιδεών για την κατασκευή του μοντέλου.
8η έως 13η	Κατασκευή μοντέλων για τη σαύρα γκέκο. Συμπλήρωση τελικών ιχνογραφημάτων (post).

Στην αρχή, πραγματοποιήθηκε ανάδειξη των αρχικών ιδεών των μαθητών για το φαινόμενο, με το έργο της Εικόνας 1. Στη συνέχεια, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη διαπραγμάτευση της κυρίαρχης ιδέας των μαθητών, ότι τα πόδια της σαύρας περιέχουν μικρές βεντούζες (2η έως 5η συνάντηση). Ανατέθηκε στους μαθητές να κατασκευάσουν μοντέλα της πατούσας της σαύρας ώστε να αναπαραστήσουν τις βεντούζες. Ακόμη, μελέτησαν τη δομή εντόμων και

ζώων στο μακρόκοσμο και το μικρόκοσμο και παρατήρησαν μέσω εικόνων οπτικού μικροσκοπίου, τις βεντούζες ζώων που προσκολλώνται σε επιφάνειες, όπως το χταπόδι και το καλαμάρι.

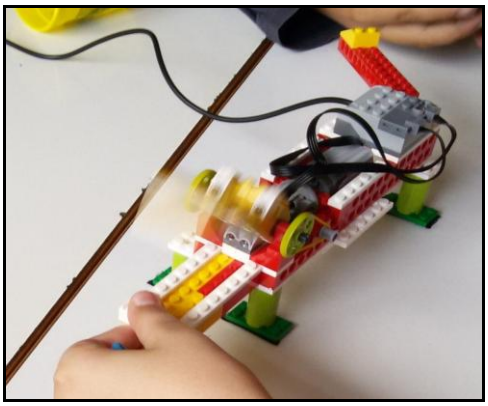
Εικόνα 1: Έργο για την ανάδειξη των ιδεών των μαθητών στο φαινόμενο της σαύρας γκέκο

Όνομα:…… Τάξη:……

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μία σαύρα (σαμιαμίδι) σκαρφαλωμένη σε τοίχο. Πώς θα ερμήνευες την ικανότητα της σαύρας να «κολλάει» στον τοίχο; Περίγραψε με λέξεις και σχήμα.

Επιπλέον, πειραματίστηκαν με πραγματικές βεντούζες, ώστε να καταλήξουν ότι είναι συγκεκριμένες οι επιφάνειες στις οποίες αυτές «κολλούν» (π.χ. οι βεντούζες δεν στερεώνονται σε τραχιές ξύλινες επιφάνειες, πάνω σε υφάσματα ή στο δέρμα των μαθητών). Στη συνέχεια, παρακολούθησαν ένα βίντεο με θέμα τη νανοδομή της πατούσας της σαύρας και έγινε συζήτηση σχετικά με τα βασικά δομικά της χαρακτηριστικά. Στόχος της έκτης συνάντησης, ήταν η ανάπτυξη του συλλογισμού ότι η αυξημένη επιφάνεια επαφής μεταξύ της σαύρας και της επιφάνειας (τοίχος), είναι υπεύθυνη για την ισχυρή της προσκόλληση. Όπως αναφέρθηκε, το φαινόμενο δεν συσχετίστηκε με την ύπαρξη ασθενών διαμοριακών δυνάμεων van der Waals που αναπτύσσονται μεταξύ της επιφάνειας και του ποδιού της σαύρας. Στην επόμενη συνάντηση, συζητήθηκε η σύνδεση του φαινομένου με σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές της N-ET (π.χ. επιθέματα για πληγές, γκέκο pad). Υποστηρίζεται ότι, μία τέτοια προσέγγιση όπου εμπλέκεται ένα περιεχόμενο με σχετικές εφαρμογές, είναι κατάλληλη για την κατανόηση φαινομένων νανοκλίμακας («easy to digest approach», Lin et al. 2015). Στα επόμενα μαθήματα, πραγματοποιήθηκε συλλογή ιδεών ώστε να κατασκευαστούν μοντέλα για την αναπαράσταση του φαινομένου της σαύρας όπως φαίνεται στην εικόνα 2α και 2β. Στο τέλος, συμπληρώθηκε ξανά το έργο της εικόνας 1, ώστε να αξιολογηθεί η μάθηση.

Εικόνα 2α: Μοντέλο σαύρας από Lego



Εικόνα 2β: Μοντέλο σαύρας γκέκο από πηλό

3. Αποτελέσματα

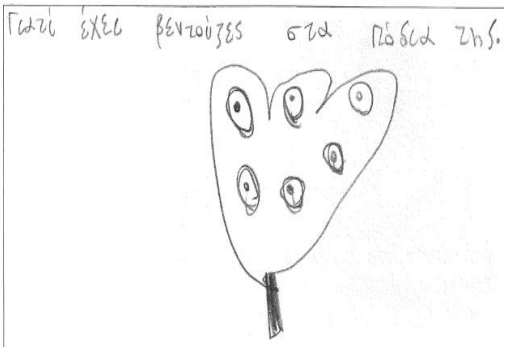
Οι μαθητές από τις πρώτες συναντήσεις έδειξαν έντονο ενδιαφέρον και ήταν πρόθυμοι να συνεργαστούν. Οι ίδιοι πρότειναν μόνοι τους κατασκευές και είχαν πολλές και ενδιαφέρουσες ιδέες για την μοντελοποίηση της σαύρας. Επιπλέον, το εκπαιδευτικό υλικό φάνηκε να έχει θετική εφαρμοσιμότητα καθώς δεν αντιμετώπισαν προβλήματα στην κατανόηση και την διαπραγμάτευσή του.
Στον πίνακα 2 παρουσιάζουμε τις απαντήσεις των μαθητών για τον μηχανισμό της προσκόλλησης της σαύρας, ενώ στις εικόνες 3 και 4 αντιπροσωπευτικά σχέδια μαθητών, τα οποία περιγράφουν την δομή του πέλματος της σαύρας πριν και μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ.
Η ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν από το έργο της εικόνας 1 (πίνακας 2), έδειξε ότι αρχικά, οι μαθητές αποδίδουν την ικανότητα της σαύρας στην ύπαρξη βεντούζας, νυχιών, σάλιου και γραμμών κάτω από τα πόδια της. Μετά την παρέμβαση, φαίνεται ότι βελτιώθηκε η ικανότητά τους να περιγράφουν και να αναπαριστούν τα δομικά χαρακτηριστικά του ποδιού της σαύρας που είναι υπεύθυνα για τη συγκράτησή της στους τοίχους. Δηλαδή, όλοι οι μαθητές ήταν σε θέση να χρησιμοποιούν όρους, όπως «νανοτριχίδια» και «σπάτουλες».

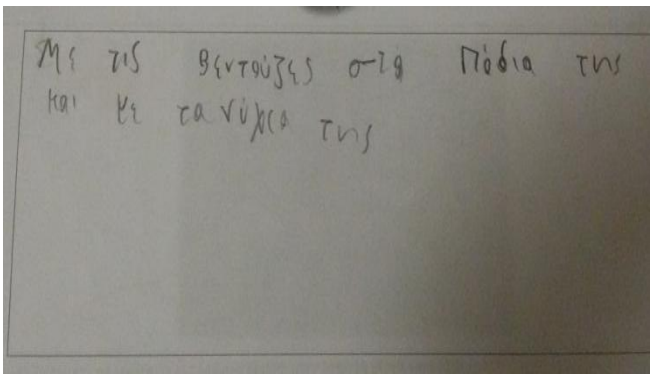
Πίνακας 2: Οι αρχικές και οι τελικές απαντήσεις των μαθητών στο έργο της εικόνας 1

Ιδέες / γνώσεις των μαθητών	Αρχική Μέτρηση	Τελική Μέτρηση
Νανοτριχίδια - σπάτουλες	0%	100%
βεντούζες	59%	0%
Γραμμές κάτω από τα πόδια	23%	0%
Σάλιο	12%	0%
Νύχια	6%	0%

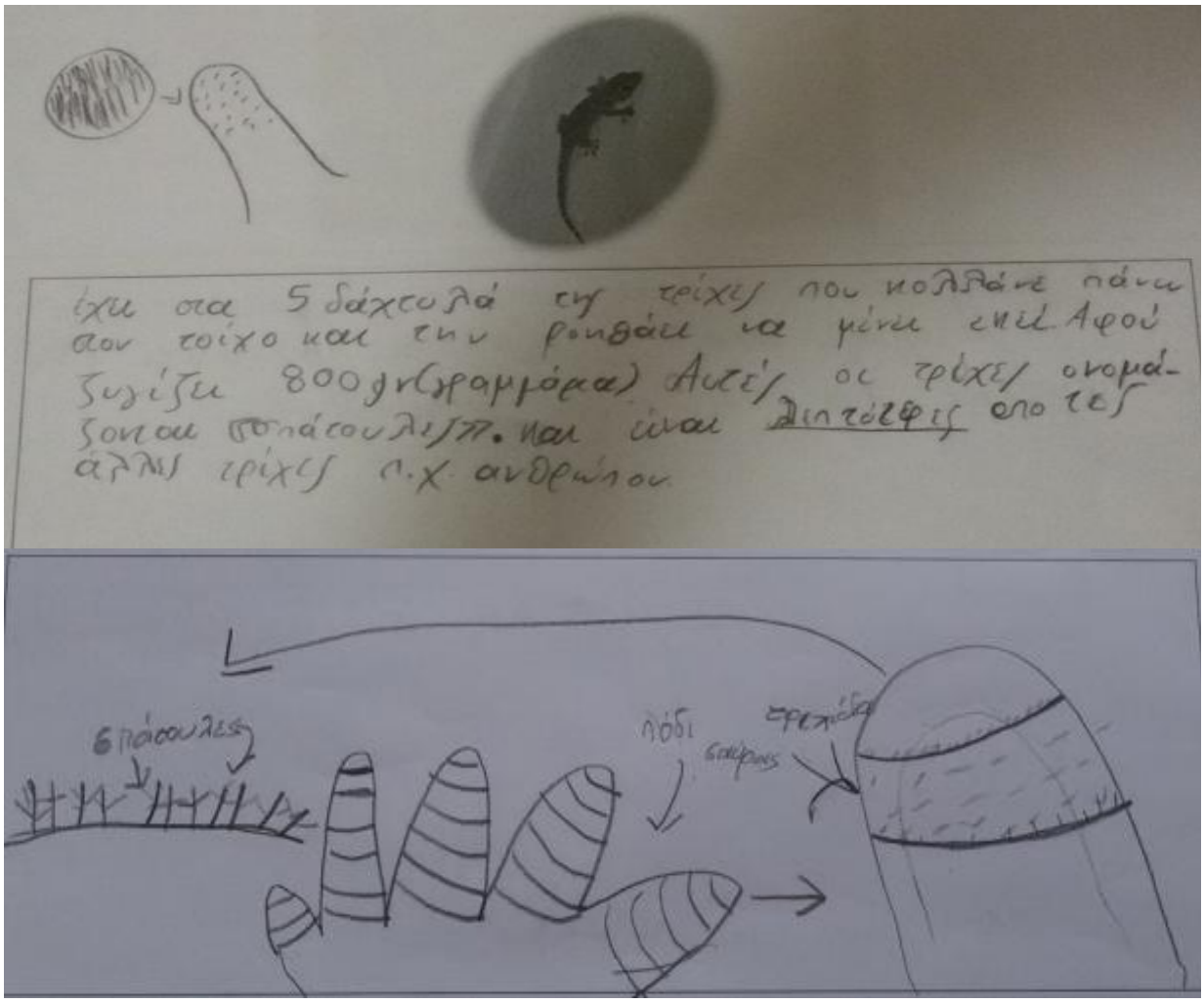
Από τις εικόνες που ακολουθούν, φαίνεται ότι μετά την εφαρμογή της ΔΜΑ, οι μαθητές όχι μόνο περιγράφουν με λόγια, αλλά και αναπαριστούν με ζωγραφιές, τις σπάτουλες των ποδιών της σαύρας.

Εικόνα 3: Σχέδια μαθητών όπου περιγράφεται η δομή της πατούσας της σαύρας πριν τη διδακτική παρέμβαση





Εικόνα 4: Σχέδια μαθητών όπου περιγράφεται η δομή της πατούσας της σαύρας μετά τη διδακτική παρέμβαση



4. Συμπεράσματα

Τα πρώτα αποτελέσματα, της πιλοτικής εφαρμογής της διδακτικής προσέγγισης, φαίνεται να έχουν θετικό πρόσημο ως προς την εφαρμοσιμότητα. Μετά την παρέμβαση, τα ζωγραφισμένα σχέδια των μαθητών είναι μία ένδειξη πως οι μαθητές είναι σε θέση να αποδίδουν το φαινόμενο της προσκόλλησης της γκέκο σε δομές της νανοκλίμακας, τις οποίες περιγράφουν με όρους, όπως νανοτριχίδια, σπάτουλες.
Υπογραμμίζουμε ότι το δείγμα της έρευνας είναι μικρό. Το επόμενο στάδιο της έρευνας είναι η καταγραφή των αρχικών ιδεών καθώς και η εφαρμογή της διδακτικής προσέγγισης σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών.

5. Βιβλιογραφία

Πέικος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2015). Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Πιλοτική εφαρμογή. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επμ.), *Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, (σσ. 327-346). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Ά. (2013). Η εισαγωγή της Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση: βιβλιογραφική επισκόπηση του περιεχομένου και σύνδεση του με το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες. *Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνέδριου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση* (σσ. 664-671). Βόλος.

Autumn, K., Sitti, M., Liang, Y. A., Peattie, A. M., Hansen, W., Sponberg, S., Kenny, T. W., Fearing, R., Israelachvili, J. N. & Full R. J. (2002). Mechanisms of adhesion in γκέκος. *Integrative and Comparative Biology,* 42(6), 1081-1090.

Bhushan, B. (2012). Biomimetics: bioinspired hierarchical-structured surfaces for green science and technology. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012

Feather, J., L. & Aznar, M., F. (2011). Nanoscience Education, Workforce Training, and K-12 Resources. Taylor & Francis Group.

Filiponi, L., Sutherland, D. (2012). Nanotechnologies: Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities. European Commission Luxemburg.

Jones, G., Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education*, *35*(9), 1490-1512.

Lin, S. Y., Wu, M. T., Cho, Y. I. & Chen, H. H. (2015). The effectiveness of a popular science promotion program on nanotechnology for elementary school students in I-Lan City. *Research in Science & Technological Education,* 1-16.

Sockman, B. R., Ristvey, J. & Jones, C. S. (2012). Student Understanding of Nanoscience through the Γκέκο's Surface to Surface Interactions. *International Journal of Engineering Education*, *28*(5), 1068-1077.

Thompson, D. A. W. (1910) *A History of Animals*. Book IX, part 9 (pp 182) Oxford: Clarendon Press

ΦΕΣΤΙΒΑΛ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ: ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΛΩΤΟΥ ΣΤΗΝ Α/ΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΜΙΑΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Γαρυφαλλιά Τζίμα, Γιώργος Πέικος

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Μέσα από τα νανοφαινόμενα του φυσικού κόσμου, όπως το φαινόμενο του λωτού, υποστηρίζεται ότι είναι δυνατόν να προσεγγιστούν όψεις του περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ) στο δημοτικό σχολείο. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται συγκεκριμένες εκπαιδευτικές δραστηριότητες οι οποίες αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο μιας κοινότητας μάθησης, για το «φαινόμενο του λωτού» στην Α/θμια εκπαίδευση. Οι δραστηριότητες μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν: α) μοντελοποίηση β) πειραματισμό με εφαρμογές της νανοτεχνολογίας όπως υπερυδρόφοβα υφάσματα και υλικά της καθημερινότητας γ) χρήση ΤΠΕ δ) κατασκευή αφίσας και ε) παρουσίαση μοντέλων σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΦΕ/ΤΧ).

Abstract

The introduction of natural nanophenomena, such as the lotus effect seems to be appropriate to introduce Nanoscience-Nanotechnology concepts to primary students. This paper presents specific educational activities within a learning community concerning the “lotus effect”. In these activities students engage in processes such as a) modeling, b) experimentation with nanotechnology applications such as super-hydrophobic clothes and every day materials, c) use of ICT, d) poster construction, e) presentation of models in a Science and Technology Festival.

1. Εισαγωγή

Οι κοινότητες μάθησης αφορούν ομάδες εκπαιδευτικών, μαθητών, ερευνητών της εκπαίδευσης καθώς και επαγγελματιών, οι οποίες συνεργάζονται για την ικανοποίηση κοινών στόχων, καθώς και για την ανταλλαγή δεξιοτήτων και γνώσεων. Τα μέλη των κοινοτήτων μάθησης συνήθως διακατέχονται από κοινές εμπειρίες και ενδιαφέροντα, δημιουργώντας μεταξύ τους ένα κλίμα αλληλόδρασης, σεβασμού και συνεργασίας (Δημητριάδου 2016, Kilpatrick et al. 2003, Φρυδάκη 2009). Για παράδειγμα, στην περίπτωση των μαθητών οι κοινότητες μάθησης παρέχουν ένα πλαίσιο μάθησης το οποίο έχει νόημα για αυτούς, καθώς μπορούν να διερευνήσουν θέματα τα οποία τους ενδιαφέρουν μέσω μιας ουσιαστικής συνεργασίας και αλληλόδρασης τόσο με τους συμμαθητές τους όσο με και τον εκπαιδευτικό.
Το Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, τα τελευταία χρόνια έχει συγκροτήσει την κοινότητα μάθησης *Florinano* η οποία ασχολείται με την εισαγωγή καινοτομιών στις Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.). Η *Florinano* αποτελείται από ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, σχολικούς συμβούλους, φοιτητές και μαθητές και αναλαμβάνει δράσεις σε δύο επίπεδα: α) στην οργάνωση και υλοποίηση του Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας (ΦΦΕ/ΤΧ) και β) στην εισαγωγή περιεχομένου της Νανοεπιστήμης-Νανοτεχνολογίας (Ν-ΕΤ) στην Α/θμια

εκπαίδευση. Η εργασία αυτή αποτελεί προϊόν αυτής της κοινότητας μάθησης και εστιάζει στις δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν για το «φαινόμενο του λωτού» στο πλαίσιο του 4ου ΦΦΕ/ΤΧ.

Το ΦΦΕ/ΤΧ αποτελεί καινοτομία της μη τυπικής εκπαίδευσης (Σπύρτου & Ζάχου 2015) και μπορούμε να πούμε ότι εντάσσεται στο άτυπο αναλυτικό πρόγραμμα το οποίο έχει ως χαρακτηριστικό την ευελιξία (Χαλκιά 2012). Πιο συγκεκριμένα το ΦΦΕ/ΤΧ είναι ένα επιστημονικό γεγονός το οποίο έχει ως στόχο να φέρει τους μαθητές σε επαφή με την επιστήμη με έναν τρόπο δημιουργικό και ευχάριστο (Σπύρτου & Ζάχου 2015). Ακολουθεί τις αρχές της αυθεντικής μάθησης εστιάζοντας στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Φ.Ε., μέσα σε ένα μαθησιακό περιβάλλον που κυριαρχεί η συνεργασία και η συγκρότηση κοινοτήτων μάθησης. Επιπλέον θεωρείται ότι μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη των διερευνητικών και κοινωνικών δεξιοτήτων των μαθητών καθώς και στην κριτική τους σκέψη (Δημητριάδου 2016, Σπύρτου & Ζάχου 2015).

Το φαινόμενο του λωτού σχετίζεται με την ιδιότητα της υπερυδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού. Τα ηλεκτρονικά μικροσκόπια αποκαλύπτουν μια ιεραρχική δομή στην επιφάνεια του φύλλου του λωτού. Συγκεκριμένα, παρατηρούνται δύο επίπεδα «εξογκωμάτων»: εξογκώματα σε μέγεθος της μικροκλίμακας και της νανοκλίμακας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η γωνία επαφής μεταξύ της σταγόνας και του φύλλου να είναι μεγάλη (πάνω από 150°) (Cheng & Rodak 2006). Έτσι, καθώς πέφτουν σταγόνες νερού στην επιφάνειά του, γίνονται σφαιρικές, κυλούν και συλλέγουν τα σωματίδια βρωμιάς, παρέχοντας στο φυτό έναν μηχανισμό αυτοκαθαρισμού (Cheng & Rodak 2006, Taylor et al. 2008).

Τα νανοφαινόμενα του φυσικού κόσμου, στα οποία εντάσσεται το φαινόμενο του λωτού εντοπίζονται σε προτάσεις διδασκαλιών σχετικές με την εισαγωγή του περιεχομένου της Ν-ΕΤ στην Α/θμια εκπαίδευση (Blonder & Sakhnini 2016, Πέικος κ.ά. 2015). Μάλιστα οι σχετικές εφαρμογές της Ν-ΕΤ, όπως υπερυδρόφοβα υφάσματα, υποστηρίζεται ότι προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθητών και αποτελούν ένα πλαίσιο με νόημα καθώς συνδέονται με την καθημερινή τους ζωή (Sakhnini & Blonder 2016).

2. Μεθοδολογία

Η κοινότητα μάθησης αποτελούνταν από μια προπτυχιακή φοιτήτρια, ερευνητές της ΔΦΕ και έξι μαθητές της Ε΄ τάξης (4 αγόρια και 2 κορίτσια) ενός ημιαστικού σχολείου της Φλώρινας. Η διάρκεια υλοποίησης των δραστηριοτήτων ήταν εφτά δίωρα μαθήματα. Εργαλείο για την συλλογή των δεδομένων αποτελούν οι γραπτές σημειώσεις που κρατούσε η φοιτήτρια κατά την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού από τους μαθητές. Στόχος αυτής της εργασίας είναι να παρουσιαστούν ανά δίωρο οι δραστηριότητες και τα υλικά που αναπτύχθηκαν μέσα από αυτή τη συνεργασία.

Επισημαίνουμε ότι οι μαθητές είχαν ήδη συμμετάσχει σε εργαστήρια σχετικά με τη Ν-ΕΤ, τα οποία προσέφερε ο εκπαιδευτικός της τάξης, ο οποίος είχε συμμετάσχει σε πρόγραμμα επιμόρφωσης για το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ. Οι δραστηριότητες σχεδιάζονταν λαμβάνοντας υπόψη τα ενδιαφέροντα, την ετοιμότητα και το μαθησιακό προφίλ, «τα δυνατά σημεία» δηλαδή των μαθητών, που συμμετείχαν στην κοινότητα μάθησης (Σπύρτου & Ζάχου 2015, Δημητριάδου 2016, Tomlinson & Allan, 2000). Ως εκ τούτου, αναζητήσαμε τι προκάλεσε το ενδιαφέρον τους για τη Ν-ΕΤ κατά τα εργαστήρια στα οποία ενεπλάκησαν.

3. Αποτελέσματα

Μέσα από σχετική συζήτηση που πραγματοποιήθηκε μεταξύ των μαθητών και της φοιτήτριας προέκυψε ως θέμα διερεύνησης «το φαινόμενο του λωτού». Παρακάτω παρουσιάζονται οι δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν για το φαινόμενο του λωτού σε κάθε δίωρο διδασκαλίας.

1ο δίωρο

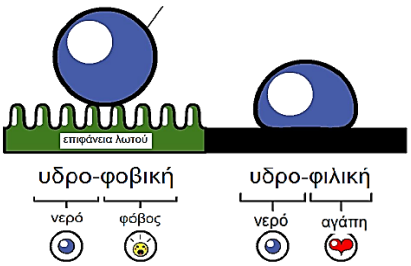
Στο πρώτο δίωρο έγινε προβολή βίντεο σχετικά με φυσικές και τεχνητές υπερυδρόφοβες επιφάνειες[2] και αμέσως μετά συζητήθηκε η χρησιμότητά τους στην καθημερινή ζωή. Για παράδειγμα, συζητήθηκε η χρησιμότητα των υπερυδρόφοβων υφασμάτων. Ακολούθησε μία πειραματική δραστηριότητα με τη χρήση υπερυδρόφοβης άμμου (εικόνα 1) και οι μαθητές συνέλεξαν πληροφορίες για το πώς λειτουργεί το φαινόμενο του λωτού από μία αφίσα (εικόνα 2) και σχετικά βίντεο. Έπειτα, έγινε διαπραγμάτευση για τη φύση και το ρόλο των μοντέλων με την υποστήριξη παρουσίασης PowerPoint. Για παράδειγμα συζητήθηκε η αναπαραστατική φύση του μοντέλου και η χρησιμότητά του για την μελέτη φαινομένων που είναι μακριά από την αισθητηριακή μας αντίληψη όπως τα φαινόμενα του νανόκοσμου. Τέλος, οι μαθητές συζήτησαν και αποφάσισαν από κοινού ότι επιθυμούν να κατασκευάσουν το μοντέλο μιας υπερυδρόφοβης μπλούζας, καθώς και να μετατρέψουν μια συμβατική μπλούζα σε υπερυδρόφοβη με τη χρήση κατάλληλου προϊόντος (σπρέι) της N-ET.

2ο δίωρο

Στο δεύτερο δίωρο οι μαθητές κατασκεύασαν ένα αρχικό μοντέλο της υπερυδρόφοβης μπλούζας (εικόνα 3) με βασικά υλικά το χαρτόνι, τους μαρκαδόρους και την κόλλα. Μοντελοποίησαν την επιφάνεια της μπλούζας, τα νανοεξογκώματα, τα βρώμικα σωματίδια και τη σταγόνα του νερού. Στο τέλος του δίωρου μαθήματος συζητήθηκαν οι περιορισμοί του μοντέλου των μαθητών και έγιναν προτάσεις για την αναθεώρησή του.

Εικόνα 1. Σταγόνες σε υπερυδρόφοβη άμμο

Εικόνα 2. Συλλογή δεδομένων από αφίσα



3ο δίωρο

Σε αυτό το δίωρο οι μαθητές ξεκίνησαν την κατασκευή του αναθεωρημένου μοντέλου για την υπερυδρόφοβη μπλούζα. Ειδικότερα αναπαρέστησαν την επιφάνεια της μπλούζας χρησιμοποιώντας ένα μεγάλο κομμάτι από φελιζόλ, το οποίο είχε αναλάβει να φέρει ένας μαθητής της κοινότητας μάθησης. Συζήτησαν και αποφάσισαν το χρώμα, το μέγεθος και το σχήμα το οποίο θα είχε το φελιζόλ, έπειτα το έκοψαν και το χρωμάτισαν με τέμπερες (εικόνα 4). Ακόμα, συζήτησαν με ποιόν τρόπο μπορούν να αναπαραστήσουν τα νανοεξογκώματα και

[2] Ενδεικτικά: https://www.youtube.com/watch?v=k8kGaSUSMHg

αποφάσισαν να χρησιμοποιήσουν πλαστικά μπουκάλια, τα οποία καλούνταν να έχουν συλλέξει μέχρι το επόμενο δίωρο.

4ο δίωρο

Στο τέταρτο δίωρο οι μαθητές έφεραν στην τάξη τα πλαστικά μπουκάλια και ξεκίνησαν τον χρωματισμό τους με τέμπερες. Κατά τη διάρκεια του χρωματισμού των μπουκαλιών, διεξήχθη συζήτηση σχετικά με την απόσταση που θα έπρεπε να έχουν μεταξύ τους. Έπειτα, η φοιτήτρια έδωσε οδηγίες για τον τρόπο χρήσης της σιλικόνης με την οποία οι μαθητές κόλλησαν τα πλαστικά μπουκάλια στο φελιζόλ (εικόνα 5). Τέλος, συζητήθηκε το τι υλικά είναι απαραίτητο να φέρουν οι μαθητές στο επόμενο δίωρο ώστε να αναπαραστήσουν α) τη σταγόνα β) τα σωματίδια βρωμιάς και γ) τον τρόπο αυτοκαθαρισμού στο μοντέλο τους.

Εικόνα 3: Σχεδιασμός αρχικού μονέλου

Εικόνα 4: Κατασκευή τελικού μοντέλου

5ο δίωρο

Στο πέμπτο δίωρο οι μαθητές αναπαρέστησαν τη σταγόνα του νερού, τα σωματίδια βρωμιάς και τον τρόπο αυτοκαθαρισμού. Χρησιμοποίησαν μία μπάλα για την αναπαράσταση της σταγόνας του νερού και έκοψαν υφάσματα σε τετράγωνα κομμάτια για την αναπαράσταση των βρώμικων σωματιδίων. Ως λύση για την αναπαράσταση του αυτοκαθαρισμού οι μαθητές πρότειναν και υλοποίησαν τη συγκόλληση κομματιών ταινίας βέλκρο πάνω στη μπάλα και στα υφάσματα. Έτσι καθώς η μπάλα κυλάει πάνω στα μπουκάλια συλλέγει τα κομμάτια υφασμάτων (εικόνα 6).

Εικόνα 5. Συγκόλληση των μπουκαλιών

Εικόνα 6. Αναπαράσταση του αυτοκαθαρισμού

6ο δίωρο

Στο έκτο δίωρο μάθημα συζητήθηκε ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να μετατρέψουμε μια συμβατική μπλούζα σε υπερυδρόφοβη με τη χρήση νανοσπρέι και ποιους κανόνες ασφαλείας χρειάζεται να ακολουθήσουμε. Ύστερα από τη συζήτηση, οι μαθητές χάραξαν μια γραμμή με μαρκαδόρο σε μια συμβατική μπλούζα, χωρίζοντάς την σε δύο μέρη. Αυτό πραγματοποιήθηκε επειδή οι μαθητές πρότειναν το ένα μέρος της μπλούζας να παραμείνει υδρόφιλο και το άλλο να μετατραπεί σε υπερυδρόφοβο, ώστε την ημέρα της παρουσίασης στο ΦΦΕ/ΤΧ να φαίνεται η διαφορά της σταγόνας πάνω στις δύο επιφάνειες. Στη συνέχεια, η εκπαιδευτικός ψέκασε το ένα μέρος της μπλούζας με το κατάλληλο νανοσπρέι ενώ κράτησε τους μαθητές σε απόσταση ασφαλείας από τον ψεκασμό. Τέλος, οι μαθητές κατασκεύασαν μια αφίσα (εικόνα 7), η οποία περιλάμβανε ένα οπτικό μοντέλο για την περιγραφή του φαινόμενου της υπερυδρόφοβης μπλούζας, με μια ζωγραφιά.

Εικόνα 7. Η αφίσα των μαθητών

Εικόνα 8. Τα εκθέματα των μαθητών

7ο δίωρο

Σε αυτό το δίωρο, οι μαθητές ασκήθηκαν στην δεξιότητα παρουσίασης των εκθεμάτων τους. Συγκεκριμένα, οργάνωσαν την σειρά παρουσίασης των εκθεμάτων τους αλλά και το ρόλο που θα έχει ο καθένας κατά την παρουσίαση. Έπειτα, έκαναν πρόβες για να εξοικειωθούν με τον τρόπο παρουσίασης αλλά και να μειώσουν το άγχος που ένιωθαν. Στην εικόνα 8 βλέπουμε τα τελικά εκθέματα των μαθητών, τα οποία παρουσίασαν την ημέρα της υλοποίηση του ΦΦΕ/ΤΧ.

4. Αποτίμηση - Συζήτηση

Οι μαθητές κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας του ΦΦΕ/ΤΧ πειραματίστηκαν με υπερυδρόφοβα νανοϋλικά και χρησιμοποίησαν ηλεκτρονικές και έντυπες πηγές για την συλλογή πληροφοριών για το φαινόμενο του λωτού. Επίσης, ασκήθηκαν στην δεξιότητα παρατήρησης σχετικά με το διαφορετικό σχήμα των σταγόνων σε υδρόφιλες και υπερυδρόφοβες επιφάνειες. Κατασκεύασαν ένα απτό και ένα οπτικό μοντέλο για την περιγραφή της δομής μιας υπερυδρόφοβης επιφάνειας, καθώς και της ιδιότητας του αυτοκαθαρισμού. Το οπτικό μοντέλο αποτελείται από ζωγραφιά των μαθητών και σχετικό κείμενο, ενώ το απτό μοντέλο από ανακυκλώσιμα υλικά και υλικά της καθημερινότητας. Τέλος, οι μαθητές ασκήθηκαν στην δεξιότητα παρουσίασης των εκθεμάτων τους σε ευρύ ακροατήριο στο ΦΦΕ/ΤΧ.

Οι διερευνητικές δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν μέσα στο σχολικό περιβάλλον και η παρουσίαση σε ευρύ ακροατήριο, φαίνεται ότι προκάλεσαν το ενδιαφέρον τους, και συνέβαλαν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων μοντελοποίησης, παρατήρησης, επικοινωνίας και συνεργασίας. Ως εκ τούτου, σε επόμενη διδακτική προσέγγιση, στην οποία θα συνδυάζονται διαδικασίες τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης, πρόκειται να αναπτύξουμε ερευνητικά εργαλεία με στόχο να μελετήσουμε την ανάπτυξη των παραπάνω δεξιοτήτων καθώς και το ενδιαφέρον των μαθητών για τις σχετικές με το περιεχόμενο της Ν-ΕΤ δραστηριότητες.

5. Βιβλιογραφία

Δημητριάδου, Κ. (2016). *Νέοι προσανατολισμοί της Διδακτικής. Προσαρμογή της διδασκαλίας στις εκπαιδευτικές προκλήσεις του 21ου αιώνα*. Αθήνα: Gutenberg.

Πέικος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2015). Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στο δημοτικό σχολείο. Πιλοτική εφαρμογή. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επμ.), *Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, (σσ. 327-346). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Σπύρτου, Α. & Ζάχου, Π. (2015). Εκπαιδευτικό υλικό για τις Φυσικές Επιστήμες στο Δημοτικό Σχολείο: ανάπτυξη και παρουσίαση του υλικού σε Φεστιβάλ Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίας. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επμ.), *Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, (σσ. 393-408). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Φρυδάκη, Ε. (2009). *Η διδασκαλία στην τομή της νεωτερικής και της μετανεωτερικής σκέψης.* Αθήνα: Κριτική.

Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Blonder, R. & Sakhnini, S. (2016). What Are the Basic Concepts of Nanoscale Science and Technology (NST) that Should Be Included in NST Educational Programs? In K. Winkelmann, B. Bhushan (eds.), *Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education, Science Policy Report*s. Florida: Springer International Publishing.

Cheng, Y. T., Rodak, D. E., Wong, C. A. & Hayden, C. A. (2006). Effects of micro-and nano-structures on the self-cleaning behaviour of lotus leaves. *Nanotechnology, 17*(5), 1359.

Kilpatrick, S., Jones, T. & Barrett, M. (2003). Defining learning communities. Centre for Research and Learning in Regional Australia.

Sakhnini, S. & Blonder, R. (2016). Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST. *International Journal of Science Education, 38*(3), 521-538.

Taylor, A., Jones, G. & Pearl, T. P. (2008). Bumpy, Sticky, and Shaky: Nanoscale Science and the Curriculum. *Science Scope, 31*(7), 28-35.

Tomlinson, C.A., Allan, S. D. (2000). *Leadership for Differentiating Schools & Classrooms*. Alexandria, Virginia: ASCD.

ΟΙ ΙΔΕΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΓΙΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΚΑ ΤΟΥ ΝΑΝΟ: ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΛΩΤΟΥ ΚΑΙ ΤΗΣ ΣΑΥΡΑΣ GECKO

Δημήτρης Αλεξίου, Γιώργος Πέικος, Λεωνίδας Μάνου

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Στην αναρτημένη αυτή εργασία παρουσιάζονται οι αρχικές ιδέες μαθητών σχετικά με το φαινόμενο του λωτού και της σαύρας γκέκο. Συμμετέχοντες της έρευνας ήταν 26 μαθητές Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Ερευνητικό εργαλείο αποτελεί το γραπτό ερωτηματολόγιο. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι οι μαθητές εκφράζουν εναλλακτικές ιδέες για τα φαινόμενα. Συγκεκριμένα, αποδίδουν τόσο το φαινόμενο του λωτού όσο και της σαύρας γκέκο σε φυσικά τους χαρακτηριστικά τα οποία είναι ορατά στον μακρόκοσμο, όπως. ότι το φύλλο είναι σκληρό και η σαύρα έχει βεντούζες στα πόδια της.

Abstract

In this poster we present students' initial ideas about the Lotus and the Gecko effect. Participants were 26 primary students (6th grade). The data was collected by a written questionnaire. Results revealed primary students' alternative ideas concerning these phenomena. Specifically, they seem to relate both lotus and gecko with their physical macroscale characteristics such as, the leaf is rough and, the gecko has cups on its feet.

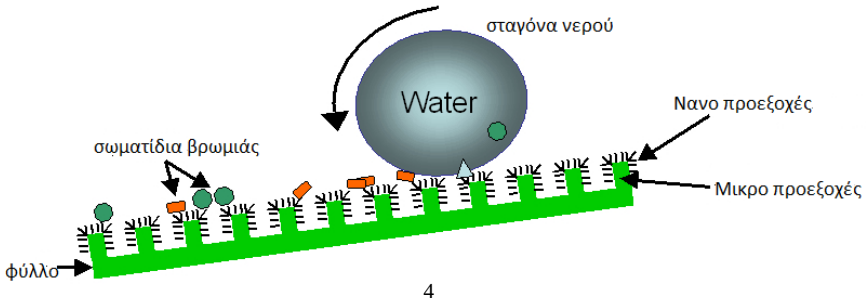
1. Εισαγωγή

Η Νανοεπιστήμη/Νανοτεχνολογία (Ν-ΕΤ) αποτελεί ένα διεπιστημονικό πεδίο έρευνας, που μελετά και «εκμεταλλεύεται» τις νέες ιδιότητες των υλικών, όταν αυτά αποκτήσουν μέγεθος που ανήκει στις διαστάσεις της νανοκλίμακας, δηλαδή περίπου 1-100 nm (Jones et al. 2013).Η ραγδαία ανάπτυξη του πεδίου αυτού τις τελευταίες δεκαετίες, και η εισχώρηση των προϊόντων Ν-ΕΤ στην σύγχρονη καθημερινή ζωή, όπως στην ηλεκτρονική, την υγεία και το περιβάλλον, έχουν προκαλέσει το ενδιαφέρον των ερευνητών της Διδακτικής των ΦΕ, ώστε να εισαχθούν βασικές έννοιες και φαινόμενα της κλίμακας του νάνο σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης (Ghattas & Carver 2012).

Στην εργασία αυτή επικεντρωνόμαστε στο να αναδείξουμε τις ιδέες των μαθητών του δημοτικού σχολείου για δύο φαινόμενα της φύσης, των οποίων ο μηχανισμός που τους διέπει βασίζεται σε δομές της νανοκλίμακας: το φαινόμενο της σαύρας γκέκο και το φαινόμενο του λωτού. Τα νανοφαινόμενα του φυσικού κόσμου υποστηρίζεται ότι είναι κατάλληλα για την εισαγωγή της Ν-ΕΤ στην Α/θμια εκπαίδευση και έχουν χαρακτηριστεί ως «βασικές έννοιες» της Ν-ΕΤ για το Δημοτικό σχολείο. Μάλιστα εφαρμογές που βασίζονται στα φαινόμενα αυτά μπορούν να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για τη Ν-ΕΤ, (Blonder & Sakhnini 2016, Huang et al. 2011, Hutchinson et al. 2011, Lin et al. 2015, Πέικος κ.ά. 2015, Σακελλάρη 2016).

Εν συντομία, η σαύρα γκέκο προσκολλάται και περπατά σε οποιαδήποτε επιφάνεια, ακόμα και ανάποδα. Τα πόδια της σαύρας δομούνται από δύο επίπεδα προεξοχών: α) προεξοχές της μικροκλίμακας (setae) και β) προεξοχές της νανοκλίμακας (spatulae). Το μικρό μέγεθος των προεξοχών της νανοκλίμακας δημιουργεί μια μεγάλη επιφάνεια επαφής μεταξύ του ποδιού της σαύρας και της επιφάνειας στην οποία περπατά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να αναπτύσσονται δυνάμεις Van der Waals μεταξύ σαύρας και επιφάνειας υπερνικώντας τη βαρύτητα (Filipponi & Sutherland 2010).
Το φαινόμενο του λωτού σχετίζεται με την ιδιότητα της υπερυδροφοβικότητας και του αυτοκαθαρισμού. Η επιφάνεια του φύλλου αυτού είναι τραχιά και περιλαμβάνει δύο επίπεδα «εξογκωμάτων»: εξογκώματα σε μέγεθος της μικροκλίμακας, και εξογκώματα σε μέγεθος νανοκλίμακας (εικόνα 1). Έτσι, όταν πέφτουν σταγόνες νερού πάνω σε αυτή την τραχιά επιφάνεια, η σταγόνα γίνεται σφαιρική, κυλάει και μαζεύει όλα τα σωματίδια βρωμιάς, παρέχοντας στο φυτό έναν μηχανισμό αυτοκαθαρισμού (Cheng & Rodak 2006, Taylor et al. 2008). Το λάχανο και ο λωτός εμφανίζουν την ιδιότητα της υπερυδροφοβικότητας. Στην περίπτωση της έρευνάς μας χρησιμοποιούμε το λάχανο το οποίο είναι συνυφασμένο με την καθημερινότητα των Ελλήνων μαθητών.

Εικόνα 1. Αναπαράσταση της επιφάνειας του λωτού[3]



4

Η εργασία αυτή αφορά το πρώτο στάδιο μιας έρευνας, στην οποία πρόκειται να αναπτυχθούν εκπαιδευτικά υλικά για την προσέγγιση του περιεχομένου του φαινομένου του λωτού και της σαύρας γκέκο. Στόχος της εργασίας είναι να καταγράψουμε ποιες είναι οι αρχικές ιδέες των μαθητών Δημοτικού Σχολείου για φαινόμενα της φύσης στη κλίμακα του νάνο.

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικά Ερωτήματα

Συμμετέχοντες της έρευνας είναι μαθητές της Στ' τάξης δύο Δημοτικών σχολείων της ευρύτερης περιοχής της Φλώρινας. Η Στ' τάξη του ενός σχολείου αποτελούνταν από οκτώ μαθητές (4 αγόρια και 4 κορίτσια) και του δεύτερου σχολείου από 18 μαθητές (10 αγόρια και 8 κορίτσια). Τα συγκεκριμένα σχολεία επιλέχθηκαν επειδή οι εκπαιδευτικοί των τάξεων αυτών επιμορφώθηκαν σε φαινόμενα και έννοιες της Ν-ΕΤ, τα οποία επρόκειτο να εισάγουν στους μαθητές τους.
Τα ερευνητικά ερωτήματα (ΕΕ) είναι τα εξής:

- *ΕΕ1α.* Ποια είναι τα επίπεδα κατανόησης των μαθητών για το φαινόμενο του Λωτού;
- *ΕΕ1β.* Ποιες κατηγορίες αναγνωρίζονται σε κάθε επίπεδο κατανόησης για το φαινόμενο του Λωτού;

[3] Προσαρμογή από https://www.thenakedscientists.com/articles/features/biomimetics-borrowing-biology

- *ΕΕ2α.* Ποια είναι τα επίπεδα κατανόησης των μαθητών για το φαινόμενο της προσκόλλησης της σαύρας γκέκο;
- *ΕΕ2β.* Ποιες κατηγορίες αναγνωρίζονται σε κάθε επίπεδο κατανόησης για το φαινόμενο της προσκόλλησης της σαύρας γκέκο;

Ως ερευνητικό εργαλείο χρησιμοποιήσαμε ένα γραπτό ερωτηματολόγιο με τα παρακάτω έργα:

Α) Δύο αδέρφια, αφού έπλυναν ένα κομμάτι λάχανο παρατήρησαν το εξής: «οι σταγόνες μόλις έπεφταν πάνω στο λάχανο γίνονταν στρόγγυλες σαν μπίλιες». Για ποιο λόγο νομίζεις ότι μπορεί να συμβαίνει αυτό; Εξήγησέ το με σχέδιο και με λόγια.

Β) Παρακολούθησε το βίντεο «Σαύρα που σκαρφαλώνει»: Πώς νομίζεις ότι η σαύρα καταφέρνει να σκαρφαλώνει στο τοίχο χωρίς να πέφτει; Εξήγησε με σχέδιο και με λόγια.

Η μέθοδος ανάλυσης δεδομένων είναι η ανάλυση περιεχομένου (Elo & Kyngäs 2007). Όσον αφορά την ανάλυση των δεδομένων για το ΕΕ1α και ΕΕ2α ακολουθήσαμε τη μέθοδο από πάνω προς τα κάτω (top down). Συγκεκριμένα αναζητήσαμε Μονάδες Ανάλυσης (ΜΑ) και τις ταξινομήσαμε σε επίπεδα κατανόησης με βάση τους (Πείκος κ.ά. 2015) και (Σακελλάρη 2016). Όσον αφορά τα ΕΕ1β και ΕΕ2β αναλύσαμε τα δεδομένα αφενός με βάση τις κατηγορίες που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία (Σακελλάρη 2016, Πρόγραμμα NanoLeap[5]) αφετέρου με τη μέθοδο από κάτω προς τα πάνω (bottom up). Ακολούθως παρουσιάζονται τα επίπεδα κατανόησης (Ε) και οι κατηγορίες για κάθε ΕΕ.
Για το ΕΕ1α βασιστήκαμε σε τέσσερα επίπεδα κατανόησης (Πείκος κ.ά. 2015) τα οποία είναι τα εξής:

- Ε3 «Επιστημονική άποψη»: Περιγραφή του φαινομένου με όρους του νανογραμματισμού σχετικούς με το συγκεκριμένο φαινόμενο, όπως νανοεξογκώματα και υδροφοβικότητα.
- Ε2 «Μερικώς επιστημονική άποψη»: Απλή περιγραφή του φαινομένου χωρίς τη χρήση όρων του νανογραμματισμού.
- Ε1 «Μακριά από την επιστημονική άποψη/εναλλακτικές ιδέες/ασάφειες»: Το φαινόμενο περιγράφεται με όρους που σχετίζονται με τα φυσικά χαρακτηριστικά του λάχανου ή με τα φυσικά χαρακτηριστικά της σταγόνας που είναι ορατά στον μακρόκοσμο, για παράδειγμα ότι το λάχανο έχει λεπτό φύλλο.
- Ε0 «Καμία απάντηση».

Για το ΕΕ1β με βάση τα δεδομένα δημιουργήσαμε δύο κατηγορίες.
Κατηγορία 1: ΜΑ από της οποίες φαίνεται ότι οι μαθητές αποδίδουν το φαινόμενο του Λωτού στα φυσικά χαρακτηριστικά του λάχανου τα οποία είναι αισθητά στο μακρόκοσμο.
Κατηγορία 2: Ασαφείς ΜΑ.
Για το ΕΕ2α βασιστήκαμε σε τέσσερα επίπεδα κατανόησης (Σακελλάρη 2016) προσθέτοντας επιπλέον χαρακτηριστικά στο Ε1(μαγνήτες).

- Ε3 «Επιστημονική άποψη»: περιγραφή του φαινομένου με όρους του νανογραμματισμού σχετικούς με το συγκεκριμένο φαινόμενο, όπως νανοτριχίδια.
- Ε2 «Μερικώς επιστημονική άποψη»: απλή περιγραφή του φαινομένου χωρίς τη χρήση όρων του νανογραμματισμού.

[5] Διαθέσιμο στο: http://www2.mcrel.org/nanoleap/ps/PS_ExploringMysteryGecko_SJ.pdf

- Ε1 «Μακριά από την επιστημονική άποψη/ εναλλακτικές ιδέες/ ασαφής»: το φαινόμενο αποδίδεται σε βεντούζες, κολλώδεις ουσίες, νύχια και μαγνήτες ή εντοπίζονται ασαφείς μονάδες ανάλυσης.
- Ε0 «Καμία απάντηση».

Για το ΕΕ2β με βάση τα δεδομένα δημιουργήσαμε πέντε κατηγορίες:

Κατηγορία 1: ΜΑ από τις οποίες φαίνεται ότι οι μαθητές αποδίδουν το φαινόμενο της προσκόλλησης σε βεντούζες.

Κατηγορία 2: ΜΑ από τις οποίες φαίνεται ότι οι μαθητές αποδίδουν το φαινόμενο της προσκόλλησης σε κολλώδεις ουσίες.

Κατηγορία 3: ΜΑ από τις οποίες φαίνεται ότι οι μαθητές αποδίδουν το φαινόμενο της προσκόλλησης σε νύχια.

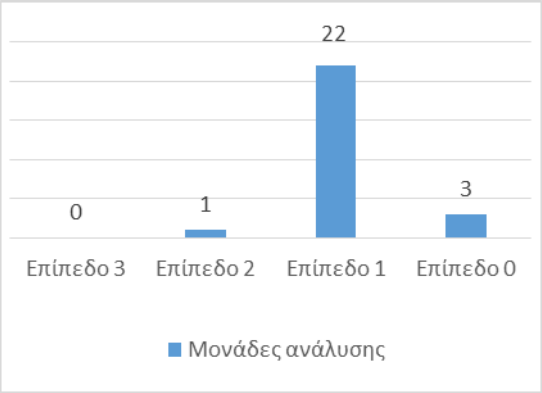
Κατηγορία 4: ΜΑ από της οποίες φαίνεται ότι οι μαθητές αποδίδουν το φαινόμενο της προσκόλλησης σε μαγνήτες.

Κατηγορία 5: Ασαφείς ΜΑ.

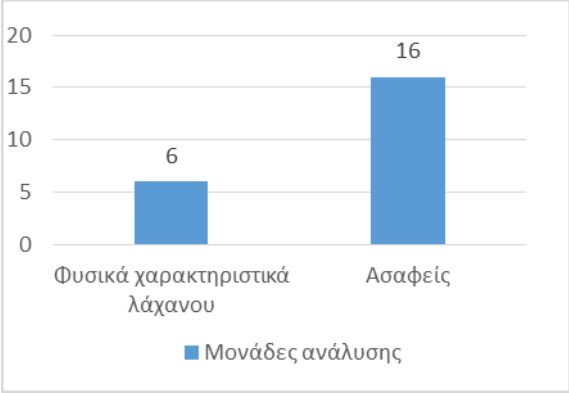
3. Αποτελέσματα

Όσον αφορά το φαινόμενο του λωτού, και συγκεκριμένα το ΕΕ1α στο γράφημα 1 παρατηρούμε ότι οι περισσότερες ΜΑ εντάσσονται στο Ε1. Παραδείγματα ΜΑ για το Ε1 είναι τα εξής: «Εγώ πιστεύω ότι το λάχανο έχει λεία επιφάνεια γι' αυτό όταν πέφτει πάνω του [νερό] γίνονται μπίλιες», «Γιατί το λάχανο ήταν υγρό».
Σχετικά με το ΕΕ1β στο γράφημα 2 παρατηρούμε ότι 16 ΜΑ εντάσσονται στην κατηγορία 2 (ασαφείς ΜΑ), για παράδειγμα ένας μαθητής ανέφερε «Είναι έτσι επειδή δεν είναι καλά τριμμένο», «Γιατί το λάχανο θα το απορροφήσει ή θα πέφτουν στον πάγκο». Στην κατηγορία 1 (φυσικά χαρακτηριστικά του λάχανου στον μακρόκοσμο) εντοπίζονται έξι ΜΑ και χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα εξής: «Είναι σκληρά τα φύλλα του και δεν μπορεί να απορροφήσει νερό», «Γιατί όταν ρίχνεις κάτω ή πάνω σε κάτι γίνεται μπίλιες επειδή είναι στερεό».

Γράφημα 1: Επίπεδα κατανόησης για το φαινόμενο του Λωτού.

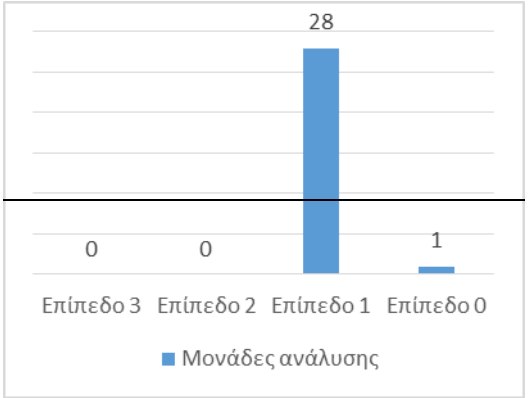


Γράφημα 2: Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για το φαινόμενο του Λωτού

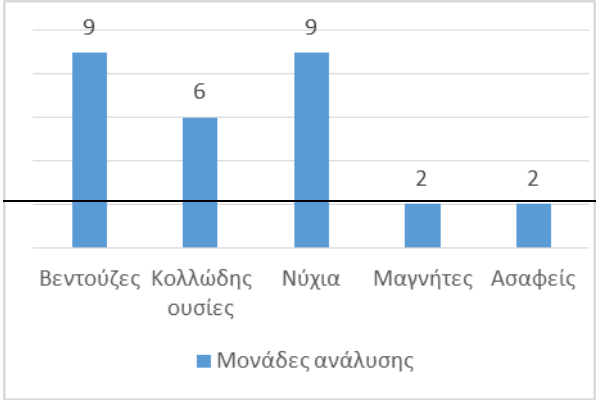


Για το ΕΕ2α από το γράφημα 3 φαίνεται ότι σχεδόν όλες οι ΜΑ εντάσσονται στο Ε1. Παράδειγμα ΜΑ σε αυτό το επίπεδο είναι το εξής: «Η σαύρα σκαρφαλώνει στον τοίχο με τα νύχια της και με τις βεντούζες που έχει στα πόδια της».

Γράφημα 3: Επίπεδα κατανόησης για το φαινόμενο της σαύρας γκέκο



Γράφημα 4: Εναλλακτικές ιδέες για το φαινόμενο της σαύρας γκέκο



Όσον αφορά το ΕΕ2β στο γράφημα 4 παρατηρούμε ότι οι περισσότερες ΜΑ μοιράζονται ισάριθμα στην κατηγορία «βεντούζες» και «νύχια». Χαρακτηριστικές ΜΑ σε αυτές τις κατηγορίες είναι οι εξής: «Η σαύρα έχει κάτι σαν βεντούζες που κολλάνε και γι' αυτό μπορεί και σκαρφαλώνει», «Την βοηθάν τα νύχια που έχει». Στην κατηγορία «κολλώδεις ουσίες» εντοπίζονται έξι ΜΑ. Παράδειγμα ΜΑ στην κατηγορία αυτή είναι το εξής: «Η σαύρα έχει μια κολλώδη ουσία στα πόδια που μπορεί να περπατάει στον τοίχο και στα δέντρα». Τέλος στην κατηγορία «μαγνήτες» και στις «ασάφειες» εντοπίζονται από δύο ΜΑ.

4. Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή καταγράψαμε τις αρχικές ιδέες μαθητών του δημοτικού σχολείου για δύο φαινόμενα τα οποία εντάσσονται στην κλίμακα του νάνο. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι και για τα δύο φαινόμενα το σύνολο των μαθητών δίνει απαντήσεις οι οποίες είναι μακριά από την επιστημονική άποψη. Μεταξύ των απαντήσεων αυτών εντοπίσαμε ένα μοτίβο. Οι μαθητές εξηγούν το φαινόμενο με όρους του μακρόκοσμου. Συγκεκριμένα οι μαθητές θεωρούν ότι οι σταγόνες γίνονται σφαιρικές πάνω σε ένα υπερυδρόφοβο υλικό εξαιτίας των φυσικών χαρακτηριστικών του ίδιου του υλικού τα οποία όμως είναι ορατά στον μακρόκοσμο. Όσον αφορά το φαινόμενο της σαύρας γκέκο οι μαθητές το αποδίδουν σε φυσικά χαρακτηριστικά του ποδιού της σαύρας, τα οποία επίσης είναι ορατά στον μακρόκοσμο, για παράδειγμα ότι έχει στα πόδια της νύχια ή κόλλα. Τα ευρήματα αυτά είναι σύμφωνα με προγενέστερες έρευνες (Πέικος κ.ά. 2015, Σακελλάρη 2016, Πρόγραμμα NanoLeap).

Από τα παραπάνω αναδεικνύεται η αναγκαιότητα να αναπτυχθεί διδασκαλία η οποία να συνδυάζει διερευνητικά και εποικοδομητικά χαρακτηριστικά (Χαλκιά 2012). Μια τέτοια διδασκαλία μπορεί να ξεκινάει από την προσπάθεια ερμηνείας του φαινομένου με βάση τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά των υπερυδρόφοβων ή προσκολλητικών υλικών και να καταλήγει στην ερμηνεία του φαινομένου με βάση τα νανοσκοπικά χαρακτηριστικά των υλικών αυτών.

Η προσέγγιση του περιεχομένου της Ν-ΕΤ στην υποχρεωτική εκπαίδευση θεωρείται μια νέα ερευνητική πρόκληση του 21^{ο} αι., στο πεδίο της Διδακτικής των ΦΕ. Οι έρευνες για τις ιδέες

των μαθητών Δημοτικού σχολείου, για φαινόμενα και έννοιες στην κλίμακα του νάνο είναι περιορισμένες και η αναρτημένη αυτή εργασία αποτελεί μία απόκριση σε αυτήν την έλλειψη.

5. Βιβλιογραφία

Πέικος, Γ., Μάνου, Λ. & Σπύρτου, Α. (2015). Σχεδιασμός και ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας στο Δημοτικό σχολείο. Πιλοτική εφαρμογή. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επμ.), *Πρακτικά του 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»*, (σσ. 327-346). Ρόδος: Σχολή Ανθρωπιστικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου

Σακελλάρη, Κ. (2016). Προσεγγίζοντας διερευνητικά φαινόμενα της κλίμακας του Νάνο στο Δημοτικό Σχολείο (Πτυχιακή) http://dspace.uowm.gr/xmlui/handle/123456789/304

Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Blonder, R. &Sakhnini, S. (2016). What Are the Basic Concepts of Nanoscale Science and Technology (NST) that Should Be Included in NST Educational Programs? In Global Perspectives of Nanoscience and Engineering Education(pp. 117-127). Springer International Publishing.

Cheng, Y. T., Rodak, D. E., Wong, C. A. & Hayden, C. A. (2006). Effects of micro-and nano-structures on the self-cleaning behaviour of lotus leaves. *Nanotechnology, 17*(5), 1359.

Elo, S. & Kyngäs, H. (2007). The qualitative content analysis process. *Journal of advanced nursing, 62* (1), 107-115.

Filipponi, L. & Sutherland, D. (2010). Introduction to Nanoscience and Nanotechnologies. Chapter 1, http://nanoyou.eu/attachments/188_Module-1-chapter-1.pdf

Ghattas, N. I. & Carver, J. S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Researchin Science & Technological Education, 30*(3), 271-284.

Huang, C. Y., Hsu, L. R. & Chen, H. C. (2011). A study on the core concepts of nanotechnology for the elementary school. Journal of National Taichung University: Mathematics, Science & Technology, 25, 1–22.

Hutchinson, K., Bodner, G. M. & Bryan, L. (2011). Middle-and high-school students' interest in nanoscale science and engineering topics and phenomena. Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 1(1), 4.

Jones, G. Blonder, R., Gardner, G., Albe, V., Falvo, M., Chevrier, J. (2013). Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges. *International Journal of Science Education. 35*(9), 1490-1512.

Lin, S. Y., Wu, M. T., Cho, Y. I. & Chen, H. H. (2015). The effectiveness of a popular science promotion program on nanotechnology for elementary school students in I-Lan City. Research in Science & Technological Education, 33(1), 1-16.

Taylor, A., Jones, G. & Pearl, T. P. (2008). Bumpy, Sticky, and Shaky: Nanoscale Science and the Curriculum. *Science Scope, 31*(7), 28-35.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΚΑΙ ΥΠΕΥΘΥΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

Αιμιλία Μιχαηλίδη[1], Γιάννης Σγουρός[1], Αθανάσιος Βελέντζας[2], Κυριακή Δημητριάδη[3], Αχιλλέας Μανδρίκας[4], Αντώνης Μαργαρίτης[3], Κατερίνα Σάλτα[5], Δημήτρης Σταύρου[1]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
[2]Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Αμπελοκήπων
[3]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[4] Σχολικός Σύμβουλος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης
[5]Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Ηλιούπολης

Περίληψη

Στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISITIBLE, 5 εκπαιδευτικοί σε συνεργασία με Μουσεία Επιστημών, Ερευνητικά Κέντρα και Ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ανέπτυξαν μια διδακτική ενότητα Νανοτεχνολογίας. Σε επόμενη φάση οι εκπαιδευτικοί αυτοί έδρασαν ως πολλαπλασιαστές και επιμόρφωσαν εντός κοινοτήτων μάθησης 32 συναδέλφους τους στην εφαρμογή της ενότητας που ανέπτυξαν και άλλων 2 ανάλογων ενοτήτων. Στην παρούσα εργασία διερευνούμε τις δυνατότητες και δυσκολίες που παρουσιάζονται α) κατά την ανάπτυξη μιας διδακτικής ενότητας νανοτεχνολογίας και θεμάτων ΥΕΚ και β) κατά την ευρύτερης κλίμακας εφαρμογή ενοτήτων σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων.

Abstract

In the context of the EU project IRRESISITIBLE, 5 teachers in cooperation with Science Museums, Research Centers and Researchers of Science Education developed a Nanotechnology module. In the next phase those teachers acted as multipliers and trained within learning communities 32 colleagues in the implementation of the module they developed and two other respective respective modules. In this paper we investigate the possibilities and difficulties that arise a) during the development of a teaching module on nanotechnology and RRI issues and b) during a wider-scale implementation of modules on cutting-edge research topics.

1. Εισαγωγή

Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα IRRESISTIBLE (http://www.irresistible-project.eu) είχε ως στόχο την προώθηση της ενεργού συμμετοχής εκπαιδευτικών και μαθητών στη διαδικασία της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (ΥΕΚ), μέσα από την εκπαίδευση εκπαιδευτικών και την ανάπτυξη διδακτικού υλικού στα θέματα αυτά. Αναγνωρίζοντας, από τη μια μεριά τη σημασία της ενσωμάτωσης κοινωνικο- επιστημονικών ζητημάτων στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) για την καλλιέργεια του επιστημονικού γραμματισμού (Hofstein et al. 2011, Kolstø 2001), αλλά και από την άλλη τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί στη διαχείριση τέτοιων θεμάτων (Angell et al. 2004) αναπτύχθηκαν στο πλαίσιο του προγράμματος διδακτικές ενότητες πάνω σε θέματα σύγχρονης έρευνας αιχμής.

Η σύγχρονη επιστημονική έρευνα ενδείκνυνται για τη διαπραγμάτευση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων καθώς αντιπροσωπεύει μια επιστήμη "εν τη γενέσει" της, που δεν έχει χαρτογραφηθεί πλήρως και συνεπώς δεν είναι γνωστές και προβλεπόμενες όλες οι πιθανές συνέπειές της (Levinson 2006). Το γεγονός αυτό την καθιστά πρόσφορο πεδίο για αντιπαράθεση διαφορετικών απόψεων τόσο επιστημόνων όσο και άλλων φορέων.
Ως άξονες για τη διαχείριση των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων που εγείρονταν από κάθε αντικείμενο, αξιοποιήθηκαν οι διαστάσεις της ΥΕΚ: Ενεργός εμπλοκή, Ισότητα των Φύλων, Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, Ηθική δεοντολογία, Ελεύθερη πρόσβαση, Ορθή Διακυβέρνηση (European Commission 2012). Η ΥΕΚ αντιπροσωπεύει μια σύγχρονη άποψη της διασύνδεσης μεταξύ επιστήμης και κοινωνίας καθώς στόχος είναι η δημιουργία μιας κοινής αντίληψης του ρόλου διαφόρων εμπλεκόμενων παραγόντων (κυβερνήσεων, επιστημόνων, ομάδων πολιτών κλπ) απέναντι στις διαδικασίες της έρευνας και της καινοτομίας (Sutcliffe 2011). Για το λόγο αυτό διερευνάται η διδακτική αξιοποίηση της ΥΕΚ και ως πλαισίου διαπραγμάτευσης κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (Blonder 2016).
Εξίσου καινοτόμα υπήρξε η προσέγγιση της ανάπτυξης διαδραστικών επιστημονικών εκθεμάτων από τους μαθητές ως μέσου για την επικοινωνία της επιστημονικής γνώσης. Η παραγωγή και η ανάπτυξη εκθεμάτων είναι μια διαδικασία που εμπλέκει τους μαθητές στην έρευνα αντικατοπτρίζοντας μάλιστα όλες τις όψεις της διερεύνησης όπως είναι η ικανότητα διαμόρφωσης ερωτημάτων, σχεδιασμού δραστηριοτήτων, αναζήτησης και χρήσης δεδομένων προκειμένου να διατυπωθούν επιστημονικές εξηγήσεις και συμπεράσματα (Kampschulte & Parchmann, 2015). Εκτός από το γνωστικό τομέα όμως η ανάπτυξη εκθεμάτων καλλιεργεί συγχρόνως και θετικές στάσεις απέναντι στην επιστήμη, αλλά και δεξιότητες συνεργασίας και επικοινωνίας (Marsee & Davies-Wilson 2014). Έτσι, μέσα από την προετοιμασία εκθεμάτων που προβάλλουν την ΥΕΚ, μέσω σύγχρονων γνωστικών αντικειμένων, οι μαθητές εμπλέκονται σε μια συζήτηση και διερεύνηση η οποία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη τόσο για τη βαθύτερη κατανόηση του περιεχομένου, των διαδικασιών και της φύσης της επιστήμης και της τεχνολογίας όσο και για την γνωστική, κοινωνική, πολιτική και ηθική τους ανάπτυξη (Hammerich 2000).
Ακόμα, σε ότι αφορά στην ίδια τη διαδικασία εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών, μέσω του προγράμματος προωθήθηκε η δημιουργία κοινοτήτων μάθησης, όπου οι εκπαιδευτικοί αλληλεπέδρασαν ισότιμα με συναδέλφους, ερευνητές και επιστήμονες, αντάλλαξαν εμπειρίες, γνώσεις και πρακτικές. Έρευνες των Akerson, Cullen & Hanson (2009) και της Inman (2011) για την επίτευξη πιο μακρόβιων αποτελεσμάτων στις επιμορφώσεις εκπαιδευτικών, προτείνουν τη συμμετοχή των εκπαιδευτικών σε κοινότητες μάθησης καθώς μέσα από την αλληλεπίδρασή τους με ισότιμα μέλη συντελείται η αλληλο-μόρφωσή τους, η επαγγελματική τους εξέλιξη και οικοδομείται η διδακτική τους ταυτότητα.
Στην παρούσα εργασία επιχειρούμε να διερευνήσουμε τον τρόπο με τον οποίο εν ενεργεία εκπαιδευτικοί αναπτύσσουν και εφαρμόζουν διδακτικές ενότητες σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων με κοινωνικο-επιστημονικές διαστάσεις στα πλαίσια κοινοτήτων μάθησης.
Συγκεκριμένα τα ερευνητικά μας ερωτήματα είναι:
α) Ποιες δυνατότητες και δυσκολίες παρουσιάζονται κατά την ανάπτυξη μιας διδακτικής ενότητας νανοτεχνολογίας και θεμάτων ΥΕΚ από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς;
β) Ποιες δυνατότητες και δυσκολίες παρουσιάζονται κατά την ευρύτερης κλίμακας εφαρμογή ενοτήτων σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων με κοινωνικο-επιστημονικές διαστάσεις από εν ενεργεία εκπαιδευτικούς;

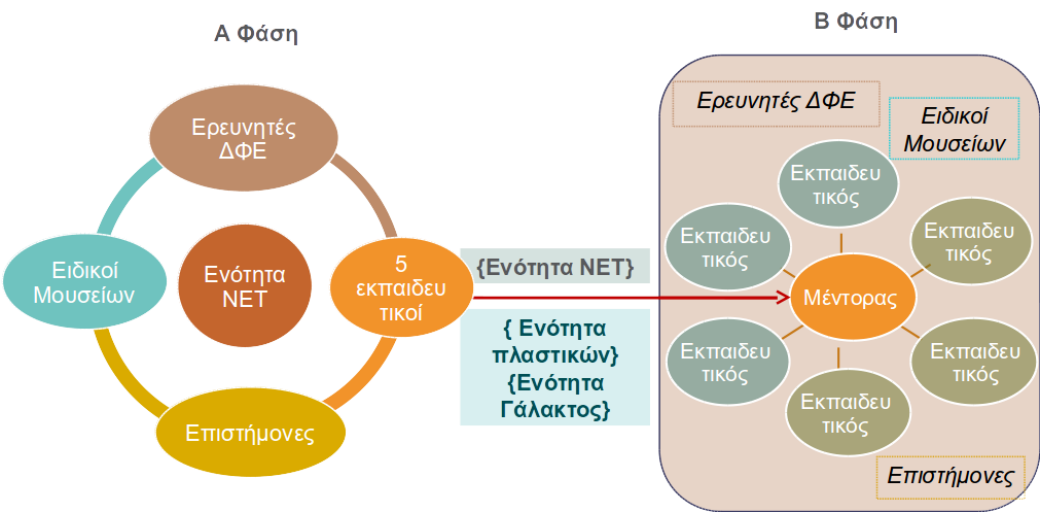
2. Μεθοδολογία

Ο σχεδιασμός της έρευνας που βασίστηκε στο πρόγραμμα IRRESISTIBLE είχε ως εξής:

Στη διάρκεια της Α΄ φάσης, 5 εκπαιδευτικοί (ένας εκπαιδευτικός της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και 4 εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης – 2 φυσικοί και 2 χημικοί), σε συνεργασία με ερευνητές στο πεδίο της επιστήμης, ερευνητές της διδακτικής των ΦΕ και ειδικούς της επικοινωνίας της επιστήμης ανέπτυξαν και υλοποίησαν μια διδακτική ενότητα σχετικά με τη Νανοτεχνολογία και πτυχές της ΥΕΚ. Η ενότητα αυτή υλοποιήθηκε πιλοτικά από τους εκπαιδευτικούς στις τάξεις τους και μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας της ενότητας οι συμμετέχοντες μαθητές ανέπτυξαν διαδραστικά εκθέματα για να επικοινωνήσουν στο κοινό τις νεο-αποκτηθείσες γνώσεις τους. Η διαδικασία αυτή διήρκεσε 12 μήνες στη διάρκεια των οποίων έλαβαν χώρα 10 τηλεδιασκέψεις και 3 διά ζώσης συναντήσεις της κοινότητας μάθησης. Οι πρώτες συναντήσεις ήταν αφιερωμένες στην εξοικείωση των εκπαιδευτικών με το επιστημονικό αντικείμενο της Νανοτεχνολογίας, τις διαστάσεις της ΥΕΚ και την ανάπτυξη διαδραστικών εκθεμάτων. Στη συνέχεια οι συναντήσεις επικεντρώθηκαν στη δόμηση της ενότητας και αφού αυτή πήρε την τελική της μορφή στην εφαρμογή σε τάξεις και την αξιολόγησή της.

Στη διάρκεια της Β΄ φάσης, οι 5 αυτοί εκπαιδευτικοί (στο εξής μέντορες) έδρασαν ως πολλαπλασιαστές και εκπαίδευσαν στα πλαίσια κοινοτήτων μάθησης άλλους 32 εκπαιδευτικούς (5 έως 10 ο καθένας) στην εφαρμογή της ενότητας που ανέπτυξαν οι ίδιοι αλλά και άλλων 2 ενοτήτων που αναπτύχθηκαν από αντίστοιχες ομάδες άλλων χωρών στην Α' φάση (Σχήμα 1). Οι 32 εκπαιδευτικοί, που προέρχονταν από όλες τις βαθμίδες και υπηρετούσαν σε διαφορετικούς τύπους σχολείων της Αθήνας και της Κρήτης, εφάρμοσαν τις ενότητες στις τάξεις τους και στο τέλος της εφαρμογής οι μαθητές τους ανέπτυξαν και πάλι επιστημονικά εκθέματα με έμφαση στις κοινωνικο-επιστημονικές διαστάσεις των αντικειμένων που διαπραγματεύτηκαν.
Οι 3 ενότητες στις οποίες επιμορφώθηκαν και εφάρμοσαν οι εκπαιδευτικοί στη Β' φάση ήταν οι: *Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας,* που αναπτύχθηκε από την ελληνική ομάδα με τη συμμετοχή και των μεντόρων, *Πλαστικά στους Ωκεανούς,* που αναπτύχθηκε από τους Γερμανούς εταίρους και *Μητρικό γάλα για μια υγιή ανάπτυξη*, που αναπτύχθηκε από του Ολλανδούς εταίρους.

Σχήμα 1. Σύνδεση Α και Β φάσης προγράμματος IRRESISTIBLE



Η Β' φάση του προγράμματος διήρκεσε 10 μήνες, στη διάρκεια των οποίων οργανώθηκαν περίπου 12 συναντήσεις των κοινοτήτων.

- Οι πρώτες συναντήσεις αφορούσαν τα μέλη της κοινότητας μάθησης της Α' φάσης τα οποία ανέλαβαν να οργανώσουν το πλαίσιο διεξαγωγής της επιμόρφωσης.
- Στη συνέχεια, και αφού οι σχηματίστηκαν οι 5 νέες κοινότητες μάθησης ξεκίνησε το κύριο μέρος της επιμορφωτικής διαδικασίας όπου μελετήθηκε σε βάθος το υλικό των ενοτήτων από πλευράς επιστημονικού περιεχομένου, διδακτικής αξιοποίησης (βάσει της διερευνητικής μάθησης) και ανάδειξης πτυχών της ΥΕΚ.
- Στις επόμενες συναντήσεις, που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της εφαρμογής των ενοτήτων, οι μέντορες παρείχαν την υποστήριξή τους στους εκπαιδευτικούς βοηθώντας τους στην προσαρμογή των ενοτήτων στις ανάγκες των μαθητών τους.
- Ως κατακλείδα της εφαρμογής των ενοτήτων στις τάξεις, οι μαθητές που συμμετείχαν στο πρόγραμμα κλήθηκαν να αναπτύξουν επιστημονικά εκθέματα σχετικά με την ενότητα που διαπραγματεύθηκαν, στα οποία να ενσωματώνουν εκτός από όψεις του γνωστικού περιεχομένου και προβληματισμούς σχετικά με την ΥΕΚ.
- Μετά την ολοκλήρωση του προγράμματος οι εκπαιδευτικοί έδωσαν την ανατροφοδότησή τους σχετικά με τις ενότητες που εφαρμόστηκαν και τη λειτουργία των κοινοτήτων μάθησης.

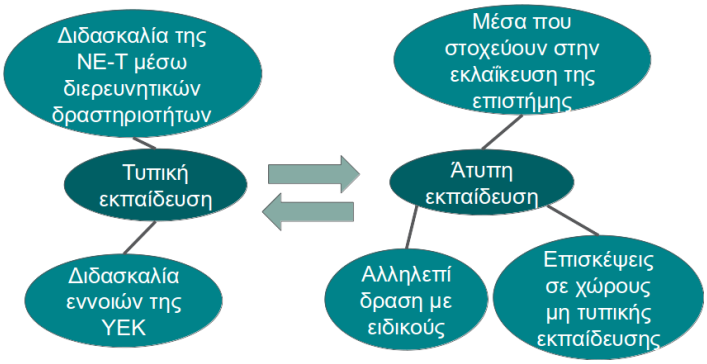
Και στις δύο φάσεις του προγράμματος έγινε πολυδιάστατη συλλογή δεδομένων. Ειδικότερα, πραγματοποιήθηκε βιντεοσκόπηση/ μαγνητοσκόπηση των τηλεδιασκέψεων και των δια ζώσης συναντήσεων, δόθηκαν ερωτηματολόγια για τις αντιλήψεις/ ανάγκες των εκπαιδευτικών σε σχέση με τις διαστάσεις του προγράμματος (Επιστημονικό περιεχόμενο, Υπεύθυνη Έρευνα & Καινοτομία, επικοινωνία της επιστήμης μέσω εκθεμάτων), ερωτηματολόγια σχετικά με τις τροποποιήσεις που πραγματοποίησαν στο διδακτικό υλικό αλλά και ημιδομημένες συνεντεύξεις αναφορικά με την δομή και την λειτουργία των κοινοτήτων μάθησης.

3. Αποτελέσματα

Αποτελέσματα από την Α φάση υλοποίησης

Η ανάπτυξη μιας διδακτικής ενότητας Νανοτεχνολογίας και η ενσωμάτωση σε αυτήν όψεων της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας ήταν ο κύριος στόχος της ΄΄Κοινότητας Μάθησης΄΄ που δημιουργήθηκε κατά την Α φάση του προγράμματος. Στην προσπάθεια ολοκλήρωσης αυτού του εγχειρήματος, οι 5 εκπαιδευτικοί στάθμισαν την αλληλεπίδραση τους τόσο με τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς (ειδικοί της τάξης) όσο και με τους εξειδικευμένους συνεργάτες- ερευνητές της κοινότητας, ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες και προκλήσεις στην πορεία δόμησης και υλοποίησης της ενότητας. Το άκρως υποστηρικτικό πλαίσιο της κοινότητας, δημιούργησε τις προϋποθέσεις ώστε οι εκπαιδευτικοί να νιώσουν την απαραίτητη ασφάλεια και αυτοπεποίθηση προσκομίζοντας καινοτόμες ιδέες για την δόμηση της ενότητας.

Σχήμα 2. Αλληλεπίδραση στοιχείων τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης στην ενότητα που αναπτύχθηκε

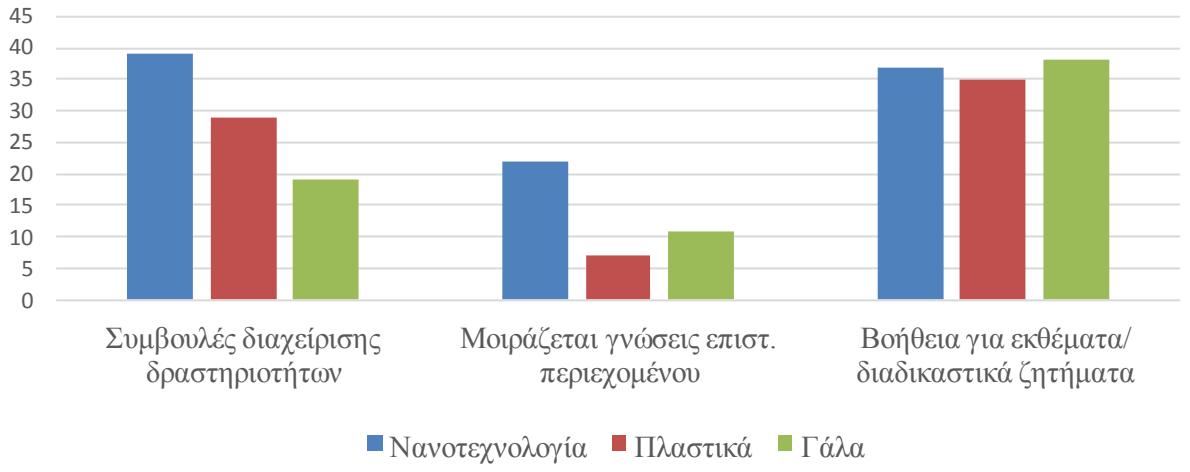


Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2, η ενότητα που ανέπτυξαν ενσωματώνει ισορροπημένα στοιχεία τόσο της τυπικής (πρακτικές δραστηριότητες για τη διερεύνηση όψεων της νανοτεχνολογίας και των κινδύνων της) όσο και της μη τυπικής εκπαίδευσης (επισκέψεις σε κέντρα επιστημών και εργαστήρια για να γνωρίσουν καινοτόμες εφαρμογές και να συζητήσουν με τους επιστήμονες για ζητήματα ΥΕΚ).

Αποτελέσματα από την Β φάση υλοποίησης

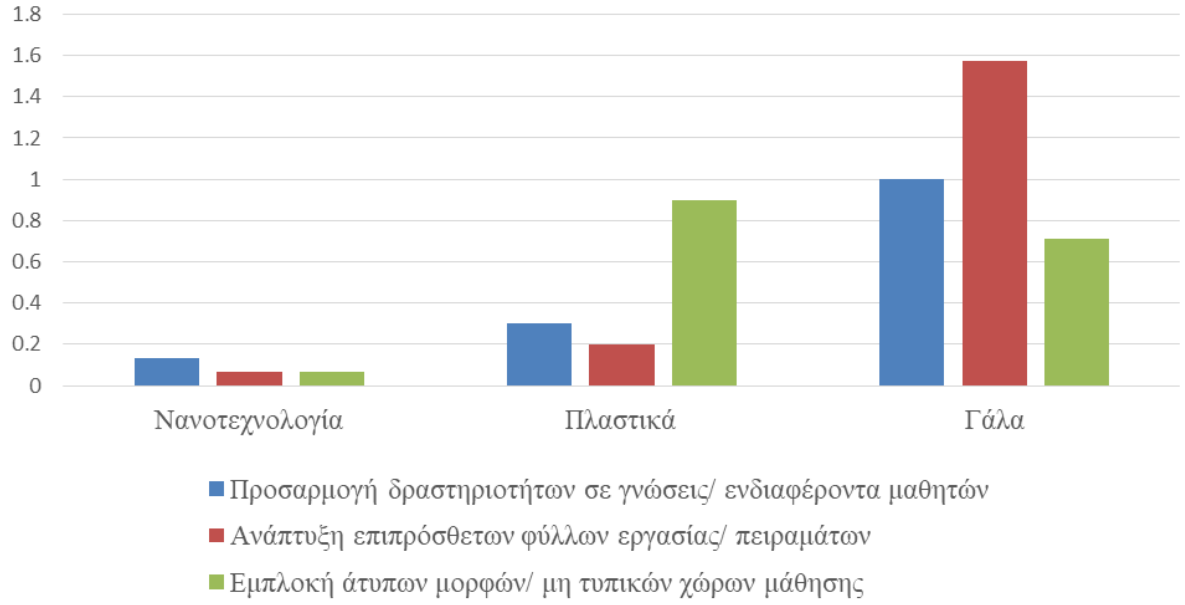
Στη Β φάση του προγράμματος, στόχος των 5 κοινοτήτων μάθησης που δημιουργήθηκαν ήταν η επιμόρφωση και η ευρύτερης κλίμακας εφαρμογή της ενότητας που αναπτύχθηκε στην Α φάση και άλλων δύο ενοτήτων, παρόμοιων προδιαγραφών, που αναπτύχθηκαν από άλλους εταίρους του προγράμματος. Ο ρόλος των μεντόρων στη διαδικασία αυτή ήταν καθοριστικός, αφού μέσα από διαφόρων τύπων παρεμβάσεις, όπως φαίνεται στο Γράφημα 1, καθοδήγησαν τους εκπαιδευτικούς σε όλη τη διάρκεια της επιμόρφωσης και εφαρμογής των διδακτικών ενοτήτων στις τάξεις. Οι βασικότερες παρεμβάσεις στις οποίες προέβησαν αφορούσαν συμβουλές για τη διαχείριση δραστηριοτήτων και τον διαμοιρασμό γνώσεων επιστημονικού περιεχομένου, αλλά και για πιο πρακτικά ζητήματα σχετικά με την ανάπτυξη των εκθεμάτων. Όπως φαίνεται στο Γράφημα 1, το πλήθος των παρεμβάσεων σχετικά με το επιστημονικό περιεχόμενο και τη διαχείριση του υλικού ήταν πολύ μεγαλύτερο στην ενότητα της νανοτεχνολογίας την οποία οι ίδιοι είχαν αναπτύξει και εφαρμόσει κατά την προηγούμενη φάση του προγράμματος.

Γράφημα 1. Κύριες παρεμβάσεις μεντόρων ανά ενότητα



Οι επιμορφούμενοι εκπαιδευτικοί από την πλευρά τους εμφάνισαν υψηλό βαθμό οικειοποίησης των ενοτήτων καθώς προέβησαν σε προσαρμογές του διδακτικού υλικού. Οι μεγαλύτερης έκτασης και πιο θεμελιώδεις τροποποιήσεις αφορούσαν κυρίως την προσαρμογή του διδακτικού υλικού στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών και στην ενίσχυση της αλληλεπίδρασης των μαθητών με ερευνητικά κέντρα, ενώ έγιναν και μικρότερης κλίμακας αλλαγές στα φύλλα εργασίας, όπως φαίνεται στο γράφημα 2.
Από τα παραπάνω γραφήματα διαφαίνεται ότι η ανάπτυξη και προηγούμενη εφαρμογή της ενότητας της νανοτεχνολογίας στην Α φάση από τους ίδιους μέντορες επηρέασε άμεσα τον βαθμό παρέμβασής τους έναντι των άλλων δύο ενοτήτων. Το γεγονός αυτό αποτυπώνεται και στον αριθμό των τροποποιήσεων τις οποίες πραγματοποίησαν οι εκπαιδευτικοί ο οποίος είναι αρκετά πιο περιορισμένος στην ενότητα της νανοτεχνολογίας από ότι στις άλλες ενότητες.

Γράφημα 2. Τροποποιήσεις εκπαιδευτικών ανά ενότητα



4. Συμπεράσματα

Η πολυδιάστατη δομή των κοινοτήτων μάθησης συνέθεσε ένα άκρως υποστηρικτικό πλαίσιο εκπαίδευσης εκπαιδευτικών για την ανάπτυξη και στην συνέχεια εφαρμογή διδακτικών ενοτήτων σύγχρονων επιστημονικών αντικειμένων με κοινωνικο-επιστημονικές διαστάσεις. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, οι εκπαιδευτικοί κατάφεραν να συνθέσουν αρμονικά στοιχεία τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης τα οποία και ενσωμάτωσαν στην διδασκαλίας τους. Οι κοινότητες μάθησης όμως αποτέλεσαν και πολύ λειτουργικό περιβάλλον και κατά την προσπάθεια "ανοίγματος" της εφαρμογής των ενοτήτων αυτών σε περισσότερους εκπαιδευτικούς, καθώς παρείχαν την υποστήριξη για την δημιουργική αξιοποίηση του παρεχόμενου υλικού, έτσι ώστε να μπορέσει να εφαρμοστεί με τις κατάλληλες προσαρμογές σε ποικίλα σχολικά πλαίσια.

5. Βιβλιογραφία

Akerson, V. L., Cullen, T. A. & Hanson, D. L. (2009). Fostering a community of practice through a professional development program to improve elementary teachers' views of nature of science and teaching practice. *Journal of research in Science Teaching*, 46(10), 1090-1113.

Blonder, R., Zemler, E. & Rosenfeld, S. (2016). The story of lead: a context for learning about responsible research and innovation (RRI) in the chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 1145-1155.

European Commission (2012). Responsible Research & Innovation. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/sciencesociety/document_library/pdf_06/responsible-research-andinnovationleaflet_en.pdf

Hammerich, P. (2000). Confronting students' conceptions of the nature of science with cooperative controversy. In W. McComas (Ed.), *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp.127-136). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers

Hofstein, A., Eilks, I. & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education—A pedagogical justification and the state-of-the-art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education,* 9(6), 1459-1483.

Inman, S. (2011). Developing communities of learners. *Curriculum Journal,* 22(4), 469-483.

Kampschulte, L. & Parchmann, I. (2015). The student-curated exhibition – a new approach to getting in touch with science, *Lumat,* 3(4), 462-482

Kolstø, S. (2001): Scientific literacy for citizenship: Tools for dealing with the science dimension of controversial socioscientific issues. *Science Education,* 85(3), pp. 291-310.

Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education,* 28(10), 1201- 1224.

Marsee, M. & Davies-Wilson, D. (2014). Student-Curated Exhibits: A Vehicle towards Student Engagement, Retention, and Success. *Research & Teaching In Developmental Education,* 30(2), 80.

Sutcliffe, H. (2011), A report on responsible research and innovation. Brussels: Matter. Retrieved on 21/6/2016 from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/rri-report-hilarysutcliffe_en.p

ΣΤΑΣΗ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Ελένη Κίτσιου, Κωνσταντίνος Κώτσης

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Περίληψη

Οι Φυσικές Επιστήμες ως αντικείμενό τους έχουν τη μελέτη των φυσικών φαινομένων, τον προσδιορισμό των αρχών τους, τον σχηματισμό υποθέσεων και τη διεξαγωγή παρατηρήσεων και πειραμάτων. Με την παρούσα εργασία επιδιώξαμε να αναδείξουμε κατά πόσο η Φυσική, η Χημεία, η Βιολογία, η Γεωγραφία και οι Περιβαλλοντικές Επιστήμες είναι αρεστές σε φοιτητές/-ριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης Ιωαννίνων, αν θέλουν να τις διδάξουν κι αν νιώθουν έτοιμοι για αυτό. Επιλέξαμε να αναφερθούμε στις Φυσικές Επιστήμες όπως αυτές διδάσκονται στο Δημοτικό σχολείο. Μάλιστα η σχέση τους με αυτές, πιθανόν επηρεάζει τη διδακτική πράξη.

Abstract

The object of the Natural Sciences is to study the natural phenomena, to determine their authorities, to form the hypotheses and to conduct the observations and the experiments. In the present study we sought to highlight whether the Physics, Chemistry, Biology, Geography and Environmental Sciences are liked by the male and female students of the Department of Primary Education at the University of Ioannina, if they want to teach these and if they feel ready to teach. We chose to refer to the Natural Sciences as they taught in the Elementary School. Indeed, their relationship with these maybe affects the teaching practice.

1. Εισαγωγή

Οι Φυσικές Επιστήμες είναι «ο τρόπος με τον οποίο εξερευνούμε το φυσικό κόσμο για να ανακαλύψουμε το τι, πώς, γιατί, πότε και πού των πραγμάτων» (Κόκκοτας 2009, σ. 113) ή αλλιώς «οι επιστήμες που έχουν ως αντικείμενο τη μελέτη των φυσικών φαινομένων, καθώς και τον προσδιορισμό των αρχών τους, με τη διεξαγωγή παρατηρήσεων, πειραμάτων και τον σχηματισμό υποθέσεων» (Μόκας 2011, σ.7) κι αποτελούν μέθοδο και γνώση μαζί. Σύμφωνα με το Oxford English Dictionary περιγράφονται:

> *ως ένας τομέας μελέτης, ο οποίος ασχολείται με έναν αλληλοσυσχετιζόμενο αριθμό αληθειών που μπορούν να αποδειχθούν ή με πειραματικά δεδομένα συστηματικά ταξινομημένα, που τις περισσότερες φορές συσχετίζονται με το να φέρονται κάτω από γενικούς νόμους και που περιλαμβάνουν αξιόπιστες μεθόδους για την ανακάλυψη νέων αληθειών στη φύση.* (όπ. αναφ. στους Κόκκοτα 2005, σ.30, Κώτση 2005, σ. 37)

Τις Φυσικές Επιστήμες τις συνθέτουν τρεις διαστάσεις, οι οποίες εμπεριέχουν:

1. το περιεχόμενο της επιστήμης και τις βασικές αρχές της. Δηλαδή αυτή η διάσταση είναι η επιστημονική γνώση και είναι αυτή που γνωρίζουν οι περισσότεροι άνθρωποι.

2. τις διαδικασίες και τη μεθοδολογία που ακολουθεί η επιστήμη. Αυτή ακολουθούν οι επιστήμονες κατά τη διάρκεια της επιστημονικής έρευνας.
3. την περιέργεια και την επινόηση για τα ερωτήματα που τίθενται, τον ενθουσιασμό και την ευχαρίστηση που προκαλείται από την επίλυσή τους, καθώς και το σεβασμό στη μεθοδολογία και τις αξίες της επιστήμης. (Κώτσης 2006)

Η επιτυχής ενσωμάτωση, λοιπόν, των δεξιοτήτων της επιστημονικής μεθοδολογίας στα σχολικά μαθήματα προσφέρει στους μαθητές περισσότερη και σημαντική εμπειρία στον τρόπο κατάκτησης της γνώσης (Κώτσης 2006). Αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την ενεργή δραστηριοποίηση των μαθητών/ριων με το αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών, τη βαθύτερη κατανόηση του περιεχομένου της εκάστοτε επιστήμης εξ αυτών και τη θετικότερη στάση απέναντι σε αυτές (Κώτσης 2006). Για να επιτευχθεί όμως αυτό πρέπει οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί να γνωρίζουν και να έχουν εκπαιδευτεί στις διαδικασίες της επιστημονικής μεθοδολογίας αυτών (Κώτσης 2006). Τα τελευταία χρόνια η εκπαιδευτική έρευνα έχει στρέψει το ενδιαφέρον της στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών κι επιπροσθέτως γίνεται προσπάθεια για βελτίωση της διδασκαλίας αυτών, καθότι ο σωστός τρόπος διδασκαλίας τους βοηθάει τους μαθητές να αποκτήσουν σωστό τρόπο σκέψης και να κατακτήσουν την επιστημονική μέθοδο. Ο Duschl (1990, όπ. αναφ. στην Σπυροπούλου-Κατσάνη 2005) επισημαίνει ότι με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών επιδιώκεται η συστηματική εισαγωγή των μαθητών/ριών στις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και στον τρόπο προσέγγισης και μελέτης τους.
Η σημασία της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών θεωρείται αδιαμφισβήτητη από το Νηπιαγωγείο ήδη. Όμως καθοριστικό ρόλο παίζουν και οι πεποιθήσεις επάρκειας - υποκειμενικές γνώσεις, θεωρίες, αντιλήψεις, στάσεις- που έχει διαμορφώσει ο εκάστοτε εκπαιδευτικός, καθότι επιδρούν σημαντικά και στην κινητοποίησή τους και παράλληλα σύμφωνα με τον Fang (1996) επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο αντιλαμβάνονται, επεξεργάζονται και μεταφέρουν πληροφορίες. Επιπροσθέτως, οι γνώσεις τους για το αντικείμενο και την διδακτική του προσέγγιση είναι καθοριστικές για τον τρόπο διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στα σχολεία. Από έρευνα των Χριστονάση και Πλακίτση (2012) διαπιστώθηκε ότι η θετικότερη στάση μελλοντικών εκπαιδευτικών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες και η πίστη στις γνωστικές και παιδαγωγικές τους ικανότητες συνοδεύεται από μία γενική βελτίωση των επιδόσεων τους στο γνωστικό τομέα. Και μάλιστα κατέληξαν στο συμπέρασμα και συμφώνησαν με την άποψη των Ηλία, Αριστάρχου, Χατζηγαβριήλ και Καλογήρου (2010) ότι η διερεύνηση των πεποιθήσεων των μελλοντικών εκπαιδευτικών θα συμβάλει τόσο στην επαγγελματική τους ανάπτυξη, όσο στη βελτίωση της εκπαίδευσης γενικότερα. (Χριστονάση & Πλακίτση 2012)

2. Μεθοδολογία

Η παρούσα έρευνα διεξήχθη το Μάρτιο του 2014 στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Το δείγμα αποτελούνταν από τα τέσσερα έτη του Παιδαγωγικού, στα οποία διενεμήθη γραπτό ερωτηματολόγιο. Τα διανεμηθέντα ερωτηματολόγια ήταν 552, εκ των οποίων τα 534 κρίθηκαν έγκυρα και συμπεριλήφθησαν στην παρούσα εργασία και τα 8 μη έγκυρα κι απορρίφθηκαν. Ως δειγματοληπτική μέθοδος χρησιμοποιήθηκε η απλή τυχαία δειγματοληψία σε συνδυασμό με τη δειγματοληψία κατά συστάδες για γεωγραφικούς λόγους. Κάθε φοιτητής/-τρια του Π.Τ.Δ.Ε. Ιωαννίνων είχε ίση πιθανότητα να συμπεριληφθεί στο δείγμα. Η κωδικοποίηση, η στατιστική επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS 18.0.

Από τα 534 υποκείμενα που συμμετείχαν στην έρευνα οι 72 ήταν άντρες (13,5%) και οι 462 γυναίκες (86,5%). Όσον αφορά το έτος σπουδών των συμμετεχόντων οι 96 (18%) ήταν πρωτοετείς, οι 203 (38%) δευτεροετείς, οι 94 (17,6%) τριτοετείς, οι 125 (23,4%) τεταρτοετείς και μόλις 16 (3%) βρίσκονταν πέρα των ετών σπουδών για τις παιδαγωγικές σχολές. Αναφορικά με την κατανομή των φοιτητών του δείγματος ως προς την κατεύθυνση, από το σύνολο των 534 υποκειμένων: 451 (84,5%) ήταν μαθητές θεωρητικής κατεύθυνσης, 45 τεχνολογικής (8,4%), 31 (5,8%) θετικής και 6 (1,1%) προέρχονταν από άλλο εκπαιδευτικό σύστημα, δηλαδή είναι ομογενείς.

3. Αποτελέσματα

Ο Πίνακας 1 αναφέρεται σε δεκαπέντε μεταβλητές, όπου οι απαντήσεις ταξινομήθηκαν σε πεντάβαθμη κλίμακα Likert και προέκυψαν κι αντίστοιχα ραβδογράμματα (τα οποία παρουσιάστηκαν στο συνέδριο). Οι απαντήσεις του δείγματος αναλύθηκαν περαιτέρω μέσω πινάκων και διαγραμμάτων συγκριτικά με φύλο, έτος φοίτησης και κατεύθυνση που είχαν ακολουθήσει οι συμμετέχοντες στο Λύκειο, τα οποία θα αναφερθούν ενδεικτικά.

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικός πίνακας ποσοστών (valid percent) για τις Φ.Ε.

	Καθόλου	**Λίγο**	**Μέτρια**	**Πολύ**	**Πάρα πολύ**
Σας αρέσει η Φυσική;	*13,7%*	*28,7%*	40,1%	*14,0%*	*3,6%*
Σας αρέσει η Χημεία;	*20,5%*	*23,4%*	26,4%	*21,7%*	*8,1%*
Σας αρέσει η Βιολογία;	*2,8%*	*13,0%*	*33,1%*	35,3%	*15,7%*
Σας αρέσει η Γεωγραφία;	*9,5%*	*17,1%*	*28,3%*	33,4%	*11,8%*
Σας αρέσουν οι Περιβαλλοντικές Επιστήμες;	*3,0%*	*12,2%*	*31,9%*	39,2%	*13,7%*
Θέλετε να διδάξετε μαθήματα από τον τομέα της Φυσικής;	30,8%	*24,2%*	*29,3%*	*13,2%*	*2,4%*
Θέλετε να διδάξετε μαθήματα από τον κλάδο της Χημείας;	32,4%	*26,2%*	*22,4%*	*14,3%*	*4,7%*
Θέλετε να διδάξετε μαθήματα από τον κλάδο της Βιολογίας;	*11,3%*	*18,8%*	31,1%	*26,8%*	*12,0%*
Θέλετε να διδάξετε μαθήματα από τον κλάδο της Γεωγραφίας;	*14,1%*	*18,2%*	29,3%	29,3%	*9,2%*
Θέλετε να διδάξετε μαθήματα από τον κλάδο των Περιβαλλοντικών Επιστημών;	*8,5%*	*16.9%*	32%	*30%*	*12,4%*
Νιώθετε έτοιμοι να διδάξετε ενότητες Φυσικής;	40,7%	*26,9%*	*25,8%*	*5,7%*	*0,9%*
Νιώθετε έτοιμοι να διδάξετε ενότητες Χημείας;	54,6%	*21,2%*	*17,6%*	*5,3%*	*1,3%*
Νιώθετε έτοιμοι να διδάξετε ενότητες Βιολογίας;	*27,2%*	*25,1%*	33,2%	*10,8%*	*3,8%*
Νιώθετε έτοιμοι να διδάξετε ενότητες Γεωγραφίας;	*24,2%*	28,0%	*27,2%*	*16,9%*	*3,8%*
Νιώθετε έτοιμοι να διδάξετε ενότητες των Περιβαλλοντικών Επιστημών;	*19,5%*	*26,6%*	34,7%	*14,3%*	*4,9%*

Όσον αφορά τη *Φυσική*, 40% του δείγματος δηλώνει ότι του αρέσει μέτρια. Άξιων σχολίων είναι και τα ποσοστά που παρατηρούνται στις τρεις κατευθύνσεις του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος. Οι μισοί σχεδόν φοιτητές που προέρχονται από Θεωρητική δηλώνουν ότι η Φυσική τους αρέσει λίγο ή καθόλου. Αντίθετα οι φοιτητές από Θετική και Τεχνολογική, καθότι προφανώς είχαν επιλέξει να διδάσκονται μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και στο Λύκειο, δηλώνουν οι μισοί και παραπάνω ότι τους αρέσει πολύ και πάρα πολύ. Το 40% του μετρίου που επικρατούσε παραπάνω, όταν ρωτήθηκαν αν νιώθουν έτοιμοι να διδάξουν, το ποσοστό αυτό παρατηρήθηκε στην απάντηση «καθόλου» κι τα ποσοστά ακολουθούν μια φθίνουσα πορεία που καταλήγει στο 0,8% για την απάντηση «πάρα πολύ». Αλλά και στην ερώτηση αν θέλουν να διδάξουν το μεγαλύτερο ποσοστό απαντήσεων παρατηρείται στην απάντηση «καθόλου» (30,7%). Αναφορικά με το φύλο, οι άνδρες δηλώνουν μεγαλύτερη επιθυμία να διδάξουν απ' ότι οι γυναίκες. (Πίνακας 1)

Όσον αφορά τη *Χημεία* και κατά πόσο τους αρέσει, οι ερωτηθέντες μοιράζονται ανάμεσα στο «καθόλου» (20,5%), το «λίγο» (23,4%), το «μέτρια» (26,4%) και το «πολύ» (21,7%). Παρόμοια είναι η κατανομή και για τις γυναίκες. Ενώ για τους άντρες οι απαντήσεις «καθόλου» και «λίγο» αγγίζουν και ξεπερνούν το 30%. Στην ερώτηση αν θέλουν να διδάξουν κεφάλαια της Χημείας η κατανομή των απαντήσεων ακολουθεί φθίνουσα πορεία ξεκινώντας από 32,5% (172 άτομα) που δηλώνει «καθόλου» και καταλήγοντας 4,7% (25 άτομα) στο «πάρα πολύ». Ανάλογη, αλλά πολύ πιο απότομη, είναι και η κατανομή στην ερώτηση αν νιώθουν έτοιμοι να διδάξουν. Η απάντηση ότι δεν νιώθουν καθόλου έτοιμοι εκτοξεύεται στο 54,7% κι ακολουθώντας «κατηφορική» πορεία καταλήγει στο μόλις 1,1% που νιώθουν πάρα πολύ έτοιμοι. Εντελώς απροετοίμαστοι για να διδάξουν Χημεία νιώθουν οι φοιτητές κάθε έτους, με μια απόκλιση των τεταρτοετών που σε ποσοστό 32,8% δηλώνουν μέτρια προετοιμασμένοι. Όσον αφορά το φύλο οι γυναίκες εμφανίζονται σαφώς πιο πρόθυμες να διδάξουν ενότητες της Χημείας (43,7% από μέτρια ως πάρα πολύ) απ' ότι οι άντρες (26,7%). Βέβαια κατά το ήμισύ τους δε νιώθουν καθόλου έτοιμοι για να διδάξουν με μόνο 2,9% των ανδρών και 1,1% των γυναικών να δηλώνουν πλήρως προετοιμασμένοι. (Πίνακας 1)

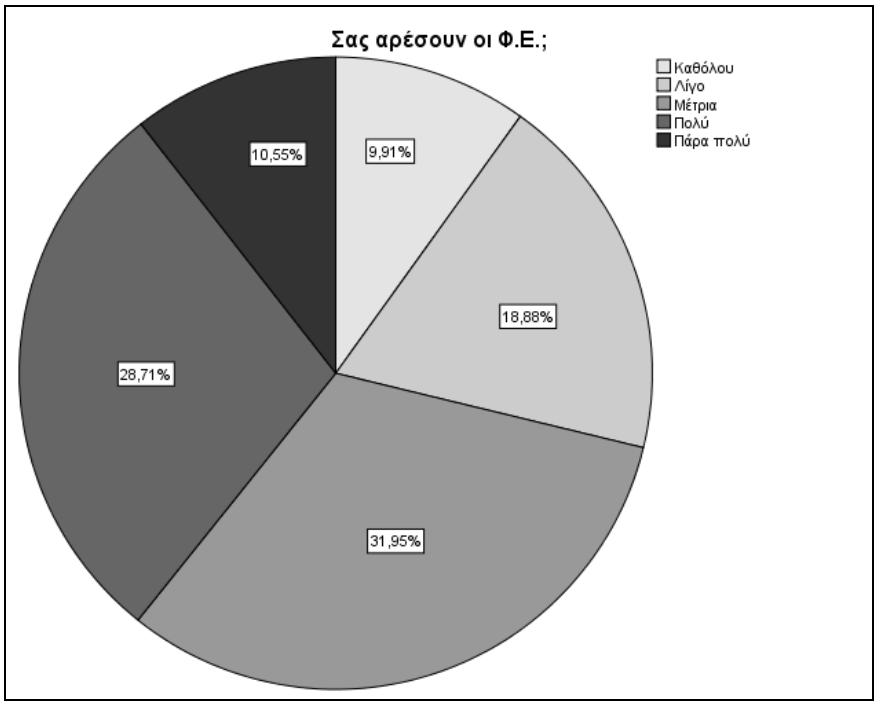
Η *Βιολογία*, σε αντίθεση με τις δυο προηγούμενες επιστήμες, είναι ιδιαιτέρως αρεστή. Το μισό δείγμα (51%) δήλωσε ότι του αρέσει πολύ ή πάρα πολύ και 33,1% μέτρια. Όμως όταν τίθεται η ερώτηση αν θέλουν να διδάξουν ενότητες Βιολογίας και αν νιώθουν έτοιμοι, η κατανομή αλλάζει στην ερώτηση καθώς πολύ και πάρα πολύ θέλει να διδάξει το 38,8%, μέτρια το 31,1%, λίγο με καθόλου το 30,1%· ενώ το 14,6% νιώθουν έτοιμοι, μέτρια το 33,2% και το 52,3% ανέτοιμοι. Ερωτώμενοι αν θέλουν να διδάξουν, οι της Θετικής δηλώνουν: 48,4% πάρα πολύ, 22,6% πολύ, 25,8% μέτρια ή καθόλου και 3,2% λίγο· οι της Τεχνολογικής: 40% μέτρια, 40% λίγο ή πολύ, 11,1% καθόλου, 8,9% πάρα πολύ· οι της Θεωρητικής: 31,3% μέτρια, 28,2% πολύ, 20% λίγο, 11,1% καθόλου και 9,3% πάρα πολύ. (Πίνακας 1)

Σχετικά με τη *Γεωγραφία*, η κατανομή της αρεσκείας είναι ανοδική ως ένα σημείο, ξεκινώντας από 9,5% για την μηδενική αρέσκεια, φτάνει 33,5% για τη μεγάλη αρέσκεια και πέφτει στο 11,8% για την πολύ μεγάλη αρέσκεια. Από μέτρια ως και πάρα πολύ αρέσει η Γεωγραφία στο 73,1% των προερχόμενων από Θεωρητική κατεύθυνση, στο 74,3% από Θετική, στο 79,6% από Τεχνολογική και στο 66,7% από άλλο εκπαιδευτικό σύστημα –όπου το υπόλοιπο 33,3% κατέχει το «καθόλου»-. Η ίδια ανοδική πορεία παρατηρείται και στην εκδήλωση επιθυμίας για διδασκαλία μαθημάτων Γεωγραφίας. Δηλαδή το 14,1% των φοιτητών που δε θέλουν καθόλου να διδάξουν τέτοια μαθήματα αυξάνεται ως το 29,3% που θέλουν μέτρια, το οποίο έχει ισοφαρίσει με το «πολύ», και πέφτει στο 9,2% που θέλουν πάρα πολύ. Στην ανάλυση για τα έτη, οι απαντήσεις που συγκεντρώνουν τα υψηλότερα ποσοστά είναι το «μέτρια» και το «πολύ». Στους πρωτοετείς και δευτεροετείς υπερτερεί το «μέτρια», ενώ στους τριτοετείς και τεταρτοετείς συμβαίνει το αντίθετο. Αναφορικά με το φύλο, είτε άνδρες είτε γυναίκες, 76,6% (±0,2%) δηλώνουν ότι θέλουν λίγο έως και πολύ να διδάξουν

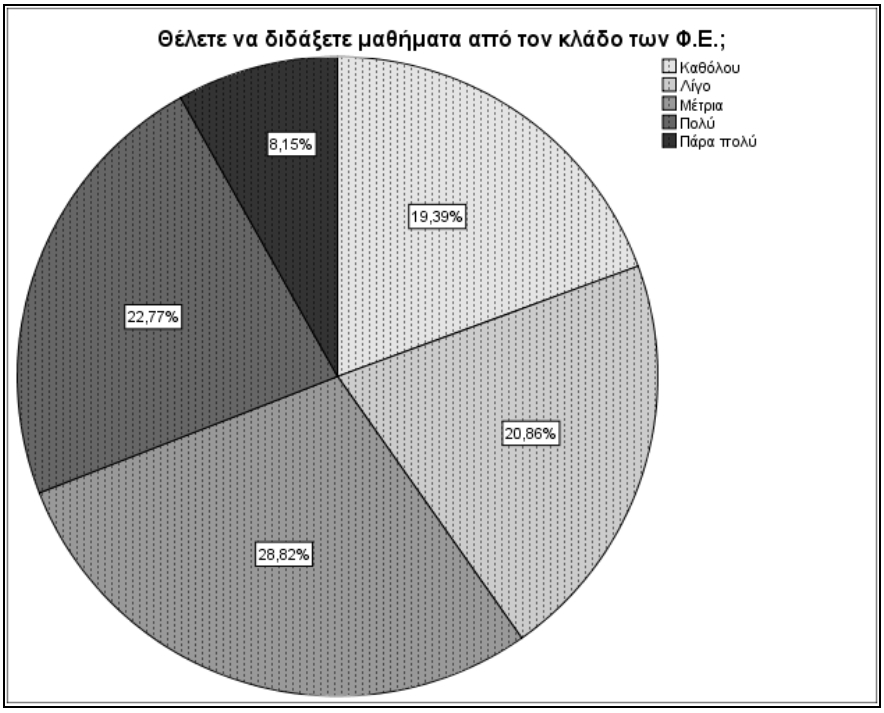
ενότητες Γεωγραφίας. Για το αν νιώθουν έτοιμοι ή όχι για να διδάξουν το 68% των φοιτητών απαντά άνω του μετρίου έναντι του 44,66% των φοιτητριών. Στο σύνολο υπερισχύει το «λίγο» (28%), ακολουθεί το «μέτρια» (27,3%), έπεται το «καθόλου» (24,1%), εν συνεχεία το «πολύ» (16,9%) και μειοψηφεί το «πάρα πολύ» (3,8%). (Πίνακας 1)

Οι *Περιβαλλοντικές Επιστήμες* σημειώνουν πολύ υψηλά ποσοστά αρεσκείας. Ειδικότερα η συγκεκριμένη επιστήμη αρέσει πάρα πολύ στο 13,7% του δείγματος, πολύ στο 39,2%, μέτρια στο 31,9% και αφήνοντας 15,2% για κάτω του μετρίου. Αυτό μπορεί εύλογα να συσχετιστεί με την ευαισθητοποίηση της σύγχρονης κοινωνίας για περιβαλλοντικά ζητήματα. Ως επιστήμη αρέσει περισσότερο στους άνδρες (μέτρια ως πάρα πολύ το 93%) σε σχέση με τις γυναίκες (83,5%). Υψηλότατα ποσοστά σημειώνουν και ανά έτος και ανά κατεύθυνση. Όσον, όμως, κι αν αρέσουν στους συμμετέχοντες οι Περιβαλλοντικές Επιστήμες, δεν εμφανίζονται τόσο πρόθυμοι για να διδάξουν μαθήματα σχετικά αυτών. Συγκεκριμένα 32% δηλώνουν μέτρια και το ¼ του δείγματος κάτω του μετρίου. Επιπροσθέτως τα άτομα του δείγματος δε νιώθουν ούτε ιδιαίτερα έτοιμοι στο να διδάξουν ενότητες Περιβαλλοντικών Επιστημών. Επί του συνόλου του δείγματος, 34,7% νιώθουν μετρίως έτοιμοι, 46,1% κάτω του μετρίου και 19,2% άνω του μετρίου. (Πίνακας 1)

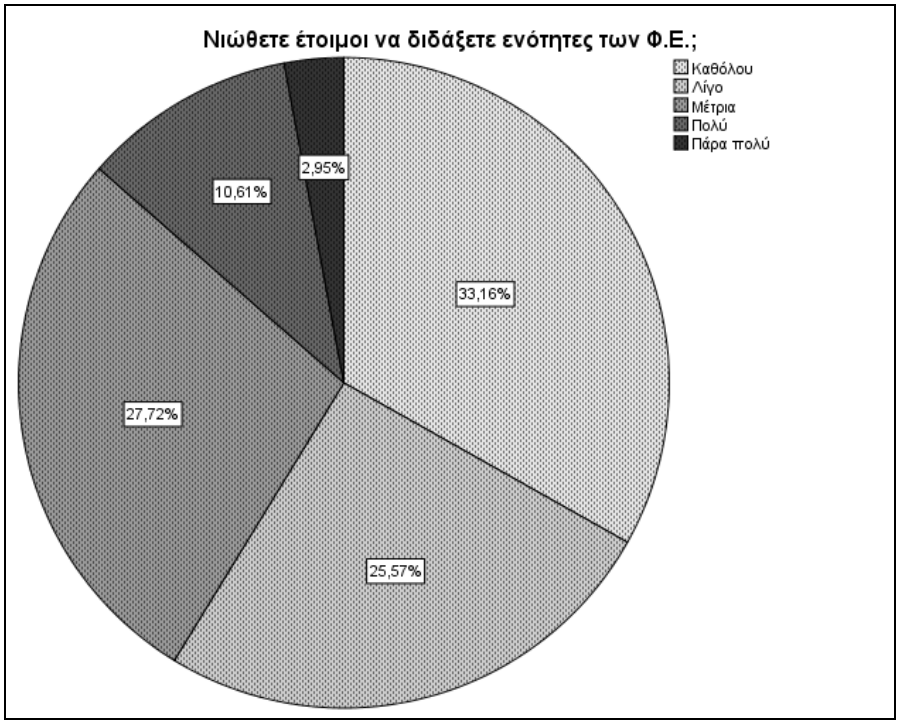
Διάγραμμα 1: Κυκλικό διάγραμμα κατανομής δείγματος στην ερώτηση «Σας αρέσουν οι Φυσικές Επιστήμες;».



Διάγραμμα 2: Κυκλικό διάγραμμα κατανομής δείγματος στην ερώτηση «Θέλετε να διδάξετε μαθήματα από τον κλάδο των Φυσικών Επιστημών;».



Διάγραμμα 3: Κυκλικό διάγραμμα κατανομής δείγματος για την ερώτηση «Νιώθετε έτοιμοι να διδάξετε ενότητες Φυσικών Επιστημών;».



Συγκεντρωτικά παρατηρούμε ότι συγκριτικά με τα ποσοστά του αν τους αρέσουν οι Φυσικές Επιστήμες, τα ποσοστά κάτω του μετρίου αυξάνονται εμφανώς όταν πρόκειται να διδάξουν ενότητες Φυσικών Επιστήμων, ακόμα και στην ερώτηση αν θέλουν, και μειώνονται έντονα τα

ποσοστά άνω του μετρίου και στις δύο περιπτώσεις. Παρατηρώντας τα Διαγράμματα 1, 2, 3 παρατηρούμε ότι και στα τρία η απάντηση «μέτρια» περίπου συγκεντρώνει 30%, με μια απόκλιση ±2,3%. Λοιπόν, ενώ μόλις το 9,9% δηλώνει ότι δεν τους αρέσουν καθόλου οι Φυσικές Επιστήμες, το ποσοστό διπλασιάζεται (19,9%) όταν πρόκειται να δηλώσουν ότι δε θέλουν καθόλου να διδάξουν μαθήματα Φυσικών Επιστημών κι εν τέλει φτάνει στο 33,2% που δε νιώθει καθόλου έτοιμο να διδάξει ενότητες Φυσικών Επιστημών. Ανοδικά είναι και τα ποσοστά για το «λίγο» (αρέσουν οι Φ.Ε.: 18,9%, θέλουν να διδάξουν Φ.Ε.: 20,9%, νιώθουν έτοιμοι να διδάξουν Φ.Ε.: 25,6%). Αντίστροφα συμβαίνει με την απάντηση «πολύ», όπου το 28,9% δηλώνει ότι του αρέσουν πολύ οι Φυσικές Επιστήμες, το 22,8% θέλουν πολύ να διδάξουν, ενώ μισοί και λιγότεροι (10,6%) νιώθουν πολύ έτοιμοι να διδάξουν μαθήματα Φυσικών Επιστημών. Ακόμα πιο καθοδικά είναι τα ποσοστά για την απάντηση «πάρα πολύ» (αρέσουν οι Φ.Ε.: 10,6%, θέλουν να διδάξουν Φ.Ε.: 8,2%, νιώθουν έτοιμοι να διδάξουν Φ.Ε.: 2,9%).

4. Συμπεράσματα

Από την ανωτέρω αλλά και περαιτέρω ανάλυση συμπεραίνουμε τα εξής:

- Οι Περιβαλλοντικές Επιστήμες σημειώνουν πολύ υψηλά ποσοστά αρεσκείας συγκριτικά με τις υπόλοιπες επιστήμες και ακολουθεί η Βιολογία. Όμως οι συμμετέχοντες δεν εμφανίζονται το ίδιο πρόθυμοι για να διδάξουν σχετικά μαθήματα και ούτε νιώθουν ιδιαίτερα έτοιμοι.
- Η Βιολογία, παρατηρούμε ότι, από τη μια αρέσει σε 270 άτομα, αλλά από την άλλη 277 άτομα δηλώνουν ότι δεν νιώθουν έτοιμα να διδάξουν κεφάλαια που άπτονται του πεδίου.
- Η Βιολογία είναι απόλυτα αρεστή σε 19 άτομα που προέρχονται από Θετική (61,3%). Αρέσει όμως και σε άτομα από Θεωρητική –σε 151 (33,8%) μέτρια και σε 171 (38,3%) πολύ-. Στα ποσοστά αυτά πιθανότατα συμβάλλει και το γεγονός ότι η Βιολογία είτε Κατεύθυνσης είτε Γενικής Παιδείας αποτελούσε εξεταζόμενο μάθημα στο τότε σύστημα πανελλαδικών εξετάσεων.
- Οι συμμετέχοντες είναι πιο πρόθυμοι να διδάξουν θέματα Περιβαλλοντικών Επιστημών (42,4%), Βιολογίας (38,8%) και Γεωγραφίας (38,5%)· παρά Χημείας (19%) και Φυσικής (15,6%).
- Επιπροσθέτως, νιώθουν ιδιαιτέρως απροετοίμαστοι να αναλάβουν διδακτικά καθήκοντα κυρίως για ενότητες που σχετίζονται με Χημεία (75,8%) και Φυσική (67,6%). Εξαίρεση αποτελούν όσοι προέρχονται από Θετική κατεύθυνση, καθώς 25,8% αυτών (8 άτομα) θέλουν πολύ να διδάξουν ενότητες που υπάγονται στη γνωστική περιοχή της Χημείας, 38,7% (12 άτομα) πάρα πολύ και 35,5% (11 άτομα) νιώθουν πολύ έτοιμοι για να διδάξουν και 35,5% μέτρια· κάτι απόλυτα φυσιολογικό καθότι ήταν και βασικό μάθημα της κατεύθυνσής τους.
- Τα μεγαλύτερα ποσοστά ετοιμότητας για διδασκαλία κάποιας από τις Φυσικές Επιστήμες παρατηρήθηκαν σε φοιτητές/ριες που στο Λύκειο είχαν διαλέξει τη Θετική κατεύθυνση.
- Αναφορικά με το έτος, οι τελειόφοιτοι (τεταρτοετείς και επί πτυχίω) νιώθουν σχετικά πιο έτοιμοι να αναλάβουν διδακτικά καθήκοντα για μαθήματα που σχετίζονται με κάποια από τις Φυσικές Επιστήμες εν συγκρίσει με άτομα μικρότερων ετών. Κάτι αντίστοιχο είχαν διαπιστώσει και οι Χριστονάση και Πλακίτση (2012) σε έρευνά τους.
- Σε κάθε περίπτωση πάντως από τις απαντήσεις των συμμετεχόντων συμπεραίνουμε ότι ακόμη κι αν τους αρέσουν οι Φυσικές Επιστήμες ή κάποια από αυτές, δεν εκφράζουν

στον ίδιο βαθμό θέληση και επιθυμία να αναλάβουν διδακτικά καθήκοντα· αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό θέλουν και νιώθουν έτοιμοι για διδασκαλία.

Η παρούσα μελέτη αποτελεί παρουσίαση στατιστικών αποτελεσμάτων και ταυτόχρονα έναυσμα για περαιτέρω σχολιασμό και στατιστική σύγκριση στο μέλλον μεταξύ του γνωστικού υποβάθρου των μελλοντικών εκπαιδευτικών και του επιπέδου αρεσκείας, επιθυμίας κι ετοιμότητας διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών· καθώς επίσης κι άλλων συγκρίσεων.

5. Βιβλιογραφία

Κανδεράκης, Ν. (2015). Τι είναι η φύση της επιστήμης και γιατί οι μαθητές πρέπει να μαθαίνουν γι' αυτήν; *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, 7*, 23-31. Ανακτήθηκε από http://physcool.web.auth.gr/index.php/2014-09-22-08-09-05/7 .

Κόκκοτας, Π. Β. (2009). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (4η έκδ., τόμ. 2). Αθήνα: Γρηγόρη.

Κόκκοτας, Π. Β. (2005). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (4η έκδ., τόμ. 1). Αθήνα: Γρηγόρη.

Κώτσης, Κ. Θ. (2006). Η σημασία απόκτησης δεξιοτήτων και εκπαίδευσης των μαθητών στις διαδικασίες της επιστημονικής μεθόδου των Φυσικών Επιστημών. *Επιστημονική Επετηρίδα Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, 19*, 61-72.

Κώτσης, Κ. Θ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής & Πείραμα*. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Μόκας, Β. Ν. (2011). *Διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών Α' και Β' Λυκείου σε έννοιες της μηχανικής: Δύναμη, Ορμή, Έργο, Ισχύς* (Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία). Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων/Τμήμα Φυσικής, Ιωάννινα.

Σπυροπούλου-Κατσάνη, Δ. (2005). *Διδακτικές και παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Τυπωθήτω.

Χριστονάση, Ι. & Πλακίτση, Κ. (2012). Ο ρόλος των Φ.Ε. στο Π.Τ.Ν. Παν. Ιωαννίνων μέσα από τις απόψεις φοιτητών για τη γνωστική και παιδαγωγική τους επάρκεια. *Διδασκαλία των Φυσικών επιστήμων: Έρευνα και Πράξη, 40-41*, 73-90. Ανακτήθηκε από http://pc204.lib.uoi.gr/serp/index.php/serp/article/viewFile/131/168.

ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΟΥΡΑΝΙΩΝ ΣΩΜΑΤΩΝ ΣΤΟ ΚΕΙΜΕΝΟ ΠΑΡΑΜΥΘΙΩΝ

Δήμητρα Καζαντζίδου, Κωνσταντίνος Κώτσης

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εντοπίζει και καταγράφει τα λάθη και τις ανακρίβειες στην αναπαράσταση των ουράνιων σωμάτων σε παραμύθια. Επίσης, παρουσιάζει τις εναλλακτικές ιδέες που μπορεί να δημιουργηθούν στα παιδιά, ως αποτέλεσμα αυτών των ανακριβειών και λαθών. Με την ποιοτική ανάλυση περιεχομένου εξετάστηκαν τα κείμενα 55 κλασσικών παραμυθιών με συγγραφείς τους Andersen, Perrault, και αδερφούς Grimm. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως η Σελήνη, ο Ήλιος, και τα Αστέρια δεν αναπαρίστανται με βάση το επιστημονικό πρότυπο. Τέλος, παρουσιάζονται τα κοινά χαρακτηριστικά των λαθών και ανακριβειών καθώς και τρόποι χρήσης αυτών των παραμυθιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Abstract

This study identifies and records the errors and inaccuracies about the celestial bodies embedded in fairytales. It also presents the alternative ideas that children may develop. Qualitative Content Analysis was conducted to analyze the texts of 55 fairytales written by Andersen, Perrault, and Brothers Grimm. The results revealed that the Moon, the Sun, and the Stars are misrepresented. The common characteristics of the errors and inaccuracies are finally presented together with ways to use these books in science education.

1. Εισαγωγή

Οι αντιλήψεις των παιδιών και των ενηλίκων σε θέματα Αστρονομίας έχουν αποτελέσει αντικείμενο έρευνας από πολλούς μελετητές. Τα αποτελέσματα δείχνουν πως τα παιδιά (π.χ. Vosniadou & Brewer 1994) και οι ενήλικες (π.χ. Brunsell & Marcks 2004) έχουν εναλλακτικές ιδέες για τα ουράνια σώματα. Οι εναλλακτικές ιδέες και τα πιστεύω για τον φυσικό κόσμο αναπτύσσονται από τις καθημερινές εμπειρίες, όπως τις αισθήσεις, τη γλώσσα, το πολιτισμικό υπόβαθρο, τους συνομηλίκους, τα μέσα μαζικής ενημέρωσης, την διδασκαλία καθώς και από τα βιβλία (Duit & Treagust 1995, Κώτσης 2005).

Έρευνες σε βιβλία παιδικής λογοτεχνίας, μυθοπλασίας και μη μυθοπλασίας, κατέληξαν πως τα ουράνια σώματα, και συγκεκριμένα η Σελήνη, δεν αναπαρίστανται πάντα με βάση το επιστημονικό πρότυπο. Αναλυτικότερα, οι Rice και Rainsford (1996) εξέτασαν δέκα βιβλία παιδικής λογοτεχνίας με θέμα τη Σελήνη, ώστε να εντοπίσουν παραδείγματα εναλλακτικών ιδεών ή πληροφορίες που θα μπορούσαν να συμβάλουν στην ανάπτυξή τους. Από την ανάλυση περιεχομένου καταγράφηκαν λάθη, τόσο στα κείμενα όσο και στην εικονογράφηση, σχετικά με το μέγεθος, το σχήμα, τη σύσταση, τη θέση, και την απόσταση της Σελήνης από τη Γη. Σε τρία βιβλία, μάλιστα, η Σελήνη παρουσιαζόταν με ανθρωπομορφικά στοιχεία. Οι Trundle και Troland (2005) αλλά και οι Trundle, Troland και Pritchard (2008) ανέλυσαν βιβλία παιδικής λογοτεχνίας που είχαν ως θέμα τη Σελήνη ή τη χρησιμοποιούσαν στην

εικονογράφηση. Κατέληξαν πως πολλά βιβλία περιείχαν λάθη και ανακρίβειες, όπως μη ακριβή ακολουθία φάσεων και λανθασμένα σχήματα. Πολλά βιβλία, επίσης, ενίσχυαν την εναλλακτική ιδέα ότι οι φάσεις της προκαλούνται από τη σκιά της Γης.
Εμπειρικές μελέτες δείχνουν πως η ανάγνωση ανακριβειών και λαθών για τη Σελήνη σε βιβλία παιδικής λογοτεχνίας δημιουργεί εναλλακτικές ιδέες στα παιδιά. Για παράδειγμα, τα παιδιά πιστεύουν πως η Σελήνη μικραίνει σε μέγεθος, είναι ένα μέρος όμοιο με τη γη ή έχει ανθρώπινα χαρακτηριστικά (Kazemek et al. 2004). Η έρευνα των Kazemek et al. (2004), μάλιστα, συμφωνεί με την τοποθέτηση του Ault (1984) που θεωρεί πως οι εναλλακτικές ιδέες για τις φάσεις της Σελήνης πηγάζουν από την μη σωστή αναπαράστασή της στα βιβλία παιδικής λογοτεχνίας.
Ο Bettelheim (1976/1995) παρατήρησε πως τα παιδιά από όλες τις ιστορίες προτιμούν το παραμύθι, καθώς προμηθεύονται με τρόπους αντιμετώπισης των προβλημάτων και ανησυχιών τους. Ωστόσο, έρευνα σε μαθητές της πρώτης δημοτικού κατέληξε πως και τα παραμύθια μπορεί να οδηγήσουν σε εναλλακτικές ιδέες σε θέματα Φυσικών Επιστημών (McClelland & Krockover 1996). Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, μάλιστα, δεν εντοπίστηκε κάποια μελέτη που να εξετάζει τα παραμύθια ως προς την ακρίβεια στην αναπαράσταση των ουράνιων σωμάτων.
Η παρούσα έρευνα, λοιπόν, έχει σκοπό να ενημερώσει τους εκπαιδευτικούς, τους γονείς και τους ερευνητές για τις κοινές ανακρίβειες στην αναπαράσταση των ουράνιων σωμάτων στα παραμύθια των Andersen, Perrault, και αδερφών Grimm. Επιλέχθηκαν τα συγκεκριμένα παραμύθια, καθώς έχουν μεταφραστεί σε πολλές γλώσσες (Zipes 2015), και συνεπώς έχουν έρθει σε επαφή μαζί τους παιδιά από όλο τον κόσμο.
Αναλυτικότερα, τα ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης είναι τα εξής:

i. Ποιες είναι οι ανακρίβειες και τα λάθη στην αναπαράσταση των ουράνιων σωμάτων;
ii. Ποιες είναι οι πιθανές εναλλακτικές ιδέες που μπορεί να δημιουργηθούν στα παιδιά, ως αποτέλεσμα αυτών των ανακριβειών και λαθών;

2. Μεθοδολογία

Η ερευνητική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε ήταν η Ποιοτική Ανάλυση Περιεχομένου. Τα στάδια της έρευνας αποτελούσαν τα στάδια έρευνας που προτείνει ο Mayring (2014). Η ανάλυση έγινε με τη διαδικτυακή εφαρμογή QCAmap (http://www.qcamap.org/).
Η συλλογή του δείγματος έγινε με τη χρήση δειγματοληψίας σκοπιμότητας. Αρχικά, έγινε αναζήτηση με τους όρους: Grimm, Andersen, και Perrault στον κατάλογο της Δημοτικής Βιβλιοθήκης Βέροιας (http://catalogue.libver.gr/webopac/Vubis.csp) και του Δικτύου Βιβλιοθηκών Δήμου Θεσσαλονίκης (http://lib.thessaloniki.gr/), ώστε να εντοπιστούν τα διαθέσιμα βιβλία. Το αρχικό δείγμα μειώθηκε με κάποια κριτήρια αποκλεισμού. Αναλυτικότερα, εξαιρέθηκαν όσα βιβλία εντοπίστηκαν σε παραρτήματα των βιβλιοθηκών και όσα απευθύνονταν σε ενήλικες ή εφήβους. Κάποια αποκλείστηκαν επειδή δεν εντοπίστηκαν στα ράφια των βιβλιοθηκών, είτε διότι είχαν καταστραφεί είτε διότι είχαν χαθεί. Τέλος, μετά από αναζήτηση σε διαδικτυακούς καταλόγους βιβλιοπωλείων αποκλείσθηκαν όσα δεν κυκλοφορούν στο εμπόριο, δηλαδή δεν ήταν διαθέσιμα προς πώληση σε βιβλιοπωλεία ή σε διαδικτυακά καταστήματα.
Έπειτα, δημιουργήθηκε μια λίστα με τους τίτλους των βιβλίων που απέμειναν, τις ηλικίες των παιδιών που απευθύνονταν το καθένα, και το έτος έκδοσης. Πολλά βιβλία περιείχαν το ίδιο παραμύθι. Αρχικά, λοιπόν, επιλέχθηκαν τα παραμύθια που κυκλοφορούσαν μεμονωμένα. Με βάση την ηλικία των παιδιών και το έτος έκδοσης, επιλεγόταν κάθε φορά το παραμύθι που απευθύνονταν σε μεγαλύτερης ηλικίας παιδιά και είχε εκδοθεί πιο πρόσφατα. Στη συνέχεια,

έγινε καταγραφή των τίτλων των παραμυθιών που περιέχονταν σε συλλογές και επιλέχθηκαν τα παραμύθια που δεν εντοπίστηκαν να κυκλοφορούν ως μεμονωμένα βιβλία. Έπειτα, η επιλογή έγινε με τα ποσοτικά κριτήρια της ηλικίας και του έτους έκδοσης, όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Το τελικό δείγμα, λοιπόν, περιλάμβανε 55 παραμύθια των Andersen, Perrault, και αδερφών Grimm, 24 από τα οποία αποτελούσαν μέρος συλλογών και 31 μεμονωμένα βιβλία, κυκλοφόρησαν την περίοδο 1993 με 2010, και απευθύνονταν σε παιδιά, προσχολικής και σχολικής ηλικίας.

Όλα τα παραμύθια της έρευνας ήταν μεταφρασμένα στα ελληνικά. Ως αρχικές γλώσσες τους αναγνωρίζονται τα Γερμανικά, τα Αγγλικά, τα Γαλλικά, τα Δανέζικα, τα Ισπανικά και τα Ιταλικά. Αναλυτικότερα, από τα 55 παραμύθια του δείγματος, 19 αναγνωρίζουν τα Γερμανικά ως αρχική γλώσσα, 18 παραμύθια τα Αγγλικά, εννιά παραμύθια τα Δανέζικα, τέσσερα παραμύθια τα Γαλλικά, τρία τα Ισπανικά και δύο τα Ιταλικά. Είναι εμφανές ότι παρόλο που η καταγραφή των παραμυθιών από τους Andersen, Perrault, και Grimm έγινε αρχικά στα Δανέζικα, Γαλλικά και Γερμανικά αντίστοιχα, τα παραμύθια έχουν μεταφραστεί και διαδοθεί σε πολλές χώρες της Ευρώπης.

Με βάση το κλασικό σχήμα επικοινωνίας του Laswell (1949, όπ. αναφ. στο Μπονίδης, 2004) ορίστηκε η κατεύθυνση της ανάλυσης. Σύμφωνα με αυτό, η επικοινωνία μπορεί να μελετηθεί με τα ερωτήματα: ποιος ομιλεί, τι λέει, σε ποιον ομιλεί, για ποιο σκοπό, πώς το λέγει, ποιο αποτέλεσμα έχει η ομιλία. Στην παρούσα μελέτη, λοιπόν, επιχειρείται η έρευνα του περιεχόμενου του μηνύματος, δηλαδή των λαθών και των ανακριβειών στην αναπαράσταση των ουράνιων σωμάτων, και η επίδραση που είναι δυνατόν να ασκήσει στα παιδιά, δηλαδή τις εναλλακτικές ιδέες που μπορεί να δημιουργηθούν.

Ως τεχνική ανάλυσης χρησιμοποιήθηκε ο επαγωγικός σχηματισμός κατηγοριών. Οι κατηγορίες δηλαδή με τα λάθη και τις ανακρίβειες για τα ουράνια σώματα διαμορφώθηκαν μετά την εξέταση του κειμένου των παραμυθιών.

Έπειτα, ορίστηκαν οι μονάδες ανάλυσης, δηλαδή οι μονάδες κωδικογράφησης, πλαισίου και καταγραφής. Ως μονάδα κωδικογράφησης ορίστηκε το Θέμα (seme), δηλαδή μια πρόταση ή μια δήλωση σχετικά με τα ερωτήματα της έρευνας. Ως μονάδα πλαισίου και καταγραφής ορίστηκαν από το ίδιο το λογισμικό όλα τα κείμενα.

Για την επιλογή των αποσπασμάτων από τα κείμενα και τον καθορισμό των κατηγοριών, διατυπώθηκε ο ορισμός της κατηγορίας. Συγκεκριμένα, ο ορισμός καθορίστηκε ως: Κάθε αναφορά στα κείμενα που δεν αναπαριστά με τον επιστημονικά αποδεκτό τρόπο τα ουράνια σώματα. Έπειτα διατυπώθηκε το επίπεδο αφαίρεσης, δηλαδή το πόσο περιορισμένο θα είναι το περιεχόμενο των κατηγοριών. Αυτό, λοιπόν, ορίστηκε ως το ουράνιο σώμα που δεν αναπαρίσταται με ακρίβεια, όπως η Σελήνη.

Τέλος, όλα τα κείμενα καταχωρήθηκαν στο λογισμικό ώστε να γίνει η κωδικογράφηση. Όταν εντοπιζόταν κάποιο απόσπασμα, με ανακρίβειες ή λάθη στην αναπαράσταση ενός ουράνιου σώματος, σχηματιζόταν μια νέα κατηγορία ή γινόταν καταχώρηση σε μια προηγούμενη. Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας, χρησιμοποιήθηκε η συμφωνία στην κωδικογράφηση σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές από τον ίδιο ερευνητή (intra-coder agreement), συγκεκριμένα μετά την πάροδο έξι μηνών.

3. Αποτελέσματα

Από την ανάλυση των παραμυθιών των Andersen, Perrault, και αδερφών Grimm καταγράφηκαν συνολικά 113 αποσπάσματα με λάθη και ανακρίβειες για τα ουράνια σώματα. Συγκεκριμένα, η Σελήνη, ο Ήλιος, και τα Αστέρια αποτελούν τα ουράνια σώματα που δεν αναπαρίστανται με ακρίβεια στο κείμενο των παραμυθιών. Αναλυτικότερα, 67 αποσπάσματα αφορούν τον Ήλιο (59%), 29 τη Σελήνη (26%), και 17 τα Αστέρια (15%) (Πίνακας 1).

Προέκυψαν, λοιπόν, τρεις κατηγορίες με λάθη και ανακρίβειες οι οποίες δίνονται σε μορφή πίνακα. Ο πίνακας περιλαμβάνει τον τίτλο κάθε κατηγορίας, τον ορισμό, παραδείγματα από τα κείμενα, την επιστημονική άποψη, και τις πιθανές εναλλακτικές ιδέες. Η Επιστημονική άποψη, παρέχει την επικρατούσα επιστημονική άποψη για την Σελήνη, τον Ήλιο, και τα

Πίνακας 2: Το σύστημα κατηγοριών

Κατηγορία	Ορισμός κατηγορίας	Παραδείγματα	Επιστημονική άποψη	Εναλλακτικές ιδέες
Σελήνη	Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται κάθε αναφορά που δεν αναπαριστά με τον επιστημονικά αποδεκτό τρόπο τη Σελήνη/Φεγγάρι και μπορεί να οδηγήσει σε εναλλακτικές ιδέες σχετικά με: i. το φως της Σελήνης, καθώς παρουσιάζεται ως αυτόφωτη ii. τη θέση, τη φαινόμενη κίνηση ή την απόστασή της από τη γη iii. τη θερμοκρασία που επικρατεί στην επιφάνειά της, το χρώμα ή το σχήμα της. iv. Συμπεριλαμβάνονται και τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά που αποδίδονται σε αυτήν.	i. *«…το φεγγάρι έριχνε το ασθενικό του φως…»* (Ένας σύντροφος για το ταξίδι) ii. *«Μπορεί, λοιπόν, να κρέμεται εκεί πάνω και να με φωτίζει…»* (Ο χιονάνθρωπος), *«…θα περιμένουμε λίγο ακόμα να ανέβει το φεγγάρι ψηλά στον ουρανό…»* (Χάνσελ και Γκρέτελ) iii. *«…το φεγγάρι έλαμπε ψυχρό...»* (Η Βασίλισσα του Χιονιού), *«…ένα φόρεμα στο χρώμα του φεγγαριού… το γλυκό του ασημένιο χρώμα…»* (Η βασιλοπούλα με το γαϊδουροτόμαρο), *«…ανέτειλε η πανσέληνος, ολοστρόγγυλη…»* (Ο χιονάνθρωπος) iv. *«Το φεγγάρι έβλεπε από ψηλά…»* (Ένας σύντροφος για το ταξίδι).	i. Η Σελήνη είναι ετερόφωτο ουράνιο σώμα (Αυγολούπης & Σειραδάκης 2009). ii. Η Σελήνη εμφανίζεται να κινείται από την Ανατολή προς τη Δύση ως αποτέλεσμα της περιστροφής της Γης. Η μέση απόστασή της από τη Γη είναι 384.000 χιλιόμετρα (Αυγολούπης 2008). iii. Η θερμοκρασίες στην επιφάνειά της κυμαίνεται από -153°C έως +107°C (Αυγολούπης & Σειραδάκης 2009). Η Σελήνη αλλάζει φαινομενικά χρώματα, ανάλογα με τον τύπο των νεφών που βρίσκονται στα ψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας της Γης. Η Σελήνη έχει σφαιρικό σχήμα, με διάμετρο 3.476 χιλιόμετρα (Αυγολούπης & Σειραδάκης 2009)	i. Η Σελήνη λάμπει, εκπέμπει δικό της φως όπως ο Ήλιος, είναι αυτόφωτη. ii. Κρέμεται στον ουρανό, άρα είναι ακίνητη. Κινείται πάνω-κάτω/ανεβαίνει-κατεβαίνει στον ουρανό, κινείται σε κατεύθυνση αντίθετης του ήλιου ή βρίσκεται πίσω από τα δέντρα. Η Σελήνη βρίσκεται κοντά στη γη. iii. Στην επιφάνειά της επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, έχει ασημί χρώμα, είναι στρογγυλή. iv. Η Σελήνη είναι ζωντανός οργανισμός, βλέπει, έχει πρόσωπο. Χαιρετά, μιλά με ανθρώπους ή τους βοηθάει, τρέχει, έχει συναισθήματα (π.χ. ζηλεύει), εμφανίζεται κατά βούληση.
Ήλιος	Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται κάθε αναφορά που	i. *«Όταν ξύπνησε η Ελίζα, ο ήλιος είχε σηκωθεί ψηλά*	i. Η διαδοχή ημέρας νύχτας οφείλεται στη περιστροφή	i. Η διαδοχή ημέρας και νύχτας οφείλεται στην κίνηση

Κατηγορία	Ορισμός κατηγορίας	Παραδείγματα	Επιστημονική άποψη	Εναλλακτικές ιδέες
	δεν αναπαριστά με τον επιστημονικά αποδεκτό τρόπο τον Ήλιο και μπορεί να οδηγήσει σε εναλλακτικές ιδέες σχετικά με: i. τη διαδοχή ημέρας και νύχτας, καθώς το φαινόμενο αυτό συνδέεται με: την αστρονομική κίνηση του Ήλιου, την απόδοση ανθρωπομορφικών στοιχείων σε αυτόν, την κάλυψή του από τα σύννεφα ή τη νύχτα ii. την απόσταση Ήλιου-Γης iii. το σχήμα του Ήλιου ή το μέγεθός του iv. Συμπεριλαμβάνονται και τα ανθρώπινα χαρακτηριστικά που αποδίδονται σε αυτόν.	*στον ουρανό.»* (Οι Αγριόκυκνοι), *«…ο ήλιος χάθηκε πίσω από τις κερασιές.»* (Η Βασίλισσα του Χιονιού), «*…περίμενε να πέσει η νύχτα…»* (Η βασιλοπούλα με το γαιδουροτόμαρο) ii. *«…ο ήλιος είχε ήδη ανατείλει και τα* πουλάκια *πετούσαν γύρω του…»* (Ένας σύντροφος για το ταξίδι) iii. *«…τον δικό της τον έφτιαξε στρόγγυλο σαν τον ήλιο»* (Η μικρή γοργόνα) iv. *«Η πιο μικρή κόρη ήταν τόσο όμορφη που ακόμα και ο ήλιος, που τόσα είχε δει στα ταξίδια του, αργοπορούσε κάθε φορά που έριχνε τις αχτίδες του πάνω από την πριγκίπισσα, γιατί τον θάμπωνε η ομορφιά της.»* (Ο πρίγκιπας βάτραχος)	της γης γύρω από τον άξονα της κάθε 24 ώρες. Διαδοχικά ένας τόπος στην επιφάνειά της περνά από τη σκιά στο φως. ii. Η μέση απόσταση του Ήλιου από τη Γη ανέρχεται, κατά προσέγγιση, σε 149.600.000 χιλιόμετρα. (Αυγολούπης 2008) iii. Ο Ήλιος είναι σφαιρικός με διάμετρο 1.320.000 χιλιόμετρα (Αυγολούπης 2008).	του Ήλιου. Συγκεκριμένα, ανατέλλει και δύει, βασιλεύει/μεσουρανεί, ανεβαίνει και κατεβαίνει στον ουρανό, κινείται πάνω-κάτω ή εμφανίζεται και εξαφανίζεται. Επίσης, έχει ζωή καθώς, εμφανίζεται να χάνεται στον ορίζοντα, να πηγαίνει πίσω από τις κερασιές/βουνά, να σβήνει και να λάμπει ξανά ή να βυθίζεται στο νερό. Κατ' επέκταση βρίσκεται κοντά ή πάνω στη γη. Τέλος, καλύπτεται από σύννεφα ή το σκοτάδι/νύχτα. ii. Ο Ήλιος βρίσκεται κοντά στη Γη, πάνω σε αυτήν ή είναι προσβάσιμος. iii. Ο Ήλιος είναι στρογγυλός ή μικρός σε μέγεθος. iv. Ο Ήλιος είναι ζωντανός οργανισμός, βλέπει, χαιρετά ή μιλά τους ανθρώπους, έχει γνώσεις, αγκαλιάζει τους ανθρώπους, κινείται, αργοπορεί.
Αστέρια	Στην κατηγορία αυτή εντάσσεται κάθε αναφορά που δεν αναπαριστά με τον	i. *«…θα πάω… εκεί στο πιο λαμπερό αστέρι.»* (Η μαγική ιστορία του χρόνου)	i. Όλοι οι γνωστοί Αστέρες απέχουν απόσταση μεγαλύτερη του ενός	i. Οι Αστέρες βρίσκονται κοντά στη γη, πάνω στον ουρανό, έτσι μπορεί κάποιος να

Κατηγορία	Ορισμός κατηγορίας	Παραδείγματα	Επιστημονική άποψη	Εναλλακτικές ιδέες
	επιστημονικά αποδεκτό τρόπο τα Αστέρια και μπορεί να οδηγήσει σε εναλλακτικές ιδέες σχετικά με: i. την απόσταση Γης-Αστέρων ii. τη διαφορά Αστέρων-Μετεώρων iii. τη διαφορά Πλανητών-Αστέρων, καθώς εμφανίζονται να έχουν παρόμοιο μέγεθος iv. τη θέση ή τη φαινόμενη κίνησή τους v. το μέγεθος ή το σχήμα τους	ii. *«Αμέσως μετά ένα απ' αυτά (αστέρι) ξεκολλά και κυλά στη γη, αφήνοντας πίσω του μια χρυσωμένη γραμμή»* (Το κοριτσάκι με τα σπίρτα) iii. *«Είναι τεράστιοι πλανήτες, σαν τη γη, κι ακόμη μεγαλύτεροι.»* (Ο Γέρος με την άμμο) iv. *«Έχω να μαζέψω όλα τ' αστέρια του ουρανού και να τα γυαλίσω. Και πρέπει να προσέξω γιατί αν τα κρεμάσω σε λάθος μέρος, τότε όλα τα καράβια όπου κι αν αρμενίζουν θ' ακολουθήσουν λανθασμένη κατεύθυνση.»* (Ο Γέρος με την άμμο) v. *«…στερέωσαν ένα αστέρι…»* (Το χριστουγεννιάτικο δέντρο)	παρσέκ6 από τη Γη (Αυγολούπης 2008). ii. Τα Μετέωρα είναι μικροί λίθοι και σκόνη, που συναντά η Γη κατά την περιφορά της γύρω από τον Ήλιο, τα οποία εισέρχονται στην ατμόσφαιρα, καίγονται λόγω της τριβής με τα μόριά της και εξαερώνονται (Αυγολούπης 2008). iii. Οι Αστέρες (απλανείς) στον νυχτερινό ουρανό διαχωρίζονται από τους Πλανήτες (Αυγολούπης 2008). iv. Οι Αστέρες εμφανίζονται να διαγράφουν τοξοειδείς τροχιές που οφείλονται στην περιστροφή της γης γύρω από τον άξονά της (Αυγολούπης 2008), έτσι κάθε αστέρας εμφανίζεται να ανατέλλει και να δύει (Αυγολούπης & Σειραδάκης 2009).	τους πιάσει ή να μετοικήσει σε αυτούς. ii. Τα πεφταστέρια είναι Αστέρες που πέφτουν στη γη. Τα αστέρια πέφτουν. iii. Οι Αστέρες έχουν παρόμοιο μέγεθος και μοιάζουν με τους Πλανήτες. iv. Τα αστέρια είναι κολλημένα στον ουρανό και δεν κινούνται φαινομενικά. v. Είναι μικρά σε μέγεθος καθώς μπορεί κάποιος να τα πιάσει και να τα μετακινήσει. Κατ' επέκταση, ο ουρανός περιβάλλει τη Γη και πάνω σε αυτόν βρίσκονται όλα τα ουράνια σώματα. Έχουν σχήμα ίδιο με αυτό του αστεριού στην κορυφή του Χριστουγεννιάτικου δέντρου.

[6] Το παρσέκ (parsec) αντιστοιχεί σε περίπου 3,26 έτη φωτός, το οποίο είναι περίπου 30,9 τρισεκατομύρια (3,09 × 1013) χιλιόμετρα.

Αστέρια. Οι Εναλλακτικές ιδέες, παρέχουν τις εναλλακτικές ιδέες για τα ουράνια σώματα που μπορεί να δημιουργηθούν στα παιδιά, ως αποτέλεσμα αυτών των λαθών και ανακριβειών.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα δείχνουν πως τα παραμύθια της παρούσας έρευνας περιέχουν λάθη και ανακρίβειες για τα ουράνια σώματα. Συγκεκριμένα, η Σελήνη, ο Ήλιος, και τα Αστέρια δεν αναπαρίστανται με βάση το επιστημονικό πρότυπο.
Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών. Συγκεκριμένα, αναλύσεις περιεχομένου σε παιδικά βιβλία γνώσης κατέγραψαν ανακρίβειες σχετικά με τη Σελήνη και τον Ήλιο (Rice & Rainsford 1996, Sackes et al. 2009, Trundle et al. 2008). Αναλυτικότερα, οι ανακρίβειες που εντοπίζονται στα παραμύθια της παρούσας έρευνας σχετικά με τη Σελήνη καταγράφηκαν και στην έρευνα των Rice και Rainsford (1996), και αφορούν το σχήμα, τη θέση και την απόστασή της από τη Γη. Επίσης, τόσο στην έρευνα των Rice και Rainsford (1996) όσο και των Sackes et al. (2009), ο Ήλιος και η Σελήνη εμφανίζονταν με ανθρωπομορφικά χαρακτηριστικά, όπως και στα παραμύθια της παρούσας έρευνας.
Όσον αφορά τα επιμέρους χαρακτηριστικά των λαθών και ανακριβειών που καταγράφηκαν, φαίνεται πως αυτά βασίζονται σε παρατηρησιακά δεδομένα. Για παράδειγμα, η Σελήνη περιγράφεται ως αυτόφωτη, να κινείται πάνω κάτω στον ουρανό ή να είναι στρογγυλή. Οι Αστέρες, επίσης, εμφανίζονται να είναι ακίνητοι στον ουρανό. Αυτό οφείλεται στο ότι κατά την παρατήρηση του νυχτερινού ουρανού οι Αστέρες δίνουν την αίσθηση πως είναι ακίνητοι. Ακόμη, το φαινόμενο της διαδοχής ημέρας και νύχτας συνδέεται με την φαινόμενη κίνηση του Ήλιου. Κάποια λάθη και ανακρίβειες, επίσης, συμβαδίζουν με θεωρίες του παρελθόντος. Έτσι, τα αποσπάσματα για την κίνηση και τη θέση του Ήλιου αλλά και των άλλων ουράνιων σωμάτων ανταποκρίνονται στο γεωκεντρικό μοντέλο. Σύμφωνα με αυτό, όλα τα αντικείμενα του ουρανού που είναι ορατά με γυμνό μάτι περιστρέφονται γύρω από τη Γη. Ανάμεσα στους υπέρμαχους αυτού του συστήματος ήταν ο Αριστοτέλης και ο Πτολεμαίος.
Τα αποτελέσματα της εμπειρικής μελέτης των McClelland και Krockover (1996), δείχνουν πως οι εναλλακτικές ιδέες που οικοδομούνται από τα παιδικά βιβλία μπορούν να αναδομηθούν με δραστηριότητες που προκαλούν γνωστική σύγκρουση και οδηγούν σε εννοιολογική αλλαγή. Επίσης, η δημιουργία εναλλακτικών ιδεών μπορεί να αποτραπεί εάν τα παιδιά ενθαρρύνονται να διατυπώνουν ερωτήσεις και να σκέφτονται για το περιεχόμενο του βιβλίου (Sackes et al. 2009). Επομένως, δραστηριότητες, όπως παρατηρήσεις ή χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών για τα ουράνια σώματα, θα μπορούσαν να οδηγήσουν στην αναγνώριση των ανακριβειών στο κείμενο των παραμυθιών και στην οικοδόμηση των επιστημονικών ιδεών. Επιπλέον, η σύγκριση των παραμυθιών με ακριβή βιβλία γνώσης με θέμα τα ουράνια σώματα, θα μπορούσε να οδηγήσει στην κριτική προσέγγιση των παραμυθιών και στον εντοπισμό των ανακριβειών και λαθών.
Τέλος, η παρούσα μελέτη υπήρξε καθαρά βιβλιογραφική και απουσιάζει από αυτήν το αντίκτυπο στις ιδέες και στις γνώσεις των παιδιών. Επομένως, μια πρόταση για περαιτέρω έρευνα αποτελεί η εμπειρική μελέτη της επίδρασης των παραμυθιών στις γνώσεις των παιδιών για τα ουράνια σώματα.

5. Βιβλιογραφία

Αυγολούπης, Σ. (2008). *Το Εγγύς Διαστημικό Περιβάλλον της Γης-Ιστορία, Τεχνολογία και Επιστήμη της Αστρονομίας*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Πλανητάριο.

Αυγολούπης, Σ. & Σειραδάκης, Ι. (2009). *Παρατηρησιακή Αστρονομία*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Πλανητάριο.

Bettelheim, B. (1995). *Η γοητεία των παραμυθιών. Μια ψυχαναλυτική Προσέγγιση* (Ε. Αστερίου, Μετάφ.). Αθήνα: Γλάρος. (Το πρωτότυπο έργο δημοσιεύτηκε το 1976).

Κώτσης, Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Ιωάννινα: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Μπονίδης, Κ. (2004). *Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου ως αντικείμενο έρευνας. Διαχρονική εξέταση της σχετικής έρευνας και μεθοδολογικές παρατηρήσεις*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Ault, C. R. (1984). Intelligently wrong: Some comments on children's misconceptions. *Science and Children, 21*(8), 22-24.

Brunsell, E. & Marcks, J. (2004). Identifying A Baseline for Teachers' Astronomy Content Knowledge. *Astronomy Education Review, 3*(2), 38–46.

Duit, R. & Treagust, D. F. (1995). Students' conceptions and constructivist teaching approaches. In B. J. Fraser & H. J. Walberg (Eds.), *Improving science education* (pp. 46-49). Chicago, IL: National Society for the Study of Education.

Kazemek, F., Louisell, R. & Wellike, J. (2004). *Children's stories about their natural worlds: An exploration from multiple perspectives (and an invitation to participate).* Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Vancouver, British Columbia.

Mayring, P. (2014). *Qualitative content analysis: theoretical foundation, basic procedures and software solution*. Klagenfurt. Retrieved from http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-395173

McClelland, A. K. & Krockover, G. H. (1996). Children's understandings of science: Goldilocks and the Three Bears revisited. *Journal of Elementary Science Education, 8*(2), 32-65.

Rice, D. C. & Rainsford, A. D. (1996). *Using Children's Trade Books to Teach Science: Boon or Boondoggle?* Paper presented at poster session at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. St. Louis, MO. Retrieved from ERIC Document Reproduction Service No. ED 393 700

Sackes, M., Trundle, K. C. & Flevares, L. M. (2009). Using children's literature to teach standard-based science concepts in early years. *Early Childhood Education Journal, 36*(5), 415-422.

Trundle, K. C. & Troland, T. H. (2005). The Moon in Children's Literature. *Science and Children, 43*(2), 40-43.

Trundle, K. C., Troland, T. H. & Pritchard, T. G. (2008). Representations of the Moon in Children's Literature: An Analysis of Written and Visual Text. *Journal of Elementary Science Education, 20*(1), 17–28.

Vosniadou, S. & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science, 18*(1), 123-183.

Zipes, J. (2015). *The Oxford Compa*

ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΙΣ Τ.Π.Ε. ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΜΙΑΣ ΚΟΙΝΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ ΕΝΝΟΙΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Βασιλική Γκίτζια, Δημήτρης Διαμαντίδης

Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία αξιοποιήσαμε λογισμικό δυναμικής γεωμετρίας για να σχεδιάσουμε και να χρησιμοποιήσουμε εκπαιδευτικό υλικό με διεπιστημονικό χαρακτήρα για μία κοινή διδακτική προσέγγιση στη Χημεία και στα Μαθηματικά. Οι έννοιες που διαπραγματευτήκαμε ήταν η «περιεκτικότητα διαλύματος στα εκατό βάρος προς όγκο (% w/v)» σε σχέση με την «κλίση ευθείας». Μέσω της μαθηματικοποίησης προβλημάτων χημείας και της χρήσης πολλαπλών αναπαραστάσεων στοχεύουμε στον εμπλουτισμό και στη βαθύτερη κατανόηση των υποκείμενων εννοιών, καθώς και στο συσχετισμό των εννοιών μεταξύ τους, στο πλαίσιο της διαθεματικής προσέγγισης της γνώσης.

Abstract

In this study, taking advantage of a DGE's (dynamic geometry environment) affordances, we designed a unit of educational material in respect of an interdisciplinary framework, referring to Chemistry and Mathematics and we used it in classroom. The concepts that we aimed to involve students with were the "percentage of solution (%w/v)" in relation to the "slope of a line". Through mathematization of chemistry problems and the use of multiple representations, our goal was the elaboration and the deeper understanding of the underlying concepts by the students, and the fostering of making connections between these concepts, in a broader sense of cross-curricular learning environment.

1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με τη διδακτική έρευνα για την κατανόηση των φυσικών νόμων είναι κρίσιμη η σύνδεση τους με το αντίστοιχο μαθηματικό περιεχόμενο από τους μαθητές, με τρόπο ώστε να επεξηγούν το συναφές μαθηματικό μοντέλο (Sherin 2001). Το ερώτημα που τίθεται είναι πώς αυτή η σύνδεση μπορεί να ενισχυθεί με διδακτικά μέσα; Δηλαδή, με ποιον τρόπο μπορεί να προσεγγιστεί η 'πραγματικότητα' που περιγράφουν οι φυσικές επιστήμες, όπως η Χημεία, με τη χρήση των αφηρημένων μαθηματικών εννοιών; Σύμφωνα με τη Moreno (2011), η συνδυαστική χρήση ρεαλιστικών αναπαραστάσεων (π.χ. δοχείο με υγρό) και αφηρημένων αναπαραστάσεων (π.χ. γραφική παράσταση της περιεκτικότητας διαλύματος) μπορεί να κάνει πιο σαφείς τις υποκείμενες έννοιες. Μέχρι στιγμής, οι έρευνες εστιάζουν κυρίως στη λειτουργική χρήση των μαθηματικών αναπαραστάσεων για την επίλυση προβλημάτων Χημείας (Kostic et al. 2015). Ωστόσο, η έρευνα μπορεί να επικεντρωθεί πιο εστιασμένα σε ερωτήματα εννοιολογικής κατανόησης, όπως για παράδειγμα πώς η χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων ενισχύει τη σύνδεση μαθηματικών και χημικών εννοιών; Με αυτό το σκεπτικό, στην παρούσα εργασία σχεδιάσαμε εκπαιδευτικό υλικό κοινό για τη Χημεία και τα

Μαθηματικά, με χρήση Τ.Π.Ε. και το χρησιμοποιήσαμε για την υλοποίηση μιας διεπιστημονικής διδασκαλίας.

2. Μεθοδολογία

Η «περιεκτικότητα διαλύματος στα εκατό βάρος προς όγκο (%w/v)» ως μια έννοια Χημείας μαθηματικοποιείται από την έννοια της «κλίσης ευθείας». Ο τυπικός ορισμός της κλίσης είναι κυρίως αλγεβρικός (Tall 2004), ωστόσο η έννοια έχει γεωμετρικά χαρακτηριστικά και αντιστοιχίζεται σε 'εικόνες', όπως για παράδειγμα μία ανηφόρα. Η περιεκτικότητα διαλύματος αν μαθηματικοποιηθεί από την κλίση ευθείας και μοντελοποιηθεί με ένα εκπαιδευτικό λογισμικό με δυναμικό χειρισμό (π.χ. με μεταβλητή ποσότητα διαλύματος), μπορεί να προσφέρει μια πιο πλούσια εικόνα της κλίσης για τους μαθητές που θα χειριστούν το μοντέλο. Έτσι, επιδιώξαμε να αξιοποιήσουμε τις λειτουργικότητες ενός εκπαιδευτικού λογισμικού (Geogebra) και να σχεδιάσουμε μια 'προσομοίωση' αραίωσης και συμπύκνωσης ενός διαλύματος, στο οποίο να μεταβάλλεται ο όγκος του και η μάζα της διαλυμένης ουσίας. Με βάση αυτόν το 'μικρόκοσμο' (Kynigos 2007) σχεδιάσαμε 'μικροπειράματα' αραίωσης και συμπύκνωσης διαλυμάτων, ώστε οι μαθητές να θέσουν σε χρήση την έννοια της κλίσης ως ρυθμό μεταβολής. Από πλευράς Χημείας, οι μαθητές θα είχαν τη δυνατότητα να εργαστούν με πολλαπλές αναπαραστάσεις (μικροπειράματα χημείας και γραφικές παραστάσεις) πάνω στην έννοια της περιεκτικότητας και να εξασκηθούν στη χρησιμοποίηση πολλαπλών εργαλείων για την επίλυση ασκήσεων. Παράλληλα, οι μαθητές θα συσχέτιζαν τις υποκείμενες έννοιες (κλίση ευθείας - περιεκτικότητα διαλύματος) σε ένα αυθεντικά διαθεματικό πλαίσιο.

Περιγραφή Εκπαιδευτικού Υλικού και Διεπιστημονικής Διδασκαλίας

Σχεδιάσαμε 5 διαδραστικές δραστηριότητες διαβαθμισμένης δυσκολίας, οι οποίες αντιστοιχούσαν σε 5 μικροπειράματα - προσομοιώσεις πειραμάτων Χημείας. Οι 2 πρώτες δραστηριότητες ($1^η$, $2^η$) ήταν εισαγωγικές και περιελάμβαναν μόνο το σκέλος των εικονικών πειραμάτων και οι 3 επόμενες ($3^η$, $4^η$, $5^η$) ήταν οι κύριες δραστηριότητες της διδασκαλίας που περιελάμβαναν επιπλέον μαθηματικές αναπαραστάσεις (γραφικές παραστάσεις). Η διδασκαλία σχεδιάστηκε ώστε να υλοποιηθεί στο Εργαστήριο Πληροφορικής του σχολείου, με τη μέθοδο της καθοδηγούμενης ανακάλυψης, όπου οι καθηγητές είχαν μόνο εποπτικό ρόλο και επενέβαιναν μόνο όταν οι μαθητές ζητούσαν βοήθεια. Οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες 2-3 ατόμων και ακολουθώντας τις οδηγίες κατάλληλου φύλλου εργασίας, καλούνταν να εκτελέσουν τα μικροπειράματα στο λογισμικό και να απαντήσουν σε μία σειρά από κλιμακωτά ερωτήματα. Να σημειώσουμε ότι είχαν ήδη διδαχθεί τις εμπλεκόμενες έννοιες (κλίση ευθείας και περιεκτικότητα διαλύματος) χωριστά στα μαθήματα των Μαθηματικών και της Χημείας. Το φύλλο εργασίας σχεδιάστηκε ώστε οι μαθητές να καθοδηγούνται να συνδυάσουν τις γνώσεις τους στη Χημεία και στα Μαθηματικά, με στόχο να συνδέσουν τις διδασκόμενες έννοιες και με βασικό μέλημα να εξάγουν οι ίδιοι τους συσχετισμούς μεταξύ των φαινομένων στη Χημεία με τις αντίστοιχες μαθηματικές αναπαραστάσεις.
Οι εισαγωγικές δραστηριότητες είχαν σκοπό να εξοικειώσουν τους μαθητές με το περιβάλλον του λογισμικού και να αναδείξουν, στη συνέχεια, τη χρησιμότητα και το συσχετισμό των μαθηματικών αναπαραστάσεων με τα φαινόμενα της Χημείας. Έτσι, σχεδιάσαμε τα μοντέλα των εν λόγω μικροπειραμάτων με τέτοιο τρόπο ώστε τα φαινόμενα να μην μπορούν να ερμηνευτούν με μονοσήμαντο τρόπο. Οι κύριες δραστηριότητες περιελάμβαναν επιπλέον μαθηματικά δεδομένα που καθιστούσαν δυνατή την ολοκληρωμένη ερμηνεία των φαινομένων.

Στην Εικόνα 1 φαίνεται ένα στιγμιότυπο από την 1η Δραστηριότητα, μαζί με τις οδηγίες και τα ερωτήματα που υπήρχαν στο φύλλο εργασίας που δόθηκε στους μαθητές. Στους μαθητές δίνεται η πληροφορία ότι τα Δοχεία Α και Δ περιέχουν δύο υγρά και ότι το πράσινο είναι ένα άλλο σώμα. Επίσης, δίνεται η οδηγία ότι πρέπει να χειριστούν τους δύο μεταβολείς, ώστε να διερευνήσουν τι μεταβάλλει ο κάθε ένας και τι συμβαίνει στο μικροπείραμα της Χημείας.

Εικόνα 1: Η 1η Δραστηριότητα (εισαγωγική) του φύλλου εργασίας.

Στο μικροπείραμα **CheMath.1** φαίνεται ένα δοχείο Α που περιέχει ένα υγρό, ένα πράσινο σώμα και ένα δεύτερο δοχείο Δ που περιέχει ένα άλλο υγρό.
Μπορείτε να χειριστείτε τους δύο μεταβολείς και να απαντήσετε στα παρακάτω ερωτήματα:

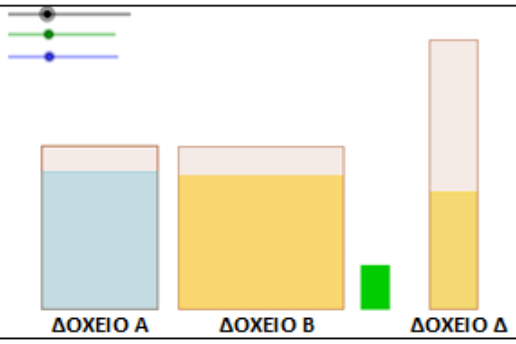
α) Τι μπορεί να μεταβάλει ο γκρι μεταβολέας;
β) Τι μπορεί να μεταβάλει ο πράσινος μεταβολέας;
γ) Μπορείτε να καταλάβετε τι συμβαίνει στο μικροπείραμα;

Οι μαθητές παρατηρούν ότι μετακινώντας τον γκρι μεταβολέα προς τα δεξιά μειώνεται η στάθμη του υγρού στο Δοχείο Α και ταυτόχρονα αυξάνεται η στάθμη του υγρού στο Δοχείο Δ, ενώ μετακινώντας τον πράσινο μεταβολέα προς τα δεξιά μειώνεται το μέγεθος του πράσινου σώματος. Ωστόσο, επειδή οι μαθητές δεν έχουν άλλα δεδομένα στη διάθεσή τους δεν μπορούν να ερμηνεύσουν με βεβαιότητα το μικροπείραμα.
Στην Εικόνα 2 φαίνεται ένα στιγμιότυπο από τη 2η Δραστηριότητα της διδασκαλίας, μαζί με τις οδηγίες και τα ερωτήματα που υπήρχαν στο φύλλο εργασίας.

Εικόνα 2: Η 2η Δραστηριότητα (εισαγωγική) του φύλλου εργασίας.

Στο μικροπείραμα **CheMath.2** φαίνονται τρία δοχεία (Α, Β και Δ) και ένα πράσινο σώμα.

Μπορείτε να χειριστείτε τους τρεις μεταβολείς και να απαντήσετε στα παρακάτω ερωτήματα:



α) Τι συμβαίνει με τη χρήση του κάθε μεταβολέα;
β) Το μπλε υγρό (δοχείο Α) περιέχει μόνο διαλύτη ή μπορεί να περιέχει και διαλυμένη ουσία;
γ) Το υγρό στο δοχείο Β περιέχει μόνο διαλύτη ή μπορεί να περιέχει και διαλυμένη ουσία;
δ) Μπορείτε να καταλάβετε τι συμβαίνει στο μικροπείραμα;

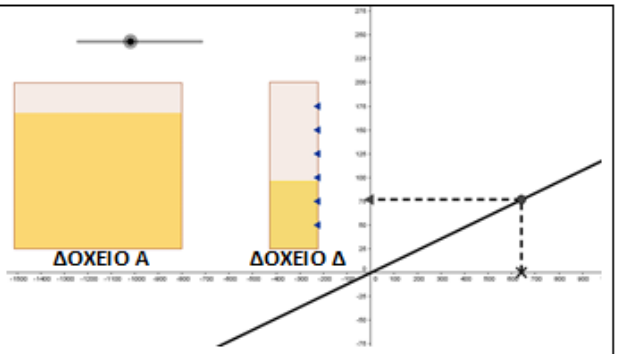
Εδώ, το πείραμα έχει έναν παραπάνω βαθμό πολυπλοκότητας, καθώς τα δοχεία είναι τρία και οι μεταβολείς το ίδιο. Οι μαθητές παρατηρούν ότι μετακινώντας τον μπλε μεταβολέα μειώνεται η στάθμη του υγρού στο Δοχείο Α και ταυτόχρονα αυξάνεται η στάθμη του υγρού στο Δοχείο Δ, μετακινώντας τον γκρι μεταβολέα μειώνεται η στάθμη στο Δοχείο Β και ταυτόχρονα αυξάνεται η στάθμη στο Δοχείο Δ και μετακινώντας τον πράσινο μεταβολέα μειώνεται το μέγεθος του πράσινου σώματος. Και σε αυτή την περίπτωση οι μαθητές δεν

έχουν επαρκή δεδομένα για να ερμηνεύσουν το μικροπείραμα και περιορίζονται απλά σε έναν προβληματισμό και στην εξοικείωση με το περιβάλλον του λογισμικού.
Στη συνέχεια, ακολουθούν οι κύριες δραστηριότητες της διδασκαλίας, οι οποίες περιέχουν επιπλέον μαθηματικές αναπαραστάσεις που καθιστούν δυνατή την ολοκληρωμένη ερμηνεία των φαινομένων. Στην Εικόνα 3 εικονίζεται ένα στιγμιότυπο από την 3η Δραστηριότητα μαζί με τις οδηγίες και τα ερωτήματα του φύλλου εργασίας. Η δραστηριότητα αυτή αντιστοιχεί σε

Εικόνα 3: Η 3η Δραστηριότητα (κύρια) του φύλλου εργασίας.

Στο μικροπείραμα **CheMath.3a** φαίνονται δύο δοχεία (Α και Δ) και υπάρχει ένας γκρι μεταβολέας.
Η ευθεία που βλέπετε είναι μια συνάρτηση με x: όγκο διαλύματος στο Δ, y: μάζα διαλυμένης ουσίας στο Δ.

Να απαντήσετε τις παρακάτω ερωτήσεις:



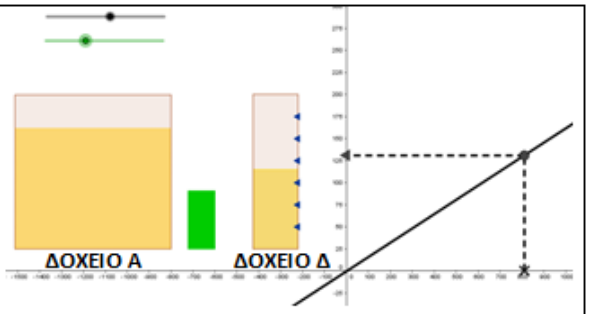
α) Τι μπορεί να μεταβάλει ο γκρι μεταβολέας;
β) Αν το δ/α στο δοχείο Δ έχει όγκο 600 mL, τότε ποια είναι η μάζα της διαλυμένης ουσίας που περιέχεται σε αυτό;
γ) Μπορείτε να υπολογίσετε την %w/v περιεκτικότητα του δ/ος στο δοχείο Δ;
δ) Μπορείτε με μεγαλύτερη ακρίβεια να απαντήσετε το ερώτημα γ);
ε) Παρατηρείστε αν μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας προσθέτοντας διάλυμα από το δοχείο Α στο δοχείο Δ.
στ) Να βρείτε την εξίσωση της ευθείας.
ζ) Μπορείτε να καταλάβετε τι εκφράζει η κλίση της ευθείας;

ένα απλό μικροπείραμα, όπου υπάρχουν μόνο δύο δοχεία και ένας μεταβολέας. Οι μαθητές παρατηρούν ότι μετακινώντας το μεταβολέα προς τα δεξιά μειώνεται η στάθμη στο Δοχείο Α και ταυτόχρονα αυξάνεται η στάθμη στο Δοχείο Δ και παράλληλα μετακινείται το σημείο στη γραφική παράσταση. Όπως δίνεται και στις οδηγίες, το σημείο της γραφικής παράστασης αντιστοιχεί, κάθε στιγμή, στον όγκο του διαλύματος στο Δοχείο Δ και στη μάζα της διαλυμένης ουσίας στο ίδιο δοχείο. Παρατηρώντας και ερμηνεύοντας τη γραφική παράσταση οι μαθητές μπορούν να διαπιστώσουν ότι καθώς μετακινείται ο μεταβολέας προς τα δεξιά αυξάνεται ο όγκος του διαλύματος και η μάζα της διαλυμένης ουσίας στο Δοχείο Δ, ενώ η κλίση της ευθείας παραμένει σταθερή. Συνεπώς, μπορούν να συμπεράνουν ότι στο μικροπείραμα μετεφέρεται διάλυμα από το Δοχείο Α στο Δοχείο Δ. Τα ερωτήματα που συνοδεύουν τη δραστηριότητα, τα οποία πρέπει να απαντηθούν από τους μαθητές, λειτουργούν καθοδηγητικά προς αυτούς προκειμένου να μπορέσουν να ερμηνεύσουν το μικροπείραμα. Συγκεκριμένα, με το ερώτημα *«Αν το δ/α στο δοχείο Δ έχει όγκο 600 mL, τότε ποια είναι η μάζα της διαλυμένης ουσίας που περιέχεται σε αυτό;»* κατευθύνουμε τους μαθητές να μελετήσουν και να ερμηνεύσουν τη γραφική παράσταση. Με τα ερωτήματα «*Μπορείτε να υπολογίσετε την % w/v περιεκτικότητα του δ/ος στο δοχείο Δ;*» και «*Να βρείτε την εξίσωση της ευθείας*» στρέφουμε την προσοχή τους εναλλάξ στην έννοια της περιεκτικότητας και στην έννοια της κλίσης. Με το τελευταίο ερώτημα «*Μπορείτε να καταλάβετε τι εκφράζει η κλίση της ευθείας;*» τους ωθούμε να συσχετίσουν τις δύο παραπάνω έννοιες, το οποίο αποτελεί και τον απώτερο στόχο της διεπιστημονικής διδασκαλίας.

Στην Εικόνα 4 εικονίζεται ένα στιγμιότυπο από την 4η Δραστηριότητα, η οποία είναι η αντίστοιχη της 1ης εισαγωγικής Δραστηριότητας, με τη διαφορά ότι περιέχει επιπλέον μαθηματικά δεδομένα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, μετακινώντας τους μεταβολείς μπορούμε να μεταφέρουμε υγρό από το Δοχείο Α και στερεή πράσινη ουσία προκειμένου για να σχηματίσουμε ένα διάλυμα στο Δοχείο Δ. Παράλληλα μετακινείται και το σημείο της γραφικής παράστασης, ώστε κάθε στιγμή να αντιστοιχεί στον όγκο του διαλύματος (άξονας x) και στη μάζα της διαλυμένης ουσίας (άξονας y) στο Δοχείο Δ. Συγκεκριμένα,

Εικόνα 4: Η 4η Δραστηριότητα (κύρια) του φύλλου εργασίας.

Στο μικροπείραμα **CheMath.3b** παρουσιάζεται πιο αναλυτικά η **Δραστηριότητα 1**: Φαίνονται δύο δοχεία Α και Δ, ένα πράσινο σώμα και υπάρχουν δύο μεταβολείς (γκρι και πράσινος). Η ευθεία που βλέπετε είναι μια συνάρτηση με x: όγκο διαλύματος στο Δ, y: μάζα διαλυμένης ουσίας στο Δ.



Να απαντήσετε τις παρακάτω ερωτήσεις:

α) Τι συμβαίνει με τη χρήση του κάθε μεταβολέα;

β) Αφού ξαναδείτε τη **Δραστηριότητα 1**, μπορείτε να καταλάβετε τι περιέχει το δοχείο Α και τι είναι το πράσινο σώμα;

γ) Παρατηρείστε αν μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας προσθέτοντας διάλυμα από το δοχείο Α ή πράσινο σώμα στο δοχείο Δ. Απαντήστε μονολεκτικά (ναι ή όχι).

δ) Παρατηρείστε πώς μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας και δώστε μία εξήγηση στις ακόλουθες περιπτώσεις:

i) Ο πράσινος μεταβολέας είναι στο μηδέν και μεταβάλλουμε μόνο τον γκρι μεταβολέα.

ii) Διατηρούμε σταθερό τον γκρι μεταβολέα και μεταβάλλουμε μόνο τον πράσινο μεταβολέα.

iii) Διατηρούμε σταθερό τον πράσινο μεταβολέα και μεταβάλλουμε μόνο τον γκρι μεταβολέα.

ε) Όταν ο όγκος του διαλύματος στο δοχείο Δ είναι 500 mL και η διαλυμένη ουσία είναι 150 g, να υπολογίσετε:

i) Την περιεκτικότητα του διαλύματος στο δοχείο Δ

ii) Την εξίσωση της ευθείας

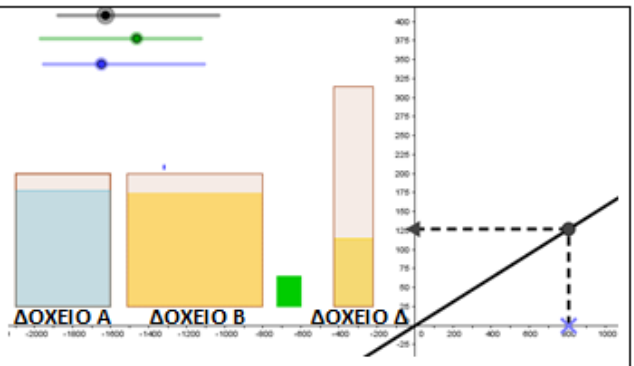
μετακινώντας τον γκρι μεταβολέα προς τα δεξιά μειώνεται η στάθμη του υγρού στο Δοχείο Α και ταυτόχρονα αυξάνεται η στάθμη του υγρού στο Δοχείο Δ. Μετακινώντας τον πράσινο μεταβολέα μειώνεται το πράσινο σώμα, ενώ η στάθμη του υγρού στο Δοχείο Δ παραμένει σταθερή (χωρίς να φαίνεται η διάλυση του πράσινου σώματος). Οι μαθητές μπορούν να χειρίζονται ξεχωριστά τους δύο μεταβολείς και να προσθέτουν στο Δοχείο Δ διαδοχικά υγρό Α ή πράσινη ουσία. Ταυτόχρονα η μετακίνηση του σημείου της γραφικής παράστασης τους δίνει τη δυνατότητα να διαπιστώνουν τι προστίθεται στο Δοχείο Δ, αφού μπορούν κάθε στιγμή να βλέπουν πώς μεταβάλλεται ο όγκος του διαλύματος και η μάζα της διαλυμένης ουσίας σε αυτό. Με τα κλιμακωτά ερωτήματα που συνοδεύουν τη δραστηριότητα (βλ. Εικόνα 4) καθοδηγούμε τους μαθητές να συσχετίσουν τις δύο αναπαραστάσεις (μικροπείραμα και γραφική παράσταση), να ερμηνεύσουν το μικροπείραμα και τελικά να συνδέσουν τις υποκείμενες έννοιες: κλίση ευθείας και περιεκτικότητα διαλύματος. Για παράδειγμα, με το ερώτημα *«Παρατηρήστε αν μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας προσθέτοντας διάλυμα από το Δοχείο Α ή πράσινο σώμα στο Δοχείο Δ»* στρέφουμε την προσοχή των μαθητών στην κλίση της ευθείας. Ενώ, με το ερώτημα *«Παρατηρήστε πώς μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας και*

δώστε μία εξήγηση εάν διατηρήσουμε σταθερό τον γκρι μεταβολέα και μεταβάλλουμε μόνο τον πράσινο μεταβολέα» προχωράμε ένα βήμα παρακάτω και τους κατευθύνουμε να παρατηρήσουν ότι όταν μεταβάλλεται ο πράσινος μεταβολέας το σημείο της γραφικής παράστασης μετακινείται έτσι ώστε να αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη μάζα διαλυμένης ουσίας και ίδιο όγκο διαλύματος στο Δ. Άρα, καθοδηγούμε τους μαθητές να διαπιστώσουν ότι γίνεται συμπύκνωση, με αποτέλεσμα η περιεκτικότητα του διαλύματος και η κλίση της ευθείας να αυξάνονται.
Τέλος, στην Εικόνα 5 φαίνεται ένα στιγμιότυπο από την 5η και τελευταία Δραστηριότητα της διδασκαλίας. Η δραστηριότητα αυτή είναι αντίστοιχη της 2η εισαγωγικής Δραστηριότητας,

Εικόνα 5: Η 5η Δραστηριότητα (κύρια) του φύλλου εργασίας.

Στο μικροπείραμα **CheMath.3c** περιγράφεται πιο αναλυτικά η **Δραστηριότητα 2**.

Η ευθεία που βλέπετε είναι μια συνάρτηση με x: όγκο διαλύματος στο δοχείο Δ, y: μάζα διαλυμένης ουσίας στο δοχείο Δ.



α) Αφού ξαναδείτε τη **Δραστηριότητα 2**, μπορείτε να καταλάβετε τι περιέχουν τα δοχεία Α και Β, και τι είναι το πράσινο σώμα;
β) Προσθέτοντας διάλυμα από το δοχείο Α ή από το δοχείο Β ή πράσινο σώμα, αλλάζει η περιεκτικότητα του διαλύματος στο δοχείο Δ. Απαντήστε μονολεκτικά (ναι ή όχι).
γ) Όταν ο όγκος του διαλύματος στο δοχείο Δ είναι 1200 mL και η διαλυμένη ουσία είναι 150 g, να υπολογίσετε:
i) Την περιεκτικότητα του διαλύματος στο δοχείο Δ
ii) Την εξίσωση της ευθείας
δ) Παρατηρείστε πώς μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας και δώστε μία εξήγηση στις ακόλουθες περιπτώσεις:
i) Διατηρούμε σταθερούς τον πράσινο και τον γκρι μεταβολέα και μεταβάλλουμε μόνο τον γαλάζιο μεταβολέα.
ii) Διατηρούμε σταθερούς τον γαλάζιο και τον γκρι μεταβολέα και μεταβάλλουμε μόνο τον πράσινο μεταβολέα.
iii) Διατηρούμε σταθερούς τον γαλάζιο και τον πράσινο μεταβολέα και μεταβάλλουμε μόνο τον γκρι μεταβολέα.

αλλά περιέχει επιπλέον τη γραφική παράσταση. Και εδώ η λογική είναι η ίδια, με τη διαφορά ότι το μικροπείραμα είναι πιο πολύπλοκο καθώς υπάρχουν τρία δοχεία και τρεις μεταβολείς. Μετακινώντας τον μπλε μεταβολέα μεταφέρεται υγρό από στο Δοχείο Α στο Δοχείο Δ, μετακινώντας τον πράσινο μεταβολέα μεταφέρεται πράσινη ουσία στο Δοχείο Δ, ενώ μετακινώντας τον γκρι μεταβολέα μεταφέρεται υγρό από το Δοχείο Β στο Δοχείο Δ. Παράλληλα με τη μετακίνηση οποιουδήποτε μεταβολέα μετακινείται και το σημείο της γραφικής παράστασης. Έτσι, μελετώντας και ερμηνεύοντας τη γραφική παράσταση οι μαθητές μπορούν να διαπιστώσουν ότι όταν μεταφέρεται υγρό από το Δοχείο Α στο Δ αλλάζει μόνο ο όγκος του δοχείου Δ, άρα το Α περιέχει μόνο διαλύτη. Όταν μεταφέρεται υγρό από το δοχείο Β στο Δ, αλλάζει και ο όγκος του διαλύματος και η μάζα της διαλυμένης

ουσίας στο Δ, άρα το Β περιέχει διάλυμα. Ενώ, όταν μεταφέρεται πράσινη ουσία αλλάζει μόνο η διαλυμένη ουσία στο Δ, άρα το πράσινο σώμα αντιστοιχεί στη διαλυμένη ουσία. Με τα ερωτήματα που συνοδεύουν τη δραστηριότητα (βλ. Εικόνα 5) κατευθύνουμε τους μαθητές να οδηγηθούν στα παραπάνω συμπεράσματα και τελικά να συσχετίσουν την έννοια της κλίσης με την έννοια της περιεκτικότητας. Για παράδειγμα, με το ερώτημα *«Παρατηρήστε πώς μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας και δώστε μία εξήγηση στην περίπτωση που διατηρούμε σταθερούς τον γκρι και τον πράσινο μεταβολέα και μεταβάλλουμε μόνο τον μπλε μεταβολέα»* καθοδηγούμε τους μαθητές να παρατηρήσουν ότι το σημείο της γραφικής παράστασης μετακινείται ώστε να αντιστοιχεί στην ίδια διαλυμένη ουσία, αλλά σε μεγαλύτερο όγκο διαλύματος στο Δ και η κλίση της ευθείας μειώνεται. Έτσι, αναμένουμε οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι στο μικροπείραμα γίνεται αραίωση, με αποτέλεσμα τόσο η περιεκτικότητα του διαλύματος Δ όσο και η κλίση της ευθείας, που εκφράζει την περιεκτικότητα, να μειώνονται.

3. Αποτελέσματα

Η διδασκαλία εφαρμόστηκε σε 27 μαθητές της Β΄ Γυμνασίου του 2ου Πειραματικού Γυμνασίου Αθηνών. Στις 2 πρώτες δραστηριότητες όλοι οι μαθητές ερμήνευσαν με επιτυχία τη χρήση των μεταβολέων. Για παράδειγμα, στην 1η Δραστηριότητα έγραψαν: *«με τον γκρι μεταβολέα μειώνεται ο όγκος του δοχείου Α και αυξάνεται ο όγκος του δοχείου Δ»* και *«με τον πράσινο μεταβολέα μειώνεται το ύψος του πράσινου σώματος»*. Επίσης, οι περισσότεροι διαπίστωσαν την ασάφεια των πειραμάτων. Μετά από διερεύνηση και πειραματισμό με τα μικροπειράματα, οι μαθητές απάντησαν πιο εύκολα στην 3η και 4η δραστηριότητα, όπου ερμήνευσαν και χρησιμοποίησαν τις μαθηματικές αναπαραστάσεις. Για παράδειγμα, όλοι οι μαθητές μπορούσαν να αντλήσουν δεδομένα από τις γραφικές παραστάσεις ώστε να υπολογίσουν την περιεκτικότητα του διαλύματος και την εξίσωση της ευθείας. Η χρήση των μαθηματικών αναπαραστάσεων βοήθησε αρκετούς μαθητές να ερμηνεύσουν τα μικροπειράματα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι στην 4η Δραστηριότητα 13 μαθητές διαπίστωσαν σωστά ότι το Δοχείο Α περιέχει διάλυμα και 18 μαθητές διαπίστωσαν ότι το πράσινο σώμα αντιστοιχεί στη διαλυμένη ουσία. Ωστόσο, 7 μαθητές θεώρησαν λανθασμένα ότι το Δοχείο Α περιέχει διαλύτη, 2 μαθητές έγραψαν ότι δεν μπορούν να καταλάβουν, ενώ οι υπόλοιποι δεν έδωσαν καμία απάντηση. Όταν ρωτήσαμε τους μαθητές αν μπορούν να καταλάβουν τι εκφράζει η κλίση της ευθείας, οι περισσότεροι τη συσχέτισαν με το μικροπείραμα αναφέροντας ότι εκφράζει: α) *«τα g της διαλυμένης ουσίας προς τα ml του διαλύματος»* (5 μαθητές), β) *«την περιεκτικότητα του διαλύματος»* (4 μαθητές), γ) *«την πυκνότητα του διαλύματος (m/V)»* (4 μαθητές), δ) *«την αναλογία μεταξύ όγκου και μάζας»* (2 μαθητές). Ωστόσο, κάποιοι μαθητές έμειναν στο πεδίο των μαθηματικών αναφέροντας ότι εκφράζει: α) *«την εφαπτομένη της γωνίας»* (4 μαθητές), β) *«το λόγο των ποσών x και y»* (2 μαθητές). Όταν ζητήσαμε από τους μαθητές να παρατηρήσουν πώς μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας και να δώσουν μία εξήγηση, αρκετοί συσχέτισαν την κλίση με το μικροπείραμα με επιχειρήματα όπως: α) *«η κλίση μικραίνει, άρα μικραίνει και η περιεκτικότητα του διαλύματος»* (2 μαθητές), β) *«η κλίση μεταβάλλεται γιατί μεταβάλλεται η μάζα του διαλύματος»* (2 μαθητές), γ) *«η κλίση μεταβάλλεται γιατί αλλάζει η διαλυμένη ουσία»* (2 μαθητές), δ) *«αλλάζει το y (μάζα διαλυμένης ουσίας) άρα αλλάζει και η κλίση (πυκνότητα)»*. Ωστόσο, άλλοι επικεντρώθηκαν περισσότερο στα επιφανειακά χαρακτηριστικά αναφέροντας για παράδειγμα ότι *«η κλίση της ευθείας μεταβάλλεται γιατί το y μεταβάλλεται, ενώ το x παραμένει σταθερό»* (10 μαθητές).

Η συσχέτιση της κλίσης με την περιεκτικότητα του διαλύματος μπορεί να ενισχύσει την εικόνα της έννοιας της κλίσης. Αυτό παρατηρήθηκε έντονα, αφού οι μαθητές που χρησιμοποίησαν τη μεταβολή της κλίσης ως επιχείρημα για να χαρακτηρίσουν ένα διάλυμα

ως αραιότερο ή πυκνότερο, τη συνέδεσαν με μία άλλου είδους μεταβολή, τη μεταβολή της περιεκτικότητας. Έτσι, επιστρέφοντας στα Μαθηματικά, είχε ενισχυθεί η εννοιολογική κατανόηση της κλίσης, καθώς συσχετίστηκε με την ευρύτερη έννοια της 'Μεταβολής'. Δηλαδή, μέσω της χρήσης της κλίσης, δεν αντιμετωπίστηκε μόνο το πρόβλημα του φαινομένου της Χημείας, αλλά εμπλουτίστηκε η κατανόηση της ίδιας της έννοιας της κλίσης.

4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάσαμε εκπαιδευτικό υλικό για μια διεπιστημονική διδασκαλία Χημείας και Μαθηματικών με τη χρήση δυναμικών αναπαραστάσεων. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα της διδασκαλίας αφορούσαν και τα δύο αντικείμενα. Γενικά, οι μαθητές χρησιμοποίησαν τις αναπαραστάσεις για να απαντήσουν στα ερωτήματα, αλλά και για να διαλευκάνουν τα φαινόμενα. Από τη μία έγινε σαφέστερη στους μαθητές η χρήση των μαθηματικών εννοιών και οι αντίστοιχες συμβολικές αναπαραστάσεις για να ερμηνεύσουν μια ασαφή κατάσταση (χημικό φαινόμενο) και όχι μόνο για να λύσουν αλγοριθμικές ασκήσεις. Από την άλλη, μέσω αυτής της χρήσης φαίνεται να έγιναν βήματα προς την πληρέστερη εννοιολογική κατανόηση των μαθηματικών εννοιών. Μέσω των συνδέσεων εννοιών Μαθηματικών και Χημείας, στο συγκεκριμένο πρόβλημα διαλυμάτων, αναδείχθηκαν οι κοινές τους αναφορές στο ευρύτερο εννοιολογικό πεδίο της 'Μεταβολής'.

5. Βιβλιογραφία

Kostic, V.Dj., Stankov Jovanovic, V.P., Sekulic, T.M. & Takaci, Dj.B. (2015). Visualization of problem solving related to the quantitative composition of solutions in the dynamic GeoGebra environment. *Chemistry Education Research and Practice, 17,* 120-138.

Kynigos, C. (2007). Half-baked microworlds in use in challenging teacher educators' knowing. *International Journal of Computers for Mathematical Learning, 12 (2),* 87-111.

Moreno, R., Ozogul, G. & Reisslein, M. (2011). Teaching with concrete and abstract visual representations: Effects on students' problem solving, problem representations, and learning perceptions. *Journal of Educational Psychology, 103 (1),* 32-47.

Sherin, B.L. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction, 19 (4),* 479-541.

Tall, D. (2004). Introducing three worlds of mathematics. *For the Learning of Mathematics, 23 (3),* 29-33.

ΟΙ ΑΝΑΛΟΓΙΕΣ ΣΕ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΑ ΣΥΓΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Ηλίας Χαριτωνίδης[1], *Κωνσταντίνος Κώτσης*[1], *Ελευθερία Τσιούρη*[2]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Η αναλογία στον χώρο της εκπαίδευσης αποτελεί μια σημαντική διδακτική στρατηγική. Τόσο οι εκπαιδευτικοί, όσο και οι συγγραφείς των πανεπιστημιακών εγχειριδίων κάνουν χρήση των αναλογιών για να βοηθήσουν τους φοιτητές να κατανοήσουν νέες και δύσκολες έννοιες. Σκοπός αυτής της έρευνας είναι η μελέτη της χρήσης των αναλογιών στα πανεπιστημιακά εγχειρίδια Φυσικής και η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο αυτές δομούνται και παρουσιάζονται. Τρία διδακτικά βιβλία Φυσικής μελετήθηκαν για την ύπαρξη ή όχι αναλογιών και συνολικά καταγράφηκαν 97 αναλογίες. Βρέθηκε ότι οι συγγραφείς κάνουν εκτεταμένη χρήση αναλογιών και τις χρησιμοποιούν κυρίως σε έννοιες, που έχουν υψηλό επίπεδο αφαίρεσης και είναι δύσκολα κατανοητές από τους μαθητές

Abstract

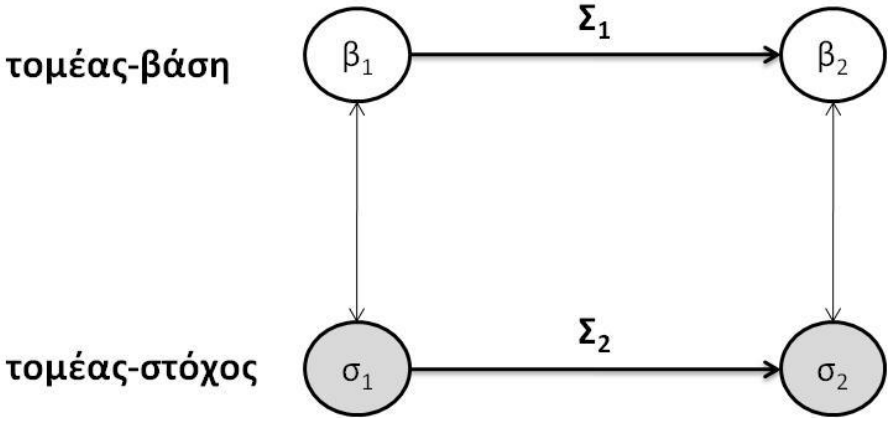
Analogy in education is an important teaching strategy. Teachers and textbook authors use analogies to help students understand new and difficult concepts. The purpose of this study is to investigate the use of analogies in university physics textbooks and to investigate the way in which they are structured and presented. Three physics textbooks studied for the presence of analogies and totally were detected 97 analogies. It was found that authors do make extensive use of analogies and they are used primarily for concepts that have a high level of abstraction and are poorly understood by students.

1. Εισαγωγή

Ένα από τα διδακτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται κατά την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, με σκοπό να γίνουν κατανοητές οι επιστημονικές έννοιες από τους φοιτητές είναι οι αναλογίες και οι μεταφορές (Orgill et al. 2015). Αναλογία είναι μια διαδικασία όπου βρίσκονται ομοιότητες ανάμεσα σε διαφορετικές έννοιες ή εννοιολογικούς τομείς (Holyoak 2012). Η γνωστή έννοια ονομάζεται βάση (base) ή πηγή (source) και η άγνωστη έννοια ονομάζεται στόχος (target) ή θέμα (topic). Η βάση είναι το μέρος της αναλογίας που θεωρείται γνωστό ή οικείο, ενώ ο στόχος αποτελεί την γνώση που πρέπει να εξηγηθεί και να κατανοηθεί. Τόσο η βάση όσο και ο στόχος έχουν κάποιες ιδιότητες και κάποια χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Εάν αυτοί οι δύο τομείς παρουσιάζουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά τότε μπορεί να δημιουργηθεί μια αναλογία που να τους συνδέει. Όμως εκτός από τα κοινά τους χαρακτηριστικά, οι δύο τομείς παρουσιάζουν και διαφορές οι οποίες πρέπει να επισημανθούν, ώστε να μην δημιουργήσουν παρανοήσεις. Τα μη κοινά γνωρίσματα είναι μέρος της φύσης της αναλογίας.

Ένας τρόπος αναπαράστασης μιας αναλογίας είναι αυτός που δείχνει το **Σφάλμα! Το αρχείο προέλευσης της αναφοράς δεν βρέθηκε.** και έχει τη μορφή ενός απλού τετραπόλου. Μια απλή αναλογία αποτελείται συνήθως από τέσσερις κόμβους–έννοιες, που συνδέονται ανά δύο μεταξύ τους με όμοιες σχέσεις. Η έννοια β_1 της βάσης αντιστοιχεί στην έννοια σ_1 του στόχου και η έννοια β_2 αντιστοιχεί στη σ_2. Οι έννοιες της βάσης και του στόχου συνδέονται μεταξύ τους με τις όμοιες σχέσεις Σ_1 και Σ_2 αντίστοιχα. Τα απλά βέλη δείχνουν σχέσεις μεταξύ εννοιών στον ίδιο τομέα, ενώ τα διπλά βέλη υποδηλώνουν αντιστοιχίσεις μεταξύ των δύο τομέων (Orgill 2013).

Σχήμα 1: Τετράπολο



Οι αναλογίες αποτελούν ένα από τα πολλά διδακτικά εργαλεία που χρησιμοποιούνται στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών. Είναι μια χρήσιμη διδακτική στρατηγική έχοντας ένα πολυδιάστατο ρόλο, η οποία μπορεί να επιφέρει σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα. Συχνά, οι εκπαιδευτικοί κάνουν χρήση αναλογιών προκειμένου να εξηγήσουν στους μαθητές τους ένα άγνωστο φαινόμενο ή μια νέα και αφηρημένη έννοια (Harrison 2001). Συγκρίνοντας ο μαθητής δύο φαινομενικά ανόμοια αντικείμενα μπορεί να κατανοήσει μια δύσκολη έννοια καταγράφοντας τις ομοιότητες με μια ήδη γνωστή έννοια ή μια έννοια που μπορεί πιο εύκολα να καταλάβει. Έτσι, η γνώση κάποιου για ένα τομέα χρησιμοποιείται για να κατανοήσει έναν άγνωστο τομέα. Όπως λέει και ο Glynn (2007) η αναλογία μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να δημιουργήσουν «εννοιολογικές γέφυρες» (conceptual bridges) ανάμεσα στην καινούρια γνώση και σε κάτι που τους είναι οικείο. Με την αναλογία ο μαθητής δημιουργεί τις δικές του αναπαραστάσεις για κάποιον άγνωστο εννοιολογικό τομέα στηριζόμενος στην εξοικείωσή του με κάποιον πιο οικείο. Με αυτόν τον τρόπο βρίσκει κοινά χαρακτηριστικά ανάμεσα σε δύο ξεχωριστές γνωστικές περιοχές. Στόχος της διδακτικής αναλογίας είναι η οικοδόμηση νέας γνώσης, η οποία θα προέλθει μέσα από την εννοιολογική αλλαγή. Αρκετές έρευνες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα των αναλογιών στη διδακτική πράξη αλλά υπάρχουν και έρευνες στις οποίες η αναλογία δεν έφερε τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα (Duit, et al. 2001, Harrison & Treagust 2006).

2. Μεθοδολογία

Για την συγκεκριμένη έρευνα επιλέχθηκαν να αναλυθούν 3 πανεπιστημιακά συγγράμματα Φυσικής (Πίνακας 1). Αρχικά καταγράφηκαν όλες οι αναλογίες που χρησιμοποιούνται από τους συγγραφείς και κάθε αναλογία αναπαραστάθηκε με τη μορφή τετραπόλου. Το πλέγμα ανάλυσης, που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των αναλογιών βασίστηκε σε εκείνο

που χρησιμοποίησαν στην έρευνά τους οι Thiele και Treagust (1994), το οποίο στηρίχτηκε σε αυτό που αρχικά πρότειναν οι Curtis και Reigeluth (1984). Το πλέγμα ανάλυσης, που τελικά υιοθετήθηκε, περιλαμβάνει 5 άξονες:

1) Το *γνωστικό περιεχόμενο* του τομέα-στόχου. Ποια έννοια της φυσικής εξηγείται και σε ποια θεματική ενότητα ανήκει.
2) *Τρόπος παρουσίασης*. Με ποιον τρόπο παρουσιάζεται η αναλογία μέσα στο κείμενο. Διακρίνονται δύο τρόποι παρουσίασης:
   a. *Λεκτικός*: Η αναλογία περιγράφεται μόνο με λέξεις στο κείμενο.
   b. *Οπτικός-Λεκτικός*: Η αναλογία περιγράφεται λεκτικά στο κείμενο και συνοδεύεται από μια οπτική αναπαράσταση του τομέα-βάση. Η απεικόνιση μπορεί να είναι ένα σκίτσο ή μια φωτογραφία.
3) *Αναλογική σχέση* μεταξύ βάσης και στόχου. Με ποιον τρόπο και τι κοινά χαρακτηριστικά έχουν οι δύο τομείς. Διακρίνονται τρία είδη αναλογικών σχέσεων:
   a. *Δομική*: Οι έννοιες της βάσης και του στόχου έχουν κοινή δομή και κοινά χαρακτηριστικά όπως σχήμα, χρώμα, μέγεθος κ.ά.
   b. *Λειτουργική*: Οι έννοιες της βάσης και του στόχου έχουν κοινή λειτουργία, συμπεριφορά κ.ά.
   c. *Δομική-Λειτουργική*: Οι έννοιες της βάσης και του στόχου έχουν κοινά δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά.
4) Το *επίπεδο εμπλουτισμού* της αναλογίας. Περιλαμβάνει τρείς κατηγορίες:
   a. *Απλή*: Η αναλογία παρουσιάζεται σαν μια απλή πρόταση και περιλαμβάνει μόνο την έννοια της βάσης και του στόχου και μια συνδετική φράση που τις συνδέει όπως το «είναι ανάλογο με».
   b. *Εμπλουτισμένη*: Η αναλογία αναφέρεται στα κοινά χαρακτηριστικά και τις σχέσεις που παρουσιάζουν η βάση και ο στόχος καθώς και σε τυχόν περιορισμούς ή αδύνατα σημεία στα οποία η αναλογία παύει να ισχύει.
   c. *Εκτεταμένη*: Η αναλογία περιλαμβάνει πολλές ανάλογες έννοιες και χαρακτηριστικά, που βοηθούν στην βαθύτερη επεξήγηση και πληρέστερη κατανόηση του στόχου ή διαφορετικές βάσεις που αντιστοιχούν στον ίδιο στόχο.
5) *Περιορισμοί* της αναλογίας. Διερευνάται κατά πόσο ο συγγραφέας αναφέρεται ή όχι στις αδυναμίες που μπορεί να παρουσιάζει η αναλογία, στα μη κοινά χαρακτηριστικά των δύο τομέων, καθώς και σε ποια σημεία μπορεί η αναλογία να προκαλέσει παρερμηνείες στους μαθητές.

Πίνακας 1: Δείγμα έρευνας

α/α	
1	Hewitt, Paul G. Οι Έννοιες της φυσικής. (2004)
2	Young, Hugh D. Πανεπιστημιακή Φυσική: Με Σύγχρονη Φυσική. (2010)
3	Halliday, D., Resnick, R. & Krane, K. Φυσική. (2009)

3. Αποτελέσματα

Συνολικά καταγράφηκαν 97 σαφώς διακριτές αναλογίες στα 3 πανεπιστημιακά συγγράμματα που μελετήθηκαν με μέσο όρο 32,3 αναλογίες ανά βιβλίο. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπήρξαν αρκετές κοινές αναλογίες ανάμεσα στους τρεις συγγραφείς. Βρέθηκαν 4 κοινές αναλογίες και στα τρία βιβλία (π.χ μοντέλο σταφιδόψωμου για το άτομο, ηλεκτρική αντίσταση με σωλήνα νερού κ.ά.), 3 κοινές αναλογίες ανάμεσα στους Hewitt και Young, 1 κοινή αναλογία ανάμεσα στους Hewitt και Halliday και 2 κοινές αναλογίες ανάμεσα στους Halliday και Young. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά κατά άξονα.

Πίνακας 2: συχνότητα αναλογιών

Βιβλίο	**Συχνότητα**	**Ποσοστό %**
Hewitt	40	41,2
Young	28	28,9
Halliday	29	29,9
Σύνολο	**97**	**100**

Γνωστικό περιεχόμενο: Το γνωστικό περιεχόμενο του τομέα-στόχου κατηγοριοποιήθηκε σε 10 κατηγορίες, όπως αυτές προέκυψαν μετά την ανάλυση του περιεχομένου των σχολικών βιβλίων και οι οποίες παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 3. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό αναλογιών αφορά τον τομέα του ηλεκτρισμού (35%) και ακολουθεί η ατομική φυσική (23%) και η σύγχρονη φυσική (18%). Οι περιοχές αυτές αποτελούνται από έννοιες με υψηλή αφαίρεση που είναι δύσκολα κατανοητές από τους μαθητές και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται οι αναλογίες ως γνωστικό εργαλείο. Είναι αξιοσημείωτο ότι τα τρία συγγράμματα δεν είχαν αναλογίες από τις ίδιες γνωστικές περιοχές. Μόνο ο Ηλεκτρισμός, η Ατομική φυσική και η Σύγχρονη Φυσική ήταν κοινές.

Πίνακας 3: γνωστικό περιεχόμενο

Γνωστικό Περιεχόμενο	**Συχνότητα**	**Ποσοστό %**
Ηλεκτρισμός	34	35,1
Ατομική Φυσική	22	22,7
Σύγχρονη Φυσική	18	18,6
Οπτική	8	8,2
Ρευστομηχανική	5	5,2
Θερμοδυναμική	4	4,1
Κυματική	2	2,1
Ηλεκτρομαγνητισμός	2	2,1
Πυρηνική Φυσική	1	1,0
Μαγνητισμός	1	1,0
ΣΥΝΟΛΟ	**97**	**100,0**

Τρόπος παρουσίασης: Υπάρχουν δύο τρόποι παρουσίασης μιας αναλογίας, περιγράφοντας μόνο με λέξεις την αναλογία ή κάνοντας χρήση και μιας εικόνας για να ενδυναμώσει την οπτική αναπαράστασή της. Από το σύνολο των 97 αναλογιών οι 71 παρουσιάζονται λεκτικά (73%) και οι 26 οπτικά – λεκτικά (27%). Ο Hewitt είναι ο συγγραφέας που προτιμά περισσότερο από τους άλλους να παραθέτει και κάποια εικόνα, η οποία θα συνοδεύει την αναλογία. Σε ποσοστό 43% χρησιμοποιεί οπτικές αναλογίες, ενώ το ποσοστό μειώνεται στον

Young σε 25% και καταλήγει στους Halliday κ.ά. στο πολύ μικρό 7%. Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό περιγράφεται με λόγια και έτσι δίνει στο μαθητή τη δυνατότητα να δημιουργήσει ο ίδιος τη δικιά του αναπαράσταση για την αναλογία. Βέβαια, αυτή η διαδικασία ενέχει κινδύνους, διότι ο κάθε μαθητής έχει διαφορικό τρόπο αναπαράστασης και μπορεί να δημιουργήσει λανθασμένη εικόνα στο μυαλό του. Το πρόβλημα αυτό λύνεται δίνοντας στο μαθητή μια έτοιμη εικόνα, ώστε να την χρησιμοποιήσει ως οδηγό στην κατανόηση των αντιστοιχίσεων της αναλογίας

Πίνακας 4: τρόπος παρουσίασης

Τρόπος παρουσίασης	**Συχνότητα**	**Ποσοστό %**
Λεκτικός	71	73,2
Οπτικός-Λεκτικός	26	26,8
ΣΥΝΟΛΟ	**97**	**100,0**

Αναλογική σχέση: Η πλειοψηφία των αναλογιών εμφανίζει λειτουργική σχέση (ποσοστό 85,6%). Οχτώ αναλογίες παρουσιάζουν δομική σχέση (8,2%) και 6 αναλογίες (6,2%) εμφανίζουν κοινά δομικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Πίνακας 5: αναλογική σχέση

Αναλογική σχέση	**Συχνότητα**	**Ποσοστό %**
Δομική	8	8,2
Λειτουργική	83	85,6
Δομική-Λειτουργική	6	6,2
ΣΥΝΟΛΟ	**97**	**100,0**

Επίπεδο εμπλουτισμού: Αναφορικά με το επίπεδο εμπλουτισμού μιας αναλογίας, καταγράφηκαν 21 απλές αναλογίες (21,6%), 66 εμπλουτισμένες αναλογίες (68%) και 10 εκτεταμένες αναλογίες (10,3%). Οι αναλογίες θα πρέπει να εξηγούνται λεπτομερώς και να αναφέρονται οι ομοιότητες των δύο τομέων ώστε να κατανοούνται πλήρως. Οι απλές αναλογίες έχουν ένα πιο περιγραφικό ρόλο της δομής των διάφορων εννοιών, ενώ οι εμπλουτισμένες και οι εκτεταμένες αναλογίες προσθέτουν και μια εξήγηση για τις ομοιότητες ή τις διαφορές που υπάρχουν και μειώνουν την δημιουργία παρανοήσεων

Πίνακας 6: επίπεδο εμπλουτισμού

Επίπεδο εμπλουτισμού	**Συχνότητα**	**Ποσοστό %**
Απλή	21	21,6
Εμπλουτισμένη	66	68,0
Εκτεταμένη	10	10,3
ΣΥΝΟΛΟ	**97**	**100,0**

Περιορισμοί: Είναι σημαντικό να ξεκαθαρίζονται από τον συγγραφέα τα όρια και οι περιορισμοί της αναλογίας, καθώς κάθε αναλογία έχει ένα σημείο στο οποίο καταρρέει. Μόνο με αυτό τον τρόπο μια αναλογία δεν θα οδηγήσει σε παρανοήσεις και οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να είναι πολύ προσεκτικοί στις αντιστοιχίσεις που κάνουν. Το

μεγαλύτερο ποσοστό των αναλογιών (92,8%) δεν παρουσίαζε τους περιορισμούς της και μόνο 7 αναλογίες (7,2%) εξηγούσαν σε ποια σημεία η αναλογία έπαυε να ισχύει.

4. Συμπεράσματα

Οι συγγραφείς φαίνεται να κάνουν εκτεταμένη χρήση αναλογιών στα πανεπιστημιακά εγχειρίδια που μελετήθηκαν. Ο αριθμός των αναλογιών που καταγράφηκαν ήταν αρκετά μεγάλος με μέσο όρο 32,3 αναλογίες ανά βιβλίο που είναι μεγαλύτερος από το μέσο όρο (19,75) που κατέγραψαν οι Orgill και Bodner (2006) στην έρευνά τους. Οι περισσότερες αναλογίες βρέθηκαν στο βιβλίο του Hewitt, χωρίς όμως μεγάλη διαφοροποίηση στο πλήθος σε σχέση με τους δύο άλλους συγγράφεις. Τα βιβλία αυτά απευθύνονται κυρίως σε φοιτητές ανώτερης ή ανώτατης εκπαίδευσης, ηλικίας άνω των 18 ετών, οι οποίοι έχουν αναπτύξει περισσότερες γνωστικές δομές και νοητικές αναπαραστάσεις, οπότε είναι πιο εύκολο να χρησιμοποιήσουν την προϋπάρχουσα γνώση και να την συνδέσουν με κάτι άγνωστο μέσω του αναλογικού συλλογισμού. Οι αναλογίες χρησιμοποιούνται τις περισσότερες φορές για να εξηγήσουν αφηρημένες έννοιες ή έννοιες που δεν είναι ορατές με τις αισθήσεις, ειδικά στο πεδίο του ηλεκτρισμού, της ατομικής και της πυρηνικής φυσικής, όπως και της σύγχρονης φυσικής. Είναι χαρακτηριστική η περίπτωση σύνδεσης της κλασσικής φυσικής με τις νέες θεωρίες της κβαντομηχανικής.

Η συντριπτική πλειοψηφία αναλογίων, που καταγράφηκαν (93%) έκαναν λόγο για τις ομοιότητες, που υπάρχουν στην λειτουργία ή στη συμπεριφορά ανάμεσα στην βάση και στον στόχο. Έτσι φαίνεται ότι είναι αρκετά σημαντικό να υπάρχει μια αναλογική σχέση, που να αφορά τα κοινά λειτουργικά χαρακτηριστικά των δύο τομέων. Επίσης, μια σημαντική πλειοψηφία αναλογιών (80%) ήταν είτε εμπλουτισμένες, είτε εκτεταμένες, που δείχνει ότι οι συγγραφείς αναφέρουν τα κοινά χαρακτηριστικά των δύο οντοτήτων και εξηγούν τις ομοιότητες τους, εκπληρώνοντας έτσι το ρόλο που έχουν οι αναλογίες στη μάθηση.

Η χρήση σωστά σχεδιασμένων και κατάλληλων αναλογιών ως διδακτικά εργαλεία μπορεί να βοηθήσει τους φοιτητές στην κατανόηση των εννοιών και των φαινομένων της Φυσικής (Richland & Simms 2015). Στην κατασκευή των αναλογιών θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και οι παρανοήσεις που έχουν για συγκεκριμένες έννοιες και φαινόμενα. Έτσι, γίνεται η σωστή επιλογή του τομέα της βάσης, η οποία θα μεταδώσει της πληροφορίες, μέσω της διαδικασίας της αντιστοίχησης, στον άγνωστο και προς κατανόηση τομέα του στόχου. Θα πρέπει, επίσης, να δίνεται ιδιαίτερη σημασία στους περιορισμούς της αναλογίας καθώς σε κάθε αναλογία υπάρχει ένα σημείο στο οποίο αυτή καταρρέει (Thagard 1992). Έτσι, οι συγγραφείς θα πρέπει να αναφέρουν ρητά τα αδύναμα σημεία της, ώστε οι μαθητές να είναι ιδιαίτερα προσεκτικοί κατά την χρήση της. Τα εκπαιδευτικά εγχειρίδια αποτελούν την κύρια πηγή αναλογιών για τους φοιτητές, οπότε πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή από τους συγγραφείς για το σωστό τρόπο χρήσης και παρουσίασής τους.

5. Βιβλιογραφία

Curtis, R. V. & Reigeluth, C. M. (1984). The use of analogies in written text. *Instructional Science,* 13(2), 99-117.

Duit, R., Roth, W.-M., Komorek, M. & Wilbers, J. (2001). Fostering conceptual change by analogies-between Scylla and Charybdis. *Learning and Instruction,* 11(4-5), 283-303.

Glynn, S. (2007). The teaching-with-analogies model. *Science and Children,* 44(8), 52-55.

Halford, G. S. (1993). *Children's Understanding: The Development of Mental Models.* Routledge.

Harrison, A. G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students? *Research in science education*, 31(3), 401-435.

Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2006). Teaching and Learning with Analogies. In P. J. Aubusson, A. G. Harrison & S. M. Ritchie (Eds.), *Metaphor and Analogy in Science Education* (pp. 11-24).

Holyoak, K. J. (2012). Analogy and relational reasoning. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Oxford handbook of thinking and reasoning* (pp. 234-259). New York: Oxford University Press.

Orgill, M., Bussey, T. J. & Bodner, G. M. (2015). Biochemistry instructors' perceptions of analogies and their classroom use. *Chemistry Education Research and Practice*, *16*(4), 731-746.

Orgill, M. K. (2013). How Effective Ia the Use of Analogies in Science Textbook. In M. S. Khine(Ed.). *Critical Analysis of Science Textbooks: Evaluating instructional effectiveness.* Springer.

Orgill, M. & Bodner, G. M. (2006). An analysis of the effectiveness of analogy use in college-level biochemistry textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(10), 1040-1060.

Richland, L. E. & Simms, N. (2015). Analogy, higher order thinking, and education. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*, *6*(2), 177-192.

Thagard, P. (1992). Analogy, explanation, and education. *Journal of research in science teaching*, 29(6), 537-544.

Thiele, R. B. & Treagust, D. F. (1994). The nature and extent of analogies in secondary chemistry textbooks. *Instructional Science*, 22(1), 61-74.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΕΠΟΙΘΗΣΕΙΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Γεώργιος Στύλος[1], *Κωνσταντίνος. Κώτσης*[2]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]ΠΤΔΕ., Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα από ποιοτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης (Π.Ε.) του Νομού Ιωαννίνων σχετικά με τις πεποιθήσεις τους για τη μάθηση και τη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο. Οι πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών κατηγοριοποιήθηκαν σε πέντε κατηγορίες (Παραδοσιακές, Εκπαιδευτικές, Μεταβατικές, Ανταποκριτικές, Μεταρρυθμιστικές). Η ποιοτική ανάλυση αναδεικνύει ότι οι πεποιθήσεις της πλειοψηφίας των εκπαιδευτικών χαρακτηρίζονται παραδοσιακές, διδακτικές και ανταποκριτικές και ρίχνει φως στα αίτια της μη διδασκαλίας του μαθήματος των Φυσικών Επιστημών σύμφωνα με το προτεινόμενο μοντέλο των σχολικών εγχειριδίων.

Abstract

This paper presents results from a qualitative survey conducted in elementary teachers on their beliefs about learning and teaching of physics. The beliefs of teachers categorized into five categories (Traditional, Instructive, Transitional, Responsive, Reform). The results showed that the beliefs of the majority of teachers are characterized traditional, Instructive and responsive and sheds light on the causes of non-teaching of science course in accordance with the proposed model of school textbooks.

1. Εισαγωγή

Πρόσφατες έρευνες υποστηρίζουν πως οι επιστημολογικές πεποιθήσεις που έχουν οι εκπαιδευτικοί επηρεάζουν τις αποφάσεις που παίρνουν σχετικά με τη διδασκαλία των Φυσικών επιστημών στις σχολικές αίθουσες (Lederman 2004, Smith 2005, Wallace & Kang 2004). Ως επιστημολογικές πεποιθήσεις μπορούν να οριστούν οι πεποιθήσεις που έχει ένα άτομο για τη φύση της μάθησης και "του γιγνώσκειν" (Hofer 2002) και μπορούν να επηρεάσουν τη μαθησιακή διαδικασία ελέγχοντας τον τρόπο που κατανοούμε την πληροφορία που συναντούμε. Επιπλέον, εμπλέκονται με την προέλευση, τη φύση, τα όρια, τις μεθόδους και την αιτιολόγηση της ανθρώπινης γνώσης (Hofer 2002). Η Hofer (2004) αναφέρει ότι οι επιστημολογικές πεποιθήσεις αποτελούν ένα σύνολο πεποιθήσεων, πολυδιάστατο, το οποίο αναπτύσσεται με την πάροδο του χρόνου σε σχέση με την εκπαίδευση και την εμπειρία. Όσον αφορά στη διδασκαλία, η έρευνα έδειξε ότι αυτές οι πεποιθήσεις επηρεάζουν τις πρακτικές των εκπαιδευτικών στην τάξη και τις επιλογές των μεθόδων διδασκαλίας τους (Jones & Carter 2006) και έχουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στη μάθηση (Topcu & Yılmaz-Tuzun 2008). Οι μελλοντικοί και οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί κατασκευάζουν συνήθως τα περιβάλλοντα μάθησής τους σύμφωνα με τις επιστημολογικές πεποιθήσεις τους (Tsai 2007). Οι εκπαιδευτικοί

που έχουν εποικοδομητικού τύπου επιστημολογικές πεποιθήσεις δίνουν μεγαλύτερη προσοχή στη συζήτηση με τους μαθητές, την αλληλεπίδραση και την επίλυση προβλημάτων, σε αντίθεση με άλλους εκπαιδευτικούς που έχουν παραδοσιακού τύπου επιστημολογικές πεποιθήσεις (Topcu 2011). Ο Tsai (2002) σε έρευνά του σε 37 Ταϊβανέζους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Φ.Ε. κατηγοριοποίησε τις πεποιθήσεις για τη μάθηση, τη διδασκαλία και τις Φ.Ε. σε εποικοδομητικές, παραδοσιακές και προσανατολισμένες στη διαδικασία. Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών είχε παραδοσιακές αντιλήψεις. Σκοπός της έρευνας αποτελεί η διερεύνηση των επιστημολογικών πεποιθήσεων των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία και τη μάθηση της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο και η κατάταξη τους σε κατηγορίες.

2. Μεθοδολογία

Ερευνητικό εργαλείο

Οι επτά ερωτήσεις που αφορούν στις επιστημολογικές πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών προέρχονται από την προσαρμογή στα ελληνικά του Teacher Beliefs Interview (TBI) των Luft & Roehrig (2007) και απευθύνεται σε μελλοντικούς και εν ενεργεία εκπαιδευτικούς των Φ.Ε. της Μέσης Εκπαίδευσης. Η πιλοτική έρευνα και εφαρμογή του σε 10 εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης έδειξε πως το είδος και το περιεχόμενο των ερωτήσεων επιτρέπει την αξιοποίηση και σε εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Σύμφωνα με την εργασία των Luft & Roehrig (2007), οι απαντήσεις των ερωτώμενων εκπαιδευτικών κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες: Παραδοσιακή, Εκπαιδευτική, Ανταποκριτική και στη Μεταρρυθμιστική, οι οποίες προέκυψαν μέσα από συνεχή συγκριτική μέθοδο ανάλυσης των δεδομένων των συνεντεύξεων (Πίνακας 1). Έπειτα, κάθε ερώτηση και οι αντίστοιχες κατηγορίες συγκεντρώθηκαν περιληπτικά, γεγονός που οδήγησε αργότερα στη γραφική αναπαράσταση της ερώτησης (Luft & Roehrig 2007). Η ανάλυση της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε με βάση την ανάλυση στις εργασίες των Luft & Roehrig (2007) και την κωδικοποίηση των Richardson & Simmons (1997) στο Salish I Research Project.

Πίνακας 1: Περιγραφή των κατηγοριών του TBI.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ	ΑΠΟΨΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ
Παραδοσιακή: Δίνεται έμφαση στην πληροφορία, στη μετάδοση, στη δομή και στις πηγές	Τα γνωρίζω όλα Ο ρόλος μου είναι να μεταδίδω τη γνώση	Η επιστήμη ως κανόνας ή γεγονός
Εκπαιδευτική: Δίνεται έμφαση στην παροχή εμπειριών, δάσκαλο-κεντρική, ο εκπαιδευτικός παίρνει τις αποφάσεις	Θέλω να διατηρώ τη συγκέντρωση του μαθητή για να ελαχιστοποιήσω την αποδιοργάνωσή του. Θέλω να παρέχω εμπειρίες στους μαθητές στο εργαστήριο χωρίς λεπτομερή ανάπτυξη.	
Μεταβατική: Δίνεται έμφαση στις σχέσεις εκπαιδευτικού-μαθητή, ατομικές αποφάσεις, συναισθηματική ανταπόκριση	Θέλω μια καλή σχέση με τους μαθητές μου, γι 'αυτό κάνω ό, τι τους αρέσει στο μάθημα.	Η επιστήμη ως σύμφωνη, συνδεδεμένη και αντικειμενική

	Είμαι υπεύθυνος για την καθοδήγηση των μαθητών, την ανάπτυξη της κατανόησης και δεξιοτήτων κατάκτησης της (επιστημονικής διαδικασίας).	
Ανταποκριτική: Δίνεται έμφαση στη συνεργασία, στην ανατροφοδότηση ή στην ανάπτυξη της γνώσης.	Θέλω να στήσω την τάξη με τέτοιο τρόπο, έτσι ώστε οι μαθητές να αναλάβουν τη μάθησή τους	Η Φυσική ως μια δυναμική δομή σε κοινωνικό και πολιτισμικό πλαίσιο.
Μεταρρυθμιστικές: Δίνεται έμφαση στη διαμεσολάβηση ανάμεσα στη γνώση και το μαθητή ή στις αλληλεπιδράσεις	Ο ρόλος μου είναι να παρέχω εμπειρίες της Φυσικής στους μαθητές μου, οι οποίες μου επιτρέπουν να μάθω τι γνωρίζουν και πώς κατανοούν τη Φυσική. Η διδασκαλία μου πρέπει να τροποποιηθεί ανάλογα, έτσι ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν βασικές έννοιες στη Φυσική	

Ερευνητική τεχνική

Η ερευνητική τεχνική που αξιοποιήθηκε για την υλοποίηση της έρευνας είναι η ημιδομημένη συνέντευξη. Ο πληθυσμός της έρευνας είναι 35 εκπαιδευτικοί του Νομού Ιωαννίνων (17 άντρες και 18 γυναίκες) οι οποίοι έχουν διδάξει το μάθημα «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» με τα καινούρια συγγράμματα. Ο μέσος όρος του χρόνου υπηρεσίας των εκπαιδευτικών είναι τα 13 έτη. Κατά μέσο όρο έχουν διδάξει το μάθημα των Φ.Ε. έξι χρόνια και τρεις φορές με τα καινούρια συγγράμματα (Πίνακας 2). Η συλλογή των δεδομένων ολοκληρώθηκε, όταν οι κατηγορίες χαρακτηρίστηκαν από κορεσμό, δηλαδή νέα δεδομένα δεν δημιούργησαν πλέον καινούρια συμπεράσματα, κώδικες ή κατηγορίες (Charmaz 2003).

Πίνακας 2: Γενικά χαρακτηριστικά του δείγματος

Ειδικότητα/Κλάδος	ΠΕ 70: 35
Φύλο	Άνδρες: 17
	Γυναίκες: 18
Προϋπηρεσία	0-10 έτη: 18
	11-20 έτη: 8
	21-30 έτη: 9
Διδασκαλία των Φ.Ε.	0-5 έτη: 21
	6-10 έτη: 7
	11-20 έτη: 7
Σπουδές	Π.Τ.Δ.Ε.: 18
	Παιδαγωγική Ακαδημία (Εξομοίωση): 14
	Δεύτερο Πτυχίο: 4
	Διδασκαλείο: 6
	Μεταπτυχιακές σπουδές: 6

Εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας

Για τον έλεγχο της αξιοπιστίας της μέτρησης χρησιμοποιήθηκαν δύο κωδικογράφοι (Μπονίδης 2004). Ο βαθμός συμφωνίας ανάμεσα στους κωδικογράφους ελέγχθηκε με τον δείκτη Cohen's kappa και υπολογίστηκε στο 0,90 σε ένα δείγμα πέντε συνεντεύξεων με τη χρήση του Atlas.ti. Η εγκυρότητα των ερωτήσεων διασφαλίστηκε μέσω της πιλοτικής εφαρμογής κατά την οποία διαπιστώθηκε ότι η κάθε ερώτηση διερευνά αυτό που έχει οριστεί εξ αρχής.

3. Αποτελέσματα

Σύμφωνα με τις απαντήσεις που έδωσαν οι εκπαιδευτικοί, η ενίσχυση της μάθησης των μαθητών μπορεί να πραγματοποιηθεί με πρόκληση του ενδιαφέροντος, με σύνδεση των εννοιών με την καθημερινή ζωή και μέσα από την ενεργή συμμετοχή των μαθητών κυρίως στην εκτέλεση των πειραμάτων (Ερώτηση 1). Περίπου οι μισοί εκπαιδευτικοί εμφανίζουν μεταβατικές πεποιθήσεις και οι υπόλοιποι παραδοσιακές και ανταποκριτικές πεποιθήσεις (Πίνακας 3).

Παραδοσιακή: «… Απλουστεύοντας τις έννοιες γιατί έχω απέναντι μικρά παιδιά…»

Μεταβατική: «… με τη συμμετοχή τους, γιατί όταν συμμετέχει (ο μαθητής) όπου τα πράγματα είναι χειροπιαστά, καταλαβαίνει, διορθώνει τα λάθη, τι λάθος αντιλήψεις…»

Ανταποκριτική: «… σου δίνει τη δυνατότητα να παίξεις σε πολλά επίπεδα…δηλαδή παρατήρηση, τα ίδια τα παιδιά να παρατηρούν, τα καταγράφεις στον πίνακα, να φτάνουν τα παιδιά μόνα τους στα συμπεράσματα, να προσπαθείς να διατυπώνεις κανόνες, να πιάνουν με τα χέρια τους πράγματα, τα πειράματα, φέρνουν αντικείμενα, ασχολούνται από το σπίτι…»

Σε ό,τι αφορά στο ρόλο τους, την ώρα που διδάσκουν Φυσική, οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποίησαν λέξεις και φράσεις που παραπέμπουν είτε σε μια δασκαλοκεντρική οπτική πλευρά της διδασκαλίας τους είτε σε μια πιο μαθητοκεντρική (Ερώτηση 2). Λιγότεροι από τους μισούς εκπαιδευτικούς εμφανίζουν μεταβατικές πεποιθήσεις και οι υπόλοιποι, κυρίως, ανταποκριτικές και παραδοσιακές πεποιθήσεις (Πίνακας 3).

Παραδοσιακή: «… σαν έναν πομπό που εκπέμπει γνώση προς έναν δέκτη που είναι ο μαθητής…»

Ανταποκριτική: «… προσπαθούσα να δώσω ερεθίσματα και να τους βγάλω γνώσεις και πληροφορίες που μπορεί να είχανε ή να τους βοηθήσω, να τους καθοδηγήσω λίγο το σκεπτικό τους, ώστε μόνα τους να βγάλουν ένα συμπέρασμα…»

Μεταρρυθμιστική: «… περισσότερο σαν βοηθό και, επίσης, προσπαθεί να βάλει τα παιδιά σε ερωτήσεις, να το ψάξουν από μόνα τους, τους φέρνει προβληματισμό, μπαίνω στην τάξη και τους βάζω προβληματισμό, γιατί συμβαίνει αυτό, τι γίνεται εκεί, τι παρατηρείται στην πραγματικότητα, πάμε να το δούμε είναι έτσι…

- *Γιατί ως βοηθός;*

- *Για να έχουν ενεργή συμμετοχή τα παιδιά…»*

Οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται ότι οι μαθητές κατανοούν τις έννοιες που διδάσκονται μέσω των απαντήσεων που δίνουν οι μαθητές στις ερωτήσεις τους, στη σύνδεση της νέας γνώσης με την καθημερινότητα και στις επιδόσεις τους στα γραπτά διαγωνίσματα και στην προφορική εξέταση (Ερώτηση 3). Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί εκφράζουν μεταβατικές πεποιθήσεις, ενώ οι υπόλοιποι εκπαιδευτικές και ανταποκριτικές (Πίνακας 3).

Εκπαιδευτική: «… εξέταση την επόμενη μέρα και από κριτήριο επαναληπτικό…»

Μεταβατική: «… με τον ίδιο τρόπο που καταλαβαίνω ότι δεν κατανοούν, δηλαδή έχουμε μάθει να το βλέπουμε στα μάτια τους πλέον και καταλαβαίνω και εκεί επιμένω στη συνέχεια…»

Ανταποκριτική: «… με συνδυασμό αυτών που έμαθαν με κάτι που έχουν ζήσει…»

Η απόφαση των εκπαιδευτικών στο τι θα διδάξουν και τι δε θα διδάξουν επικεντρώνεται κατά μεγάλο βαθμό στα πειράματα, το ενδιαφέρον και τη χρησιμότητα που μπορούν να έχουν οι έννοιες για τους μαθητές. Αναφορικά τα πειράματα, η μη προφανής και ξεκάθαρη παρατήρηση που συνδέεται με την έννοια, η δυσκολία διεξαγωγής του συμπεράσματος από τους μαθητές, η δυσκολία στην εκτέλεση τους και η έλλειψη υλικών μπορεί να αποτρέψει τους εκπαιδευτικούς από την πραγματοποίηση πειραμάτων (Ερώτηση 4). Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών εμφανίζει παραδοσιακές και εκπαιδευτικές πεποιθήσεις. Οι υπόλοιποι μεταβατικές (Πίνακας 3).

Παραδοσιακή: «… ακολουθώντας το αναλυτικό πρόγραμμα…»

Εκπαιδευτική: «… ανάλογα με το πώς το είχα δοκιμάσει εγώ στο σπίτι πριν…αν δεν πετύχαινε, δεν το πραγματοποιούσα…»

Μεταβατική: «… θα σκεφτώ πρώτα αν είναι σημαντικό και άμεσο με το περιβάλλον, να τους ενδιαφέρει και τι επίπεδο έχω στη τάξη καταρχήν… αν είμαι σίγουρη εκ των προτέρων ότι δε θα το κατανοήσουν, δεν έχω λόγο να το διδάξω…»

Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών προχωρά στην επόμενη ενότητα, αφού οι μαθητές έχουν κατανοήσει την έννοια ή τις έννοιες που διδάχθηκαν, ενώ αρκετοί αμέσως μόλις τελειώνει η ενότητα. Υπάρχουν εκπαιδευτικοί οι οποίοι επιμένουν περισσότερο, αν δουν ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν μία έννοια ή αν η ενότητα κεντρίζει το ενδιαφέρον των μαθητών, ενώ αρκετοί θεωρούν ανασταλτικό παράγοντα την έλλειψη χρόνου και τη μεγάλη σε όγκο ύλη προκειμένου να αφιερώσουν επιπρόσθετες ώρες στη διδαχθείσα ενότητα, ακόμα και αν δεν έχουν γίνει κατανοητές κάποιες έννοιες από τους μαθητές (Ερώτηση 5). Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν παραδοσιακές και εκπαιδευτικές πεποιθήσεις, ενώ πολύ λίγοι εκφράζουν μεταβατικές, ανταποκριτικές και μεταρρυθμιστικές πεποιθήσεις (Πίνακας 3).

Παραδοσιακή: «… κυρίως λόγω της πίεσης της ύλης αναγκαστικά θα προχωρήσω…δεν μπορώ να επιμείνω περισσότερο…»

Εκπαιδευτική: «… όταν αισθάνομαι ότι το μεγαλύτερο κομμάτι των μαθητών το έχει κατανοήσει…»

Μεταρρυθμιστική: «… όταν κατανόησαν με παραδείγματα από την καθημερινή ζωή την επόμενη ημέρα και εφαρμόζουν και γενικεύουν τη γνώση…»

Οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα Φυσική με τρόπο βιωματικό μέσα, δηλαδή, από την ενεργή συμμετοχή τους στα πειράματα, αφού μέσα από αυτήν τη διαδικασία φτάνουν στη διατύπωση του συμπεράσματος που σχετίζεται με την έννοια (Ερώτηση 6). Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν μεταβατικές πεποιθήσεις, με τους υπόλοιπους να εκφράζουν ανταποκριτικές και παραδοσιακές (Πίνακας 3).

Παραδοσιακή: «… όταν βλέπουν εικόνες ή πειράματα…»

Μεταβατική: «… με τα πειράματα, αυτά προκαλούσαν το ενδιαφέρον, χαιρόνταν, είναι κάτι που χαίρονται πολύ τα παιδιά…ανυπομονούν κιόλας…»

Ανταποκριτική: «… όχι αποστηθίζοντας, όταν καταλήγουν μόνοι τους ή ομαδικά σε κάποιο συμπέρασμα ή όταν συνδέουν το πειραματικό μέρος με το θεωρητικό…»

Οι εκπαιδευτικοί αντιλαμβάνονται πως επικρατεί ένα κλίμα μάθησης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της Φυσικής μέσω της συμμετοχής των μαθητών στη Εκπαιδευτική διαδικασία (παρατηρούν, υποθέτουν, εργάζονται στα πειράματα), της αλληλεπίδρασης μεταξύ των εμπλεκομένων (μαθητές-δάσκαλος) και, τέλος, της εκδήλωσης ευχάριστων συναισθημάτων για το μάθημα (Ερώτηση 7). Η πλειοψηφία των εκπαιδευτικών εμφανίζει μεταβατικές και ανταποκριτικές πεποιθήσεις, ενώ οι υπόλοιποι κυρίως παραδοσιακές (Πίνακας 3).

Παραδοσιακή: «… από την προσοχή και την συγκέντρωσή τους…»

Μεταβατική: «… όταν τα παιδιά συμμετέχουν και προσέχουν στο μάθημα, όταν μιλάνε μεταξύ τους, αλλά μιλάνε για το μάθημα, δε μιλάνε για άσχετα…»

Ανταποκριτική: «… από την συνεργασία που αναπτύσσεται μεταξύ τους…»

Πίνακας 3: Οι επτά ερωτήσεις του ερευνητικού εργαλείου και η κατάταξη των απαντήσεων των εκπαιδευτικών στις αντίστοιχες κατηγορίες

Ερωτήσεις	*Παραδο-σιακές*	*Εκαιδε-υτικές*	*Μεταβα-τικές*	*Ανταπο-κριτικές*	*Μεταρρυθ-μιστικές*
1: Όταν διδάσκετε Φυσική, πώς προσπαθείτε να αυξήσετε τη μάθηση των μαθητών στην τάξη σας;	10		17	8	
2: Πώς θα περιγράφατε το ρόλο σας ως δάσκαλο, όταν διδάσκετε Φυσική;	7	1	14	7	5
3: Πώς καταλαβαίνετε ότι οι μαθητές σας κατανοούν τη Φυσική (έννοιες, φαινόμενα);	2	1	20	11	
4: Πώς αποφασίζετε τι να διδάξετε και τι να μη διδάξετε στη Φυσική;	14	12	8		
5: Πώς αποφασίζετε πότε να προχωρήσετε σε άλλο θέμα (ενότητα) στη Φυσική;	5	21	4	3	2
6: Με ποιον τρόπο οι μαθητές μαθαίνουν καλύτερα Φυσική;	4	1	23	7	
7: Πώς αντιλαμβάνεστε ότι συμβαίνει /πραγματοποιείται μάθηση στην τάξης σας (κλίμα μάθησης), όταν διδάσκετε Φυσική;	7	2	15	11	

4. Συμπεράσματα

Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί σε αυτήν την έρευνα εξέφρασαν παραδοσιακές, εκπαιδευτικές και μεταβατικές πεποιθήσεις για τη μάθηση και τη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο. Αναδεικνύεται ότι ο εκπαιδευτικός είναι απλά ένα παρουσιαστής του περιεχομένου της επιστημονικής γνώσης (μεταφορά γνώσης), ενώ η μάθηση αποτελεί μια διαδικασία αναπαραγωγής της γνώσης. Ελάχιστοι εκπαιδευτικοί έχουν πεποιθήσεις με εποικοδομητικά ή ανακαλυπτικά χαρακτηριστικά, τα οποία προβλέπονται και μέσω του Αναλυτικού Προγράμματος. Η παρούσα εργασία έρχεται να φωτίσει πτυχές και αίτια για κάποιους από τους λόγους που οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δεν διδάσκουν το μάθημα σύμφωνα με τον προτεινόμενο τρόπο διδασκαλίας αλλά και να δώσει μια γενικότερη εικόνα για τις πρακτικές των εκπαιδευτικών στις σχολικές αίθουσες. Τέλος, επιβεβαιώνει τα αποτελέσματα προηγούμενης εργασίας κατά τα οποία ελάχιστοι εκπαιδευτικοί αξιοποιούν την ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και την ενεργό συμμετοχή του μαθητή στη μάθηση (Στύλος, κ.α. 2015).

5. Βιβλιογραφία

Μπονίδης, Κ. (2004). *Το περιεχόμενο του σχολικού βιβλίου ως αντικείμενο έρευνας, Διαχρονική εξέταση της σχετικής έρευνας και μεθοδολογικές προσεγγίσεις*. Αθήνα: Μεταίχμιο

Στύλος, Γ., Κώτσης, Κ.Θ. & Εμβαλωτής, Α. (2015). Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής (Β' Μέρος). *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, 6*, 29-38.

Charmaz, K. (2003). Grounded theory. In J. A. Smith (Ed.), *Qualitative psychology: A practical guide to research methods* (pp. 81-110). London: Sage.

Hofer, B.K. (2002). Personal epistemology as a psychological and educational construct: an introduction. In: Hofer BK, Pintrich PR (eds*) Personal epistemology: the psychology of beliefs about knowledge and knowing* (pp. 3-14). Erlbaum, Mahwah.

Hofer, B.K. (2004). Exploring the dimensions of personal epistemology in differing classroom contexts: Student interpretations during the first year of college. *Contemporary Educational Psychology, 29*, 129–63.

Jones, M.G. & Carter, G. (2006). Science teacher attitudes and beliefs. In S. K. Abel and N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Teaching* (pp. 1067–1104). Lawrence Erlbaum.

Lederman, N. (2004). Scientific inquiry and science education reform in the United States. In E. Krugly-Smolska and P.C. Taylor (Eds.), *Inquiry in science education: International perspectives* (402-404).

Luft, J. A. & Roehrig, G. H. (2007). Capturing Science Teachers' Epistemological Beliefs: The Development of the Teacher Beliefs Interview. *Electronic Journal of Science Education, 11*(2), 38-63.

Richardson, L.D. & Simmons, P. (1997). Teachers' pedagogical philosophy interview. In Salish I Research Project, *Secondary science and mathematics teacher preparation programs*. *Influences on new teachers and their students: Instrument package and users guide* (pp. 58–114). Iowa City, IA: Science Education Center, University of Iowa.

Smith, L.K. (2005). The impact of early life history on teachers‟ beliefs: In-school and out-of-school experiences as learners and knowers of science. *Teachers and Teaching: Theory and Practice, 11*(1), 5-36.

Topcu, M.S. & Yılmaz-Tuzun, O. (2008). Relationships among preservice science teachers' epistemological beliefs, epistemological world views, and self-efficacy beliefs. *International Journal of Science Education, 30*(1), 65-85.

Topcu, M.S. (2011). Turkish Elementary Student Teachers' Epistemological Beliefs and Moral Reasoning. *European Journal of Teacher Education, 34*(1), 99-125.

Tsai, C. (2002). Nested epistemologies: Science teachers' beliefs of teaching, learning and science. *International Journal of Science Education, 24*(8), 771-783.

Tsai, C. (2007). Teachers' scientific epistemological views: the coherence with instruction and students' views. *Science Education, 91*, 222-243

Watters, J. J. & Ginns, I. S. (2000). Developing motivation to teach elementary science: Effect of collaborative and authentic learning practices in preservice education. *Journal of Science Teacher Education, 11*, 301-321.

ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΡΑΚΤΙΚΩΝ ΠΟΥ ΠΡΟΤΙΘΕΝΤΑΙ ΝΑ ΕΦΑΡΜΟΣΟΥΝ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Γεώργιος Στύλος[1], Κωνσταντίνος Κώτσης[2], Αναστασία Γκουλγκούτη[2]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]ΠΤΔΕ., Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Περίληψη

Η παρούσα εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα ποσοτικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε σε φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με τις πρακτικές που θα αξιοποιήσουν ως μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αναφορικά με τη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο. Για αυτό το σκοπό, ένα ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου χρησιμοποιήθηκε πριν και μετά στο πλαίσιο μιας εφαρμοζόμενης διδακτικής παρέμβασης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως οι πρακτικές των φοιτητών παρουσίασαν σημαντικές διαφορές με κατεύθυνση την υιοθέτηση ή ενίσχυση εποικοδομητικών και ανακαλυπτικών θέσεων σε ό,τι αφορά τη διδασκαλία της Φυσικής.

Abstract

This paper presents the results of a quantitative survey conducted in pre-service elementary teachers on practices that will utilize as future teachers on physics. For this purpose, a close type questionnaire was used before and after of an applied teaching intervention. The results showed that the student's practices showed significant differences towards the adoption or strengthening of inquiry positions regarding the teaching of physics.

1. Εισαγωγή

Η μέθοδος διδασκαλίας που προτείνεται από τα σχολικά εγχειρίδια για το μάθημα των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) στηρίζεται τόσο στο ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο (ανακαλυπτικού τύπου) με τη θέση του πειράματος να είναι ιδιαίτερη σημαντική (ομαδοσυνεργατικά) όσο και σε εποικοδομητικά στοιχεία που αφορούν τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές οικοδομούν την αντίληψη τους για τον κόσμο με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τα μέσα που διαθέτουν έτσι ώστε να κατακτήσουν αυτόνομα τα νέα στοιχεία (Αποστολάκης 2006). Πιο συγκεκριμένα, έρευνες για τα αποτελέσματα της συνεργατικής μάθησης στις Φ.Ε. έχουν αποδείξει ότι οι μαθητές που συνεργάζονται έχουν καλύτερες επιδόσεις σε σχέση με εκείνους που εργάζονται ατομικά (Foley & O' Donnel 2002). Οι συνεργατικές μαθησιακές προσεγγίσεις δημιουργούν εξαιρετικές ευκαιρίες στους μαθητές με αποτέλεσμα αυτοί να συμμετέχουν στην επίλυση προβλημάτων με τη βοήθεια άλλων μελών της ομάδας (Effandi & Zanaton 2007). Οι συνεργατικές μαθησιακές στρατηγικές προκαλούν επιπτώσεις τόσο στην πρόοδο των μαθητών όσο και στη χρήση των κοινωνικών δεξιοτήτων. Η δύναμη αυτών των στρατηγικών πηγάζει από την τοποθέτηση των μαθητών στο κέντρο της μαθησιακής διαδικασίας και αποτελεί ένα ουσιώδες κομμάτι της. Τα πάντα στη διαδικασία

της διδασκαλίας θα πρέπει να εξυπηρετούν τους μαθητές με βασικό στόχο την προώθηση της μάθησής τους (Ebrahim 2012). Η ενσωμάτωση της συνεργατικής μάθησης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της Φυσικής παρουσιάζει και προκλήσεις για τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές. Τα κυριότερα προβλήματα που προκύπτουν είναι η προετοιμασία επιπρόσθετων υλικών, ο φόβος της μη κάλυψης της διδαχθείσας ύλης, η έλλειψη εμπιστοσύνης των μαθητών ότι μπορούν μόνοι τους να κατακτήσουν τη γνώση, η έλλειψη εξοικείωσης με συνεργατικές μεθόδους μάθησης και η αντίληψη πως οι μαθητές δε διαθέτουν τις δεξιότητες να εργαστούν ομαδοσυνεργατικά (Zakaria & Iksan 2007).

Τα πειράματα κατέχουν κεντρικό ρόλο στην εκπαίδευση των Φ.Ε. (Koponen & Mäntylä 2006) και η χρήση τους αντιμετωπίζεται διαφορετικά από τις κυρίαρχες τάσεις που καταγράφονται στο πεδίο της Διδακτικής των Φ.Ε. (Κόκκοτας & Βλάχος 2000, Κώτσης 2005). Στο διδακτικό μοντέλο της εποικοδόμησης της γνώσης τα πειράματα στοχεύουν στην πρόκληση γνωστικής σύγκρουσης στους μαθητές με στόχο να επιτευχθεί αναθεώρηση των απόψεών τους.

Οι κύριοι λόγοι για τους οποίους αυτά δεν γίνονται στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση (Π.Ε.) είναι η έλλειψη από τα σχολεία των ειδικών υλικών, οργάνων, συσκευών και των ειδικών χώρων που απαιτούνται, ο φόβος της αποτυχίας στην εκτέλεση του πειράματος, ο φόβος να συμβεί κάποιο ατύχημα και η έλλειψη χρόνου για οργάνωση και πραγματοποίηση των πειραμάτων (Κουμαράς 2002, Κώτσης 2005, Κώτσης & Μπασιάκος 2009).

Οι προϋπάρχουσες ιδέες και ερμηνείες «συνοδεύουν» τα παιδιά στις αίθουσες διδασκαλίας και είναι συνήθως διαφορετικές από τις επιστημονικές (Σπυροπούλου-Κατσάνη 2002) και μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς τη συνακόλουθη μάθηση (Sanger & Greenbowe 1997). Η μάθηση θεωρείται μια ατομική διαδικασία, που περιλαμβάνει σύνδεση των νέων ιδεών και εμπειριών με την προηγούμενη γνώση μέσω αλληλεπιδράσεων με το φυσικό και/ή κοινωνικό περιβάλλον (Liang & Gabel 2005). Σημαντικό είναι το γεγονός ότι οι εναλλακτικές απόψεις είναι βαθιά ριζωμένες και δύσκολα αλλάζουν, αν δε ληφθούν υπόψη στη διδακτική διαδικασία (Eryilmaz 2002). Συνεπώς, οι παρανοήσεις ισοδυναμούν με κάτι περισσότερο από την παρεξήγηση μιας έννοιας. Οι παρανοήσεις αποτελούν μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος γνώσης, το οποίο περιλαμβάνει αλληλένδετες έννοιες που συμβάλλουν στην ερμηνεία των εμπειριών των μαθητών και δύνανται να εμποδίσουν την πρόοδο ενός μαθητή σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης (Duit & Treagust 2003, Southerland et al. 2001).

Στην πραγματικότητα, όμως, αυτές οι καθημερινές ιδέες που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να κατανοήσουν τις έννοιες των Φ.Ε. συχνά περνούν απαρατήρητες ή ακυρώνονται λόγω εκπαιδευτικών περιορισμών (π.χ. χρόνος, αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών) στη σχολική τάξη, όπως, επίσης, και εξαιτίας της αυξημένης υπευθυνότητας που τους διακρίνει απέναντι στην πολιτεία, η οποία επιβάλλει ένα αυστηρό αναλυτικό πρόγραμμα και περιορισμένες αξιολογήσεις που επικεντρώνονται κυρίως στο πόσο οι μαθητές γνωρίζουν (περιεχόμενο) και όχι στο πώς θα κατασκευάσουν την κατανόηση της επιστήμης (Wee 2010)

Η σημασία των πεποιθήσεων των εκπαιδευτικών για τη μάθηση και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) καθώς και η ανθεκτικότητα μερικών εξ αυτών έχουν μελετηθεί διεξοδικά από διάφορους ερευνητές (Roychoudhur & Rice 2013, Tanase & Wang 2010). Η έρευνα έδειξε ότι οι πεποιθήσεις επηρεάζουν τις πρακτικές των εκπαιδευτικών στην τάξη και τις επιλογές των μεθόδων διδασκαλίας τους (Jones & Carter 2006) και έχουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στη μάθηση των μαθητών (Milner el al. 2012). Επομένως, κρίνεται σκόπιμο η αλλαγή αυτών των πεποιθήσεων από νέες με εποικοδομητικά και μεταρρυθμιστικά χαρακτηριστικά. Έρευνες των Luft (2001) και Tanase και Wang (2010) έδειξαν αλλαγές στις πεποιθήσεις και στις πρακτικές των μελλοντικών εκπαιδευτικών-φοιτητών προς την κατεύθυνση μιας μαθητο-κεντρικής διδακτικής προσέγγισης εφαρμόζοντας κατάλληλα εκπαιδευτικά προγράμματα. Παράλληλα, μια σημαντική πρόκληση της ανώτατης

εκπαίδευσης παραμένει η ανάπτυξη και η εφαρμογή διδακτικών πρακτικών, οι οποίες θα προωθήσουν στους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς (φοιτητές) την ικανότητα να αποκτήσουν και να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους αποτελεσματικά, να σκεφτούν κριτικά, να αναλύσουν, να συνθέσουν και να εξάγουν τα συμπεράσματά τους προς την κατεύθυνση του επιστημονικού εγγραμματισμού (Gijbels at al. 2009). Δυστυχώς, ο παραδοσιακός τρόπος εκπαίδευσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών δεν επέτρεψε την επίτευξη των παραπάνω στόχων (Miller et al. 2013). Επιπροσθέτως, οι φοιτητές (μελλοντικοί εκπαιδευτικοί) έχουν μεγάλη εμπειρία σε παραδοσιακού τύπου διδακτικές πρακτικές, αφού αποτελούσαν κυρίαρχες πρακτικές στα χρόνια που ήταν μαθητές στις διάφορες βαθμίδες της εκπαίδευσης (Roychoudhur & Rice 2013). Η μέθοδος διδασκαλίας που προτείνεται μέσα από τα σχολικά εγχειρίδια για το μάθημα των Φ.Ε. στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στηρίζεται τόσο στο ερευνητικά εξελισσόμενο μοντέλο (ανακαλυπτικού τύπου) με τη θέση του πειράματος να είναι ιδιαίτερη σημαντική (ομαδοσυνεργατικά) όσο και σε εποικοδομητικά στοιχεία που αφορούν στον τρόπο, με τον οποίο οι μαθητές οικοδομούν την αντίληψη τους για τον κόσμο με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις και τα μέσα που διαθέτουν, έτσι ώστε να κατακτήσουν αυτόνομα τα νέα στοιχεία (Αποστολάκης 2006).
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης που έχει η παρακολούθηση μιας σειράς διαλέξεων στις σύγχρονες τάσεις στη διδασκαλία των Φ.Ε. και οι παρουσιάσεις διδασκαλιών εκ μέρους των φοιτητών με βάση το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας πάνω στις αντιλήψεις τους για τις πρακτικές που προτίθεται να αξιοποιήσουν ως μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στη διδασκαλία των Φ.Ε στο Δημοτικό Σχολείο.

2. Μεθοδολογία

Ερευνητικό εργαλείο

Οι πρακτικές που προτίθενται να αξιοποιήσουν οι φοιτητές διερευνήθηκαν με ένα ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου το οποίο αποτελείται από 19 δηλώσεις σε μια πενταβάθμια κλίμακα (1= Ποτέ, 2= Σπάνια, 3= Μερικές φορές, 4= Συχνά, 5= Πάντα). Για την καλύτερη παρουσίαση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων, επανακωδικοποιήθηκαν οι απαντήσεις των φοιτητών από πέντε σε τρεις (1= Ποτέ ή Σπάνια, 2= Μερικές φορές, 3=Συχνά ή Πάντα). Οι δηλώσεις προέρχονται από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (Ballone-Duran et al. 2005, Talanquer et al. 2010, Yılmaz-Tüzün 2008), τις στρατηγικές που προβλέπονται από το Αναλυτικό Πρόγραμμα και το σχολικό εγχειρίδιο του βιβλίου του δασκάλου καθώς και από την προσωπική εμπειρία. Πιο συγκεκριμένα περιλαμβάνει πρακτικές που χαρακτηρίζονται από παραδοσιακά (διάλεξη, απομνημόνευση), ανακαλυπτικά (ομαδοσυνεργατική μάθηση) και εποικοδομητικά (αξιοποίηση προϋπάρχουσας γνώσης) στοιχεία.

Εγκυρότητα και αξιοπιστία της έρευνας

Η εγκυρότητα του ερωτηματολογίου ελέγχτηκε σε υποκείμενα παρόμοια με αυτά του τελικού δείγματος. Συγκεκριμένα**,** 30 τεταρτοετείς φοιτητές του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων συμπλήρωσαν το εργαλείο που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί στη βασική έρευνα. Οι φοιτητές δε συνάντησαν ιδιαίτερες δυσκολίες στη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου με εξαίρεση κάποιες διευκρινίσεις που ζητήθηκαν για τη διατύπωση προτάσεων, οι οποίες στη συνέχεια τροποποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο, ώστε να διαμορφωθεί το τελικό εργαλείο συλλογής των δεδομένων. Επιπλέον, η διασφάλιση της εγκυρότητας του εργαλείου βασίστηκε όχι μόνο σε συζητήσεις με τους φοιτητές που συμμετείχαν στην πιλοτική έρευνα αλλά και σε συζητήσεις με εν ενεργεία εκπαιδευτικούς με εμπειρία και σπουδές στη

διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Η αξιοπιστία του τελικού ερωτηματολογίου ελέγχτηκε με το συντελεστή αξιοπιστίας Cronbach και υπολογίστηκε στο 0,92.

Δείγμα της έρευνας

Το δείγμα της έρευνας μας αποτελείται από 190 φοιτητές του 4ου έτους του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων. Οι συγκεκριμένοι φοιτητές παρακολούθησαν το υποχρεωτικό μάθημα με τίτλο: Διδακτική της Φυσικής και συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο δύο φορές, στην πρώτη και τελευταία διάλεξη του μαθήματος.

3. Αποτελέσματα

Η στατιστική επεξεργασία ανέδειξε πως η αξιοποίηση πρακτικών, εκ μέρους των φοιτητών, που συγκλίνουν προς το εποικοδομητικό και ανακαλυπτικό μοντέλο ενισχύθηκε σημαντικά μετά την ολοκλήρωση του κύκλου των διαλέξεων του μαθήματος. Ειδικότερα, ο σχεδιασμός του μαθήματος με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και η αξιοποίησή τους, η διατύπωση υποθέσεων από τους μαθητές για το φαινόμενο το οποίο θα μελετηθεί, η εργασία των μαθητών σε ομάδες και η εφαρμογή και σύνδεση της νέας γνώσης με παραδείγματα και εργασίες από την καθημερινότητα και τα ενδιαφέροντα του μαθητή αποτελούν χαρακτηριστικά σημεία ενίσχυσης, τα οποία σχετίζονται με βασικές αρχές και θέσεις του εποικοδομητισμού (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Οι μέσοι όροι, οι τυπικές αποκλίσεις και οι τιμές p του στατιστικού ελέγχου

	Πριν			*Μετά*			
Πόσο συχνά θα αξιοποιείτε τις παρακάτω πρακτικές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της Φυσικής;	*Mean*	*S.D.*	*Mean rank*	*Mean*	*S.D.*	*Mean rank*	*p*
1. Σχεδιασμός του μαθήματος με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών	2,52	,218	48,35	2,96	,218	56,50	,000
2. Διατύπωση υποθέσεων από τους μαθητές για το φαινόμενο που θα μελετηθεί	2,52	,425	119,00	2,87	,461	128,14	,000
3. Εργασία των μαθητών σε ομάδες συνεργατικής μάθησης με το δάσκαλο σε ρόλο παρατηρητή και συντονιστή	2,49	,366	91,87	2,86	,366	103,75	,000
4. Εφαρμογή και σύνδεση της νέας γνώσης με παραδείγματα και εργασίες από την καθημερινότητα και τα ενδιαφέροντα του μαθητή	2,48	,338	112,72	2,88	,338	129,50	,000
5. Γνωστική σύγκρουση ανάμεσα στις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών πριν τη διδασκαλία και στις γνώσεις που απέκτησαν μετά τη διδασκαλία	2,09	,817	56,63	2,58	,644	65,62	,000
6. Ατομική εργασία των μαθητών σε απλά πειράματα	2,42	,646	58,80	2,06	,672	50,123	,000

Στα θετικά συγκαταλέγονται η μείωση στην αξιοποίηση πρακτικών που συγκλίνουν σε παραδοσιακού τύπου διδασκαλίες όπως η διάλεξη (παρουσίαση των εννοιών και των

φαινομένων από το δάσκαλο) και η απομνημόνευση βασικών όρων και εννοιών από τους μαθητές (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Οι μέσοι όροι, οι τυπικές αποκλίσεις και οι τιμές p του στατιστικού ελέγχου

	Πριν			*Μετά*			
Πόσο συχνά θα αξιοποιείτε τις παρακάτω πρακτικές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της Φυσικής;	*Mean*	*S.D.*	*Mean rank*	*Mean*	*S.D.*	*Mean rank*	*p*
1. Διάλεξη (παρουσίαση των εννοιών και των φαινομένων από το δάσκαλο)	2,55	,596	55,11	2,35	,532	45,86	,000
2. Επίδειξη των πειραμάτων από το δάσκαλο με παρατήρηση των μαθητών	2,83	,433	59,50	2,55	,533	50,53	,000
3. Χρήση των Νέων Τεχνολογιών (PowerPoint, λογισμικά, …)	2,44	,466	89,87	2,90	,584	101,89	,000
4. Απομνημόνευση βασικών όρων και εννοιών από τους μαθητές	2,38	,691	61,79	1,98	,711	51,54	,000
5. Σύνδεση της Φυσικής με άλλες επιστήμες (Χημεία, Βιολογία,…)	2,71	,479	42,00	2,94	,603	51,32	,000

Τέλος η διαθεματικότητα, η χρήση των Νέων Τεχνολογιών και η έρευνα πεδίου μέσω των εκπαιδευτικών επισκέψεων σε χώρους που σχετίζονται με έννοιες και φαινόμενα της Φυσικής ενισχύθηκαν σε πολύ μεγάλο βαθμό στο τέλος του κύκλου των διαλέξεων σε σχέση με την αρχή (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Οι μέσοι όροι, οι τυπικές αποκλίσεις και οι τιμές p του στατιστικού ελέγχου

	Πριν			*Μετά*			
Πόσο συχνά θα αξιοποιείτε τις παρακάτω πρακτικές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της Φυσικής;	*Mean*	*S.D.*	*Mean rank*	*Mean*	*S.D.*	*Mean rank*	*p*
1. Χρήση των Νέων Τεχνολογιών (PowerPoint, λογισμικά, …)	2,44	,466	89,87	2,90	,584	101,89	,000
2. Σύνδεση της Φυσικής με άλλες επιστήμες (Χημεία, Βιολογία,…)	2,71	,479	42,00	2,94	,603	51,32	,000
3. Ατομική εργασία των μαθητών σε απλά πειράματα	2,42	,646	58,80	2,06	,672	50,123	,000
4. Επισκέψεις σε μέρη που σχετίζονται με τη Φυσική (εργοστάσια π.χ παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, πανεπιστήμιο, μουσεία, εκθέσεις)	2,57	,547	126,5	2,88	,715	135,86	,000

Τέλος, σε υψηλά επίπεδα παραμένουν πρακτικές οι οποίες συμβάλλουν στον εποικοδομητικό και ανακαλυπτικό χαρακτήρα της διδασκαλίας όπως, η αξιοποίηση καταστάσεων και παραδειγμάτων από την καθημερινότητα, ο διάλογος ανάμεσα σε μαθητές και εκπαιδευτικούς και η χρήση απλών και καθημερινών υλικών στη διεξαγωγή των πειραμάτων (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Οι μέσοι όροι, οι τυπικές αποκλίσεις και οι τιμές p του στατιστικού ελέγχου

	Πριν			*Μετά*			
Πόσο συχνά θα αξιοποιείτε τις παρακάτω πρακτικές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της Φυσικής;	*Mean*	*S.D.*	*Mean rank*	*Mean*	*S.D.*	*Mean rank*	*p*
1. Εισαγωγή και κέντρισμα του ενδιαφέροντος των μαθητών στη νέα ενότητα με παραδείγματα από την καθημερινότητά τους	2,98	,125	61,68	2,96	,233	60,10	,166
2. Ανάδειξη του «προβλήματος» με συζήτηση δασκάλου-μαθητών ή μεταξύ μαθητών	2,90	,335	36,50	2,93	,281	37,48	,317
3. Σύνδεση της νέας ενότητας με τις προηγούμενες	2,93	,275	44,00	2,92	,261	43,78	,841
4. Επίδειξη των πειραμάτων από το δάσκαλο με ενεργή συμμετοχή των μαθητών (ως βοηθοί ή τους καλεί σε κάποια φάση του πειράματος)	2,86	,396	77,25	2,81	,447	75,47	,226
5. Χρήση απλών και καθημερινών υλικών στη διεξαγωγή των πειραμάτων	2,88	,588	97,00	2,89	,360	98,58	,654
6. Διάλογος δασκάλου-μαθητών ή μεταξύ των μαθητών με σκοπό την εξαγωγή των συμπερασμάτων και τη γενίκευσή τους	2,82	,425	100,67	2,81	,417	99,84	,701
18. Διάλογος δασκάλου-μαθητών ή μεταξύ των μαθητών με σκοπό την επίλυση των εργασιών στο τέλος του μαθήματος	2,78	,454	52,08	2,77	,483	51,57	,798

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας ανέδειξαν τις αλλαγές οι οποίες προέκυψαν στις πεποιθήσεις των φοιτητών για τις πρακτικές που προτίθενται να εφαρμόσουν ως μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στη διδασκαλία της Φυσικής στο Δημοτικό Σχολείο καθώς και την αποτελεσματικότητα της εφαρμοζόμενης παρέμβασης. Ο κύκλος των μαθημάτων της παρέμβασης ο οποίος αποτελούνταν τόσο από θεωρητικές διαλέξεις πάνω στις σύγχρονες τάσεις στη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών όσο και οι παρουσιάσεις διδασκαλιών με βάση το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας εκ μέρους των φοιτητών, φαίνεται να έχει μετατοπίσει ή ενισχύσει τις πεποιθήσεις των φοιτητών σε πρακτικές, οι οποίες σχετίζονται με το εποικοδομητισμό και το προτεινόμενο μοντέλο διδασκαλίας στο Δημοτικό Σχολείο. Περαιτέρω έρευνα προτείνεται και για το αν οι φοιτητές θα εφαρμόσουν αυτές τις πρακτικές και στην πράξη. Τουλάχιστον σε θεωρητικό επίπεδο, οι πεποιθήσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών, όπως αυτές αναδείχθηκαν στην παρούσα εργασία, αποτελούν μια σημαντική βάση πάνω στην οποία μπορεί να στηριχτεί και να εξελιχθεί η επαγγελματική τους εξέλιξη.

5. Βιβλιογραφία

Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α. & Καλκάνης, Γ. (2006). *Ερευνώ και Ανακαλύπτω Ε΄ τάξης, Βιβλίο για το δάσκαλο*, Αθήνα: ΟΕΔΒ.

Κόκκοτας, Π., Βλάχος, Ι. (2000). *Ο ρόλος του πειράματος στην επιστήμη, τη διδασκαλία και τη μάθηση. Διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Τυπωθήτω.

Κουμαράς, Π., (2002). *Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής*. Εκδόσεις Χριστοδουλίδη. Θεσσαλονίκη.

Κώτσης, Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

Κώτσης, Κ. & Μπασιάκος, Γ. (2009). Οι στάσεις των εκπαιδευτικών της Α/θμιας Εκπ/σης στη χρήση πειραμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. *Πρακτικά 6ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φ.Ε. και Ν.Τ. στην Εκπαίδευση*, Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας Φλώρινα.

Σπυρόπουλου-Κατσάνη, Δ. (2000). *Διδακτικές και Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Τυποθήτω.

Ballone, L., Czerniak, C. M. & Haney, J. (2005). A descriptive study of the effects of a LSC project on scientists' teaching practices and beliefs. *Journal of Science Teacher Education, 16*(2), 159-184.

Duit, R. & Treagust, D. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International Journal of Science Education, 25*, 671-688.

Ebrahim, A. (2012). The effect of cooperative learning strategies on elementary students' science achievement and social skills in Kuwait. International Journal of Science and Mathematics Education,10: 293-314.

Effandi, Z. & Zanaton, I. (2007). Promoting cooperative learning in science and mathematics education: A Malaysian perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 3*(1), 35-39.

Eryilmaz, A. (2002). Effects of conceptual assignments and conceptual change discussions on students' misconceptions and achievement regarding force and motion. *Journal of Research in Science Teaching, 39*, 1001-1015.

Foley, K. & O'Donnell, A. M. (2002). Cooperative learning and visual organizers: Effects on learning to solve mole problems in high school chemistry. *Asia Pacific Journal of Education, 22,* 38-50.

Jones, M. G. & Carter, G. (2007). Science teacher attitudes and beliefs. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 1067- 1104). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.

Koponen, I.T. & Mäntylä, T., (2006).Generative Role of Experiments in Physics and in Teaching Physics: A Suggestion for Epistemological Reconstruction. *Science & Education, 15*(1), 31-54, DOI: 10.1007/s11191-005-3199-6.

Liang, L. L. & Gabel, D. L. (2005). Effectiveness of a constructivist approach to science instruction for prospective elementary teachers. *International Journal of Science Education, 27*(10), 1143–1162.

Luft, J.A. (2001). Changing inquiry practices and beliefs: the impact of an inquiry-based professional development programme on beginning and experienced secondary science teachers. *International Journal of Science Education, 23*(5), 517-534.

Miller, M., Ohana, C. & Hanley, D. (2013). MORE for Teachers: A Program for Science Teacher Preparation. *Teacher Education and Practice, 26*(4), 651-668.

Milner, A.R., Sondergeld, T.A., Demir, A., Johnson, C.C. & Czerniak, C. M. (2012). Elementary teachers' beliefs about teaching science and classroom practice: an examination of pre/post NCLB testing in science. *Journal of Science Teacher Education, 23*(2), 111-132.

Roychoudhury, A. & Rice, D. (2013). Preservice Secondary Science Teachers' Teaching and Reflections During a Teacher Education Program, *International Journal of Science Education, 35*(13), 2198-2225, DOI: 10.1080/09500693.2012.678907.

Talanquer, V., Novodvorksy, I. & Tomanek, D. (2010). Factors influencing entering teacher candidates' preferences for instructional activities: A glimpse into their orientations towards teaching. *International Journal of Science Education, 32*(10), 1389-1406.

Tanase, M. & Wang, J. (2010). Initial epistemological beliefs transformation in one teacher education classroom: Case study of four preservice teachers. *Teaching and Teacher Education, 26*, 1238-1248, doi:10.1016/j.tate.2010.02.009.

Sanger, M.J. & Greenbowe, T. J. (1997). Common student misconceptions in electrochemistry: Galvanic, electrolytic, and concentration cells. *Journal of Research in Science Teaching, 34*, 377-398.

Southerland, S., Abrams, E., Cummins, C. & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education, 85*, 328-348.

Wee, B. (2010). *Realizing the child's perspective: An exploration of young children's environmental ideas*. Saarbru¨cken, Germany: Lambert Academic Publishing.

Yilmaz-Tuzun, O. (2008). Preservice elementary teachers' beliefs about science teaching. *Journal of Science Teacher Education, 19*, 183-204.

Zakaria, E. & Iksan, Z. (2007). Promoting Cooperative Learning in Science and Mathematics Education: A Malaysian Perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 3*(1), 35-39.

ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΔΟΣΕΙΣ ΑΓΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΚΟΡΙΤΣΙΩΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ: ΜΙΑ ΜΕΤΑ-ΑΝΑΛΥΣΗ

Χαρίκλεια Σταβάρα[1], *Δημήτριος Σταμοβλάσης*[2]

[1]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[2] Τμήμα Φιλοσοφίας και Παιδαγωγικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι ο προσδιορισμός της επίδρασης του φύλου στην επίδοση μαθητών/-τριών στις Φυσικές Επιστήμες, μέσω της εφαρμογής μετα-ανάλυσης. Τα δεδομένα της έρευνας προήλθαν από διεθνείς μελέτες (N=732) που εξετάζουν την επίδοση μαθητών/-τριών ηλικίας 7-18 ετών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στην επίδοση των δύο φύλων στις Φυσικές Επιστήμες. Ο παράγοντας του έτους δημοσίευσης των μελετών επηρεάζει τη σχέση αυτή, καθώς οι παλαιότερες μελέτες δείχνουν πλεονέκτημα των αγοριών, ενώ στις πιο πρόσφατες μελέτες τα κορίτσια έχουν υψηλότερη μέση επίδοση. Διαπιστώθηκε, ακόμη, ότι το μέγεθος των διαφορών στις επιδόσεις των δύο φύλων μεταβάλλεται από χώρα σε χώρα, γεγονός που επιβεβαιώνει την επίδραση του κοινωνικο-πολιτισμικού πλαισίου.

Abstract

The purpose of the current study is to estimate the magnitude of gender differences in science achievement by means of meta-analysis. The data came from international studies (N=732) examining gender differences in science achievement of students 7-18 years old. The results indicated no existing gender differences in science achievement; however, the analysis showed that there is an effect of the year of publication suggesting a male superiority in the past years and a female superiority in recent years. The results also showed that cross-national differences in the gender gap exist, confirming the sociocultural influences on gender differences in science achievement.

1. Εισαγωγή

Η μάθηση των Φυσικών Επιστημών θεωρείται σε όλες τις κοινωνίες και στα εκπαιδευτικά τους συστήματα «εκ των ων ουκ άνευ», διότι οδηγεί στην απόκτηση αναγκαίων γνώσεων και τρόπων σκέψης τόσο για την ένταξη στην αγορά εργασίας, όσο και για την αυτοπραγμάτωση των ανθρώπων (Κοντογιαννοπούλου-Πολυδωρίδου κ.α. 2000). Ως εκ τούτου, η περιορισμένη ενασχόληση του γυναικείου φύλου με τις Φυσικές Επιστήμες (Bureau of Labor Statistics 2015, EACEA/Eurydice 2010) έχει οδηγήσει στη δημιουργία ερευνητικού ενδιαφέροντος και, συνεπώς, στη διεξαγωγή πολυάριθμων μελετών που εστιάζουν στις διαφορές των επιδόσεων των δύο φύλων στις Φυσικές Επιστήμες. Ωστόσο, από τα αποτελέσματα των ερευνών δεν προκύπτει μια συγκλίνουσα άποψη για τη συσχέτιση του φύλου με την επίδοση. Με αφορμή το γεγονός αυτό, η παρούσα εργασία επιχειρεί να συμβάλει στον προσδιορισμό της επίδρασης του φύλου στην επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες με την εφαρμογή μετα-ανάλυσης σε ήδη δημοσιευμένες μελέτες.

2. Μεθοδολογία/Ερευνητικές Υποθέσεις

Με βάση τον προαναφερθέντα σκοπό, μελετώντας τη σχετική βιβλιογραφία και λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των σχετικών μελετών, προέκυψαν οι εξής ερευνητικές υποθέσεις:

1. Η επίδοση των αγοριών στις Φυσικές Επιστήμες είναι υψηλότερη από εκείνη των κοριτσιών.
2. Όσο μεγαλύτερη είναι η ηλικία των παιδιών, η διαφορά στην επίδοση αγοριών και κοριτσιών στις Φυσικές Επιστήμες αυξάνεται.
3. Η διαφορά της επίδοσης αγοριών και κοριτσιών στις Φυσικές Επιστήμες έχει μειωθεί με την πάροδο του χρόνου.
4. Η διαφορά στην επίδοση αγοριών και κοριτσιών στις Φυσικές Επιστήμες δεν είναι ίση σε διαφορετικές χώρες.

Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των δεδομένων είναι η μετα-ανάλυση, η οποία αποτελεί μια συστηματική ανασκόπηση που επικεντρώνεται στη στατιστική ενοποίηση και ανάλυση των ευρημάτων διαφόρων ερευνών (Cook et al. 1992). Στο δείγμα της έρευνας συμπεριλήφθηκαν τα δεδομένα από τις διεθνείς μελέτες PISA (Programme for International Student Assessment) και TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) και από μελέτες που εντοπίστηκαν κατά την αναζήτηση σε διεθνείς ερευνητικές βάσεις δεδομένων, οι οποίες αφορούν παιδιά και εφήβους ηλικίας 7-18 ετών και έχουν δημοσιευθεί το διάστημα 1990 έως 2015. Οι μελέτες που εντοπίστηκαν και παρέχουν όλα τα παραπάνω κριτήρια είναι 14 (βλ. Παράρτημα). Καθεμία από τις εν λόγω μελέτες έδωσε ξεχωριστά δείγματα ως προς την ηλικία, το έτος δημοσίευσης και τη χώρα των συμμετεχόντων/-ουσών, οπότε προέκυψαν συνολικά 732 δείγματα προς εξέταση, μέσω των οποίων αξιολογήθηκαν συνολικά 1.862.460 κορίτσια και 1.861.654 αγόρια. Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το στατιστικό πακέτο Comprehensive Meta-Analysis v.2.

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η τιμή του συγκεντρωτικού μεγέθους αποτελέσματος είναι E.S.= -0,039 ($p<0,001$, βλ. Πίνακα 1). Το αρνητικό πρόσημο του αποτελέσματος σημαίνει ότι τα αγόρια εμφανίζουν κατά μέσο όρο υψηλότερη επίδοση από τα κορίτσια[7]. Η απόλυτη τιμή του μεγέθους αποτελέσματος ανήκει στο εύρος των τιμών που θεωρείται ότι υποδεικνύουν μηδενική διαφορά (Hyde 2005), επομένως το συγκεντρωτικό αποτέλεσμα της μετα-ανάλυσης δείχνει ότι οι επιδόσεις των αγοριών και των κοριτσιών στις Φυσικές Επιστήμες δε διαφέρουν. Η διαπίστωση αυτή ενισχύεται από τα ευρήματα και άλλων μετα-αναλύσεων που πραγματοποιήθηκαν για τον ίδιο σκοπό (Kahl et al. 1982, Steinkamp & Maehr 1983). Οι μελέτες αυτές συμπεριλαμβάνουν δεδομένα που έχουν συλλεχθεί πριν αρκετά χρόνια, γεγονός που φανερώνει ότι τα κορίτσια είχαν αρχίσει ήδη από τότε να κερδίζουν έδαφος σε αντικείμενα που θεωρούνται κατεξοχήν «ανδρικά», όπως είναι οι Φυσικές Επιστήμες, και να αντιστέκονται στα στερεότυπα για τους ρόλους των δύο φύλων.

[7] Σε αυτό το σημείο πρέπει να επισημανθεί ότι, στην παρούσα μετα-ανάλυση, το αρνητικό πρόσημο στα μεγέθη αποτελέσματος (effect sizes - E.S.) δηλώνει πλεονέκτημα των αγοριών, ενώ οι θετικές τιμές δηλώνουν πλεονέκτημα των κοριτσιών.

Πίνακας 1: Αποτελέσματα διαφοράς στην επίδοση των δύο φύλων στις Φυσικές Επιστήμες

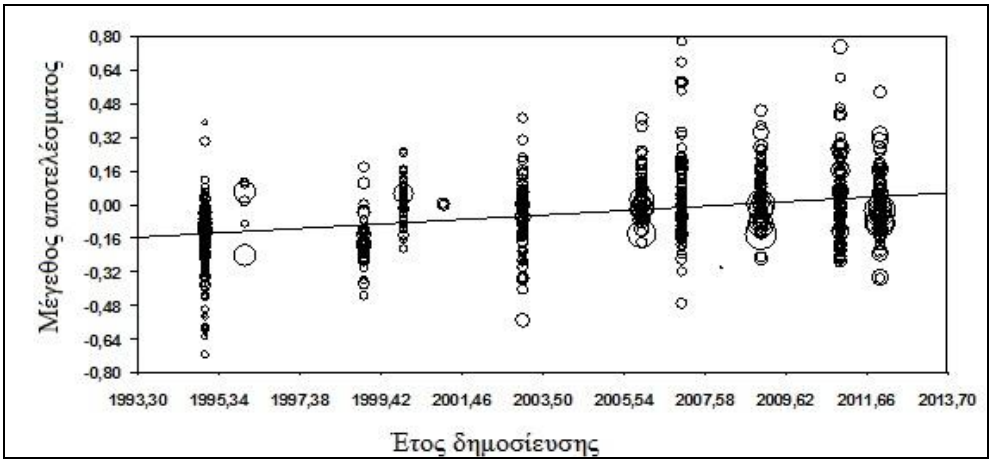
Μέγεθος αποτελέσματος			*95% διάστημα εμπιστοσύνης*		*Έλεγχος μηδενικής υπόθεσης*	
E.S.	Τυπικό σφάλμα	Διακύμανση	Κατώτατο όριο	Ανώτατο όριο	z-value	p-value
-0,039	0,006	0,000	-0,051	-0,027	-6,26	0,000

Εντούτοις, είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι παρόλο που διαπιστώνεται πως οι επιδόσεις των αγοριών και των κοριτσιών στις Φυσικές Επιστήμες είναι κατά μέσο όρο ίσες, δεν υπάρχει ανάλογη εικόνα και στην επιλογή των σχετικών επαγγελμάτων. Το ποσοστό των κοριτσιών που επιλέγουν να σπουδάσουν κάποιο συναφές αντικείμενο είναι σημαντικά μικρότερο από εκείνο των αγοριών και, παράλληλα, οι θέσεις εργασίας στα συναφή επαγγέλματα εξακολουθούν να καταλαμβάνονται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό από άνδρες Bureau of Labor Statistics 2015, EACEA/Eurydice, 2010). Φαίνεται, λοιπόν, ότι οι ίσες επιδόσεις των κοριτσιών και των αγοριών στα αντικείμενα αυτά δεν επιτυγχάνονται λόγω των βλέψεων και των δύο φύλων εξίσου σε μια αντίστοιχη καριέρα.

Ο έλεγχος της συσχέτισης μεταξύ του μεγέθους της διαφοράς στην επίδοση αγοριών και κοριτσιών στις Φυσικές Επιστήμες και της ηλικίας τους έδειξε ότι δεν υπάρχει στατιστικώς σημαντική συσχέτιση ($Q=2,141$, $p>0,05$). Επομένως, η εν λόγω διαφορά παραμένει σταθερή σε όλες τις μελετώμενες ηλικίες.

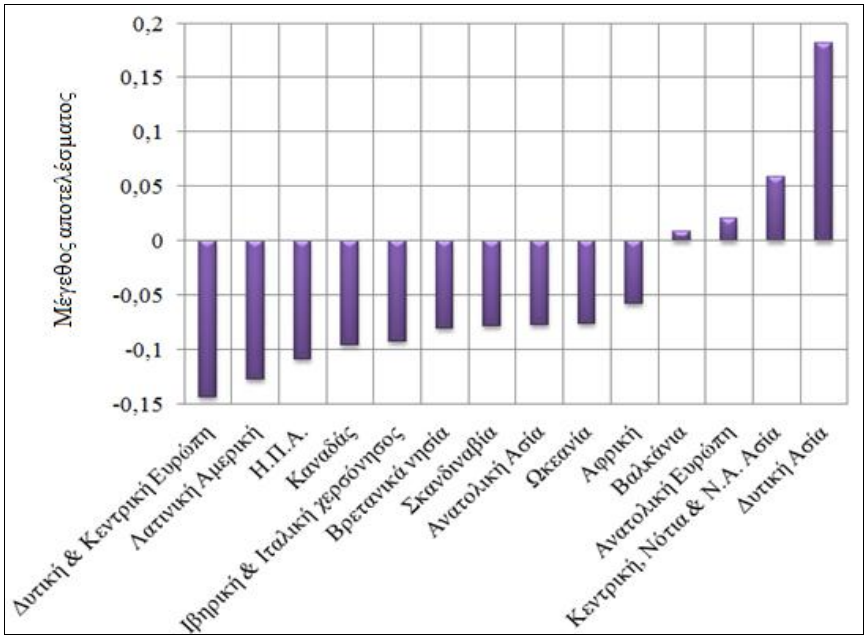
Σε ό,τι αφορά την επίδραση του έτους δημοσίευσης των μελετών, η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι αυτή είναι στατιστικώς σημαντική ($Q=3413,65$, $p<0,001$). Αναλυτικότερα, οι παλαιότερες μελέτες δείχνουν πλεονέκτημα των αγοριών, αλλά, με την πάροδο των ετών, το χάσμα αυτό μειώνεται και τελικά ανατρέπεται, με αποτέλεσμα τα κορίτσια να σημειώνουν υψηλότερη μέση επίδοση από τα αγόρια στις πιο πρόσφατες μελέτες. Η σχέση αυτή είναι ορατή στο Σχήμα 1. Σε αυτό το σημείο αξίζει να σημειωθεί ότι η μεταβολή αυτή της διαφοράς των επιδόσεων των δύο φύλων στις Φυσικές Επιστήμες αποδεικνύει πως η απόδοση του χάσματος των επιδόσεων των φύλων σε βιολογικούς παράγοντες δεν είναι βοηθητική ως προς την ερμηνεία του. Αντιθέτως, η εν λόγω μεταβολή σχετίζεται άμεσα με την πρόοδο που παρατηρείται στις αντιλήψεις για τους ρόλους των φύλων με την πάροδο του χρόνου, λόγω της οποίας τα κορίτσια ενθαρρύνονται περισσότερο σε σύγκριση με παλαιότερα να ασχολούνται με τις Φυσικές Επιστήμες.

Σχήμα 1: Διάγραμμα της διαφοράς στην επίδοση των δύο φύλων στις Φυσικές Επιστήμες σε σχέση με το έτος δημοσίευσης των μελετών



Σχετικά με την επίδραση της χώρας από την οποία προέρχονται τα άτομα του δείγματος, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι το μέγεθος των διαφορών στις επιδόσεις αγοριών και κοριτσιών διαφέρει στατιστικώς σημαντικά μεταξύ των ομάδων των χωρών ($Q=267,394$, $p<0,001$). Οι διαφορές στις επιδόσεις των δύο φύλων στις Φυσικές Επιστήμες δεν είναι στατιστικώς σημαντικές στις χώρες των Βαλκανίων και της Ανατολικής Ευρώπης ($p>0,05$). Στις υπόλοιπες χώρες, το επίπεδο των διαφορών είναι στατιστικώς σημαντικό. Πιο συγκεκριμένα, στη Δυτική, Κεντρική, Νότια και Νοτιοανατολική Ασία οι διαφορές είναι υπέρ των κοριτσιών, ενώ στις υπόλοιπες ομάδες χωρών τα αγόρια είναι εκείνα που σημειώνουν την υψηλότερη μέση επίδοση (βλ. Σχήμα 2).

Σχήμα 2: Διαφορές στις επιδόσεις των δύο φύλων στις Φυσικές Επιστήμες, ανά ομάδα χωρών



Το εύρημα αυτό προκαλεί ιδιαίτερη εντύπωση, διότι στις χώρες τις Μέσης Ανατολής οι στερεοτυπικές αντιλήψεις για τους ρόλους των φύλων είναι έντονες και, ως εκ τούτου, θα ήταν αναμενόμενο στις χώρες αυτές τα αγόρια να σημειώνουν υψηλότερη μέση επίδοση από

τα κορίτσια στις Φυσικές Επιστήμες. Το φαινόμενο αυτό πιθανότατα οφείλεται στο γεγονός ότι τα κορίτσια στις χώρες της Μέσης Ανατολής νιώθουν την πρόκληση να σημειώνουν υψηλές επιδόσεις στις Φυσικές Επιστήμες, ώστε να αποδείξουν ότι είναι ικανές να επιτύχουν σε καριέρες που συνήθως είναι συνδεδεμένες με το ανδρικό φύλο (El Hassan 2001). Επίσης, σε αυτές τις χώρες το να ασχολείται και να επιτυγχάνει κανείς στις Φυσικές Επιστήμες είναι σύμβολο υψηλού κοινωνικού status, επομένως η επιτυχία υψηλών επιδόσεων σε αυτές είναι ένας τρόπος να αντιδράσουν στο χαμηλό κοινωνικό status που διαθέτουν και να αποδείξουν τις ικανότητές τους, τις οποίες η κοινωνία υποτιμά (BouJaoude & Khalick 1995). Μια εναλλακτική ερμηνεία του πλεονεκτήματος των κοριτσιών έναντι των αγοριών στην επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες στις εν λόγω χώρες είναι ότι η ελευθερία των κοριτσιών να περνούν χρόνο εκτός του σπιτιού τους είναι πολύ περιορισμένη, ενώ τα αγόρια διαθέτουν σε μεγαλύτερο βαθμό τη δυνατότητα να ασχολούνται με δραστηριότητες εκτός του σπιτιού, με επακόλουθο τα κορίτσια να αφιερώνουν περισσότερο χρόνο στα σχολικά τους καθήκοντα σε σύγκριση με τα αγόρια (Birenbaum & Nasser 2006).
Εντύπωση προκαλεί, ακόμη, η διαπίστωση ότι χώρες με υψηλό βιοτικό επίπεδο, όπως εκείνες της Δυτικής και Κεντρικής Ευρώπης, καθώς και οι Η.Π.Α, βρίσκονται ανάμεσα στις χώρες με τις μεγαλύτερες διαφορές στις επιδόσεις των δύο φύλων στις Φυσικές Επιστήμες. Είναι ευρέως διαδεδομένη η άποψη πως οι στερεοτυπικές αντιλήψεις για τους ρόλους των δύο φύλων στις ανεπτυγμένες χώρες έχουν κατά ένα μεγάλο μέρος εξαλειφθεί, κατά συνέπεια θα αναμενόταν στις χώρες αυτές να μην παρατηρούνται μεγάλες διαφορές. Το χάσμα που διαπιστώνεται στην πράξη ενδεχομένως να σχετίζεται με το αποκαλούμενο 'Matthew effect' (Stanovich 1986), σύμφωνα με το οποίο «ο καλός μαθητής γίνεται καλύτερος και ο κακός γίνεται χειρότερος». Με άλλα λόγια, στις χώρες με υψηλό βιοτικό επίπεδο, όπου δίνεται μεγάλη σημασία στη μόρφωση των παιδιών, υπάρχει ένα υψηλότερο επίπεδο υποκίνησης από το περιβάλλον των παιδιών να αναπτύξουν ακόμη περισσότερο τις δεξιότητες που θεωρείται ότι έχουν ανεπτυγμένες. Στις χώρες αυτές διατίθενται, επίσης, συχνότερα οι κατάλληλοι πόροι ώστε να επιτευχθεί αυτό. Τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα οι όποιες διαφορές υπάρχουν ανάμεσα στις επιδόσεις των δύο φύλων να γίνονται εντονότερες (Schmitt et al. 2008, Stoet & Geary 2013).

4. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα ευρήματα της παρούσας έρευνας, συνάγεται το συμπέρασμα ότι δεν υπάρχουν αξιοσημείωτες διαφορές μεταξύ αγοριών και κοριτσιών στην επίδοση στις Φυσικές Επιστήμες. Ωστόσο, συνεκτιμώντας το έτος δημοσίευσης των μελετών και τη χώρα προέλευσης του δείγματος της κάθε μελέτης, διαπιστώθηκε ότι οι παράγοντες αυτοί διαμορφώνουν τις διαφορές στις επιδόσεις των δύο φύλων ως λιγότερο ή περισσότερο έντονες. Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε πως, παρόλο που παλαιότερα τα αγόρια σημείωναν υψηλότερη επίδοση, με το πέρασμα των ετών το χάσμα αυτό μειώθηκε και τελικά ανατράπηκε, καθώς στις πιο πρόσφατες μελέτες τα κορίτσια είναι εκείνα που υπερέχουν. Σε ό,τι αφορά τις διαφορές που παρατηρήθηκαν από χώρα σε χώρα, διαπιστώθηκε ότι σε κάποιες ομάδες χωρών η διαφορά στις επιδόσεις είναι υπέρ των κοριτσιών, σε μια άλλη μερίδα χωρών οι διαφορές είναι υπέρ των αγοριών και, τέλος, σε κάποιες χώρες δεν παρατηρούνται διαφορές στις επιδόσεις των δύο φύλων. Οι αποκλίσεις αυτές που παρατηρούνται από χώρα σε χώρα επιβεβαιώνουν πως οι διαφορές στις επιδόσεις των δύο φύλων δεν είναι τόσο αποτέλεσμα των διαφορετικών ικανοτήτων τους, όσο των στερεοτύπων που υιοθετούνται λιγότερο ή περισσότερο σε διαφορετικά κοινωνικο-πολιτισμικά περιβάλλοντα.

5. Βιβλιογραφία

EACEA/Eurydice (2010). *Διαφορές των φύλων στο εκπαιδευτικό επίτευγμα: Μελέτη για τα μέτρα που λαμβάνονται και την κατάσταση που επικρατεί στην Ευρώπη σήμερα* (Φ. Ιωαννίδου-Μουζακίτη, Μετάφ.). Αθήνα: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού.

Κοντογιαννοπούλου-Πολυδωρίδου, Γ., Σολομών, Ι. & Σταμέλος, Γ. (2000). *Ανιχνεύοντας την επίδοση στην ελληνική εκπαίδευση*. Αθήνα: Μεταίχμιο.

Birenbaum, M. & Nasser, F. (2006). Ethnic and gender differences in mathematicsachievement and in dispositions towards the study of Mathematics. *Learning and Instruction, 16*(1), 26-40.

BouJaoude, S. & Khalick, F. A. E. (1995). *Lebanese middle school students' definitions of science and perception of its purpose and usage*. Retrieved from ERIC database (ED 387328).

Bureau of Labor Statistics (2015). *Highlights labor force statistics from the current population survey*. Retrieved 10/08/2016 from http://www.bls.gov/cps/cpsaat39.htm

Cook, T. D., Cooper, H., Cordray, D. S., Hartmann, H., Hedges, L. V., Light, R. J., Louis, T. A. & Mosteller, F. (1992). *Meta-analysis for explanation: A casebook*. New York, NY: Russell Sage Foundation.

El Hassan, K. (2001). Gender issues in achievement in Lebanon. *Social Behavior and Personality, 29*(2), 113-124.

Hyde, J. S. (2005). The gender similarities hypothesis. *American Psychologist, 60*(6), 581-592.

Kahl, S. R., Fleming, M. L. & Malone, M. R. (1982). *Sex-Related differences in pre-college Science: Findings of the Science Meta-Analysis Project*. Retrieved from ERIC database (ED 216909).

Schmitt, D. P., Realo, A., Voracek, M. & Allik, J. (2008). Why can't a man be more like a woman? Sex Differences in big five personality traits across 55 cultures. *Journal of Personality and Social Psychology, 94*(1), 168-182.

Stanovich, K. E. (1986). Matthew effects in reading: Some consequences of individual differences in the acquisition of literacy. *Reading Research Quarterly, 21*(4), 360-407.

Steinkamp, M. W. & Maehr, M. L. (1984). Gender differences in motivational orientations toward achievement in school Science: A quantitative synthesis. *American Educational Research Journal, 21*(1), 39-59.

Stoet, G. & Geary, D. C. (2013). Sex differences in Mathematics and Reading achievement are inversely related: Within- and across-nation assessment of 10 years of PISA data. *PLoS ONE, 8*(3), e57988.

6. Παράρτημα

Χαρακτηριστικά των μελετών που συμπεριλήφθηκαν στη μετα-ανάλυση

Μελέτη	*Αναφορά*	*Ηλικία*
Cahan et al., 2014	Cahan, S., Barneron, M. & Kassim, S. (2014). Gender differences in school achievement: A within-class perspective. *International Studies in Sociology of Education, 24*(1), 3-23.	11
Greenfield, 1996	Greenfield, T. A. (1996). Gender, ethnicity, science achievement, and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching, 33*(8), 901-933.	9, 12, 14, 16

Μελέτη	*Αναφορά*	*Ηλικία*
Lee & Burkam, 1996	Lee, V. E. & Burkam, D. T. (1996). Gender differences in middle grade Science achievement: Subject domain, ability level, and course emphasis. *Science Education, 80*(6), 613-650.	14
El Hassan, 2001	El Hassan, K. (2001). Gender issues in achievement in Lebanon. *Social Behavior and Personality, 29*(2), 113-124.	14, 18
Frederickson & Petrides, 2008	Frederickson, N. & Petrides, K. V. (2008). Ethnic, gender, and socio-economic group differences in academic performance and secondary school selection: A longitudinal analysis. *Learning and Individual Differences, 18*(2), 144-151.	17
PISA, 2000	OECD (2003). *Literacy Skills for the World of Tomorrow: Further Results from PISA 2000*. Paris: OECD Publishing.	15
PISA, 2006	OECD (2009). *Equally prepared for life? How 15-year-old boys and girls perform in school*. Paris: OECD Publishing.	15
PISA, 2009	OECD (2010). *PISA 2009 Results: What students know and can do – Student performance in Reading, Mathematics and Science* (Vol. 1). Paris: OECD Publishing.	15
PISA, 2012	OECD (2015). *The ABC of Gender Equality in Education: Aptitude, behaviour, confidence*. OECD Publishing.	15
TIMSS, 1995	Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Beaton, A. E., Gonzalez, E. J., Kelly, D. L. & Smith, T. A. (1998). *Mathematics and Science achievement in the final year of secondary school: IEA's Third International Mathematics and Science Study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA: Boston College.	9, 10, 13, 14, 17
TIMSS, 1999	Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Gonzalez, E. J., Gregory, K. D., Garden, R. A., O'Connor, K. M., Chrostowski, S. J. & Smith, T. A. (2000). *TIMSS 1999 international Mathematics report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the eighth grade*. Chestnut Hill, MA: Boston College.	14
TIMSS, 2003	Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Gonzalez, E. J. & Chrostowski, S. J. (2004). *TIMSS 2003 international Mathematics report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the fourth and eighth grades.* Chestnut Hill, MA: Boston College.	10, 14
TIMSS, 2007	Mullis, I. V. S., Martin, M. O. & Foy, P. (2008). *TIMSS 2007 international Mathematics report: Findings from IEA's Trends in International Mathematics and Science Study at the fourth and eighth grades*. Chestnut Hill, MA: Boston College.	10, 14
TIMSS, 2011	Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P. & Arora, A. (2012). *TIMSS 2011 international results in Mathematics*. Chestnut Hill, MA: Boston College.	10, 12, 14, 15

ΨΗΦΙΑΚΗ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΤΟΥ ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΟΥ ΠΙΝΑΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ. ΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΙΑΜΟΙΡΑΣΜΟΥ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΑΡΧΕΙΩΝ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ.

Κωνσταντίνος Μιτζήθρας, Γεώργιος Καλκάνης

ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Η χρήση των Διαδραστικών Πινάκων έχει γενικευτεί τα τελευταία χρόνια και στη χώρα μας. Πολλές σχολικές μονάδες τόσο της Πρωτοβάθμιας όσο και της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν το νέο αυτό τεχνολογικό μέσο, προκειμένου να αυξήσουν τα μαθησιακά οφέλη των μαθητών. Παρ' ολ' αυτά έχει διαπιστωθεί πως είναι λίγες οι φορές όπου ένας Διαδραστικός Πίνακας χρησιμοποιείται με τέτοιο τρόπο που να αξιοποιούνται όλες του οι δυνατότητες και κυρίως η χρήση του περιορίζεται σε μια απλή επιφάνεια προβολής. Στην παρούσα εργασία επιχειρούμε να διερευνήσουμε τη δυναμική της καταγραφής ενός μαθήματος των Φυσικών του Δημοτικού, υπό μορφή βίντεο μέσω της σχετικής εγκατεστημένης εφαρμογής των Διαδραστικών Πινάκων και να αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα του διαμοιρασμού αυτού του ψηφιακού υλικού σε μαθητές και εκπαιδευτικούς.

Abstract

The use of interactive whiteboard has become widespread in recent years in our country. Many schools of both the Primary and Secondary Education have started using this new technological tool in order to increase the learning benefits for the students. Yet it has found that there are few times when an Interactive Whiteboard is used in such a way as to exploit all of its possibilities and its use is restricted to a simple projection surface. In this paper we attempt to investigate the potential of video recorded courses of Physics in Primary schools, through the relevant application installed in interactive whiteboards and evaluate the results of this sharing of digital material for students and teachers.

1. Εισαγωγή

Ο Διαδραστικός Πίνακας τα τελευταία χρόνια έτυχε μεγάλης προβολής στη χώρα μας, με αποτέλεσμα πολλές σχολικές μονάδες της Πρωτοβάθμιας και της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης να προχωρήσουν στην αγορά του.

Παρότι όμως το συγκεκριμένο τεχνολογικό μέσο εντάχθηκε στις σχολικές αίθουσες, δεν είναι βέβαιο πως όσοι επιθυμούν να το χρησιμοποιήσουν ή ακόμη και το χρησιμοποιούν, γνωρίζουν ακριβώς τις δυνατότητές του και τον τρόπο που μπορεί να αλλάξει το μάθημα (Karsenti 2016, Αναστασιάδης κ.ά. 2011).

Σε σχετικές έρευνες τόσο στο εξωτερικό (BECTA 2003, Karsenti 2016) αλλά –πιο περιορισμένα- και στη χώρα μας (Μιτζήθρας 2011) φαίνεται καθαρά πως ο Διαδραστικός

Πίνακας κυρίως αξιοποιείται για την εύκολη καταγραφή μέσω της ειδικής γραφίδας πάνω σε ψηφιακά αρχεία (Beauchamp 2005) και εντέλει τις περισσότερες φορές καταλήγει να είναι μια απλή επιφάνεια προβολής (Μιτζήθρας 2015).
Μια από τις δυνατότητες του Διαδραστικού Πίνακα που σχεδόν αγνοείται (Bell M. A. 2002) αλλά φαίνεται πως με την κατάλληλη αξιοποίησή της μπορεί να έχει μεγάλη δυναμική (Millum 2014) είναι η ψηφιακή καταγραφή των μαθημάτων μέσω του σχετικού λογισμικού που είναι εγκατεστημένο σχεδόν σε κάθε Διαδραστικό Πίνακα με την αγορά του.
Η ψηφιακή καταγραφή ενός μαθήματος δεν είναι κάτι καινούριο. Θα πρέπει όμως εδώ να παρουσιάσουμε τι διαφορετικό γίνεται με τον Διαδραστικό Πίνακα. Το προεγκατεστημένο λογισμικό καταγραφής βίντεο του Διαδραστικού Πίνακα, δημιουργεί ψηφιακά αρχεία με όλο το υλικό που παρουσιάστηκε σε αυτόν, με κάθε σημείωση που έγινε από τον εκπαιδευτικό και τους μαθητές, με όλες τις παρεμβάσεις, διορθώσεις, αναθεωρήσεις, καταγραφές που συνέβησαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος πάνω στην οθόνη αφής, κλπ, ενώ παράλληλα αν υπάρχει συνδεδεμένο και μικρόφωνο, καταγράφει και όλα τα σχόλια, τις παρατηρήσεις, τις διαβουλεύσεις, τις απορίες, κλπ μεταξύ μαθητών και εκπαιδευτικού. Επιπλέον το εικονίδιο ενεργοποίησης της καταγραφής είναι εύκολο να χρησιμοποιηθεί από την εργαλειοθήκη του Διαδραστικού Πίνακα, με ένα απλό πάτημα στην επιφάνεια αφής.
Στην παρούσα εργασία επιχειρούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτή τη δυνατότητα του Διαδραστικού Πίνακα στο μάθημα των Φυσικών του Δημοτικού Σχολείου και να προτείνουμε τρόπους εκπαιδευτικής αξιοποίησης των καταγραφέντων ψηφιακών αρχείων που προέκυψαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος.
Συνεπώς τα ερευνητικά μας ερωτήματα είναι:
α) Μπορεί η καταγραφή μαθημάτων των Φυσικών στο Δημοτικό με τη μορφή ψηφιακών αρχείων μέσω του Διαδραστικού Πίνακα, να βοηθήσει την εκπαιδευτική διαδικασία;
β) Με ποιους τρόπους μπορεί να αξιοποιηθούν τα παραπάνω ψηφιακά αρχεία ώστε να αυξηθούν τα μαθησιακά οφέλη για τους μαθητές;

2. Μεθοδολογία

Για να μπορέσουμε να μελετήσουμε τις δυνατότητες αξιοποίησης καταγραφέντων ψηφιακών αρχείων όπως αυτά προέκυψαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος, εργαστήκαμε ως εξής:

- Επιλέξαμε μια ενότητα από το βιβλίο των Φυσικών της Ε΄ τάξης. Η ενότητα που επιλέχθηκε ήταν της Θερμότητας, αφού προσφέρεται για την προβολή επιπλέον υλικού μέσω του Διαδραστικού Πίνακα.
- Δημιουργήσαμε ψηφιακά φύλλα εργασίας τα οποία εκμεταλλεύονται πλήρως τις δυνατότητες του Διαδραστικού Πίνακα. Αυτό σημαίνει πως ό,τι παρουσιάστηκε ήταν πλήρως διαδραστικό τόσο για καταγραφή μέσω του ειδικού στυλό, όσο και για μετακίνηση, μετατροπή και αλληλεπίδραση από τους μαθητές. Να σημειωθεί πως δεν καταργήσαμε το σχολικό εγχειρίδιο, αλλά βασιζόμενοι πάνω σε αυτό προσθέσαμε επιπλέον υλικό. Συνεπώς όλη η εκπαιδευτική μεθοδολογία, τα βήματά της και το προτεινόμενο υλικό, χρησιμοποιήθηκε σχεδόν απόλυτα μαζί με δικές μας προσθήκες που θα βοηθούσαν τους μαθητές. Το επιπλέον υλικό που χρησιμοποιήθηκε αφορούσε σε δυναμικές προσομοιώσεις του μικρόκοσμου, σε διαδραστικές δραστηριότητες πειραματισμού και εμπέδωσης/γενίκευσης, σε προβολή εικόνων και βίντεο που βοηθούσαν τους μαθητές να εκφράσουν τις απόψεις τους και να προβληματιστούν.
- Καταγράψαμε ψηφιακά το μάθημα μέσω του προεγκατεστημένου σχετικού λογισμικού του Διαδραστικού Πίνακα, χρησιμοποιώντας και μικρόφωνο. Να διευκρινιστεί πως καταγράφεται ό,τι υπάρχει στην διαδραστική οθόνη ως κείμενο, εικόνα, βίντεο,

προσομοίωση, κλπ, καθώς και ό,τι συμβαίνει σε αυτή όπως οι παρεμβάσεις των μαθητών πάνω στη διαδραστική επιφάνεια, όπως επίσης και οι σχετικοί διάλογοι. Δεν καταγράφονται πρόσωπα ή κινήσεις, μόνο ότι συμβαίνει στην διαδραστική επιφάνεια.

- Στη συνέχεια δώσαμε τα ψηφιακά αρχεία καταγραφής σε 10 μαθητές (ομάδα Α) που δεν ήταν στην τάξη, σε 10 μαθητές που παρακολούθησαν το μάθημα (ομάδα Β) και σε 4 συναδέλφους εκπαιδευτικούς (ομάδα Γ).
- Από την κάθε ομάδα περιμέναμε διαφορετικά πράγματα. Από τους μαθητές που δεν ήταν στην τάξη ζητήσαμε αφού δουν το βίντεο με όλο το μάθημα και τις διαδικασίες που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκειά του να μας απαντήσουν σε μια σειρά ερωτήσεων, ώστε να ελέγξουμε αν με αυτόν τον τρόπο μπόρεσαν να αποκτήσουν μια εικόνα της διδαχθείσας ενότητας. Από τους μαθητές που παρακολούθησαν το μάθημα ζητήσαμε αφού δουν το βίντεο, να καταγράψουν ποια σημεία θεωρούν πως δεν είχαν κατανοήσει/αφομοιώσει/προσέξει αρκετά κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Από τους εκπαιδευτικούς ζητήσαμε να δουν τα βίντεο και να προχωρήσουν σε παρατηρήσεις σχετικά με τον τρόπο που έγινε το μάθημα, με το υλικό που προβλήθηκε και με τη συνολική εκπαιδευτική διαδικασία.
- Στο τέλος με ειδικά ερωτηματολόγια ανά ομάδα, προσπαθήσαμε να ομαδοποιήσουμε τις απαντήσεις που κατεγράφησαν από μαθητές και εκπαιδευτικούς ώστε να βγάλουμε τα τελικά συμπεράσματα. Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν αφού είχε τελειώσει η διδακτική παρέμβαση και μαθητές και εκπαιδευτικοί είχαν δει τα βίντεο.

3. Αποτελέσματα

Τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν στους μαθητές της Α ομάδας (10 μαθητές που δεν ήταν στην τάξη) περιελάμβαναν:

• Ερωτήσεις ελέγχου κατανόησης του γνωστικού αντικειμένου της μορφής σωστού-λάθους ή πολλαπλής επιλογής.

• Σχεδιασμό μορίων σε διάφορες φυσικές καταστάσεις (στερεά, υγρά και αέρια σώματα).

• Ερωτήσεις εμπέδωσης/γενίκευσης από το σχολικό εγχειρίδιο.

• Ερωτήσεις εμπέδωσης/γενίκευσης για να ερμηνευτούν φαινόμενα της καθημερινής ζωής που δεν αναφέρονται στο σχολικό εγχειρίδιο και απαιτούν γνώσεις της διδαχθείσας ενότητας.

Για την ομάδα Α (10 μαθητές που δεν ήταν στην τάξη):

- Απάντησαν σωστά στο 75% των ερωτήσεων κατανόησης του διδαχτικού αντικειμένου.
- Απάντησαν σωστά στο 75% των ερωτήσεων εμπέδωσης/γενίκευσης από το σχολικό εγχειρίδιο.
- Απάντησαν σωστά στο 60% των ερωτήσεων εμπέδωσης/γενίκευσης που αφορούσε στην εξήγηση φαινομένων της καθημερινής ζωής και σχετίζονταν με τη διδαχθείσα ενότητα.
- Μπορούσαν να περιγράψουν σωστά την πειραματική διαδικασία και τα συμπεράσματα που προέκυπταν από αυτή, παρότι δεν παρακολούθησαν το μάθημα.
- Όλοι οι μαθητές είχαν σωστά συμπληρωμένα τα φύλλα εργασίας του σχολικού βιβλίου, τόσο στα πεδία των πειραματικών δεδομένων/καταγραφών, όσο και στα πεδία της διατύπωσης συμπερασμάτων.

Τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν στους μαθητές της Β ομάδας (10 μαθητές που ήταν στην τάξη) ήταν τα ίδια με αυτά της Α ομάδας και επιπλέον:

• Ερωτήσεις που έλεγχαν το κατά πόσο οι μαθητές βοηθήθηκαν και σε ποιους τομείς με την χρήση από μέρους τους των ψηφιακών αρχείων (βίντεο) του μαθήματος.

Για την ομάδα Β (10 μαθητές που ήταν στην τάξη)

- Απάντησαν σωστά στο 90% των ερωτήσεων κατανόησης του διδαχτικού αντικειμένου.
- Απάντησαν σωστά στο 85% των ερωτήσεων εμπέδωσης/γενίκευσης από το σχολικό εγχειρίδιο.
- Απάντησαν σωστά στο 80% των ερωτήσεων εμπέδωσης/γενίκευσης που αφορούσε στην εξήγηση φαινομένων της καθημερινής ζωής και σχετίζονταν με τη διδαχθείσα ενότητα.
- Όλοι οι μαθητές ανέφεραν πως αφού είδαν ξανά το βίντεο σημείωσαν σημεία που είτε δεν είχαν καταλάβει επαρκώς, είτε δεν είχαν αφομοιώσει.
- Όλοι οι μαθητές ανέφεραν πως η επισκόπηση του μαθήματος μέσω του βίντεο τους βοήθησε με κάποιον τρόπο.
- Οχτώ στους δέκα μαθητές ανέφεραν πως εμπέδωσαν καλύτερα την διδαχθείσα ενότητα μετά την επισκόπηση του βίντεο.
- Επτά στους δέκα μαθητές ανέφεραν πως το ψηφιακό αρχείο τους βοήθησε ή θα τους βοηθήσει σε μελλοντική επανάληψη.

Το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στην Γ ομάδα (4 εκπαιδευτικοί) περιελάμβανε:

• Ερωτήσεις σχετικά με τον τρόπο χρήσης του ψηφιακού υλικού.

• Ερωτήσεις σχετικά με την αξιολόγηση από τους εκπαιδευτικούς του υλικού αλλά και της όλης δράσης.

• Προτάσεις για περαιτέρω χρήση, διαμοιρασμό, του υλικού.

Για την ομάδα Γ (4 εκπαιδευτικοί)

- Οι εκπαιδευτικοί αφού είδαν το βίντεο προχώρησαν σε προτάσεις προσθήκης υλικού, αντικατάστασης αλλά και αφαίρεσης προς όφελος της εκπαιδευτικής διαδικασίας.
- Αξιολόγησαν ως πολύ θετικό σημείο την δημιουργία ανάλογων ψηφιακών αρχείων και διαμοιρασμού τους σε μέλη της εκπαιδευτικής κοινότητας.
- Συμφώνησαν στη δημιουργία ψηφιακής βιβλιοθήκης ανάλογων αρχείων για χρήση από όλη τη σχολική μονάδα.
- Συμφώνησαν για δημιουργία ιστοσελίδας προκειμένου ο διαμοιρασμός να διευκολυνθεί και να διευρυνθεί πέραν των ορίων του σχολείου.
- Αξιολόγησαν ως πολύ θετικό την διανομή σχετικών αρχείων σε μαθητές που λείπουν από κάποια μαθήματα, σε μαθητές που δυσκολεύονται σε κάποιες ενότητες, αλλά και στους υπόλοιπους μαθητές ως σημείο αναφοράς της ύλης που διδάχθηκε.

4. Συμπεράσματα

Από την μελέτη όλων των παραπάνω προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Η χρήση και ο διαμοιρασμός ψηφιακών αρχείων καταγραφής μέσω του Διαδραστικού Πίνακα βοηθά σημαντικά μαθητές που για οποιονδήποτε λόγο δεν έχουν παρακολουθήσει κάποιο μάθημα.
- Βοηθά επίσης σημαντικά και τους μαθητές που παρακολούθησαν το μάθημα αφού λειτουργεί ως σημείο αναφοράς, που εύκολα μπορεί να ανατρέξει ο μαθητής για να διασαφηνίσει κάτι.
- Η υπενθύμιση ενοτήτων και η επανάληψη γίνεται πολύ πιο ουσιαστικά, αφού προβάλλεται μέσω του βίντεο, το αυθεντικό, πρωτότυπο υλικό λόγου και γραφής που έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια του μαθήματος και όχι ότι απλά θυμάται ο μαθητής.
- Οι αναφορές από τον εκπαιδευτικό και τους μαθητές σε συγκεκριμένα (και πολλές φορές δύσκολα) σημεία του μαθήματος είναι πιο ακριβείς και στοχευμένες, αφού η ανάκλησή τους συνοδεύεται και από το αντίστοιχο οπτικοακουστικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε ή/και παράχθηκε κατά τη διάρκεια του μαθήματος.
- Η δυνατότητα αξιολόγησης και αναστοχασμού της διδακτικής διαδικασίας, με χρήση του πρωτότυπου υλικού που χρησιμοποιήθηκε, μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικές βελτιώσεις, μέσω των ανάλογων και κατάλληλων προσθηκών/βελτιώσεων, οι οποίες θα βοηθήσουν στην εξατομίκευση της διδασκαλίας και θα ανταποκρίνονται στις ανάγκες της τάξης.
- Ο διαμοιρασμός των αρχείων μεταξύ εκπαιδευτικών αυξάνει σημαντικά την ποιότητα του εκπαιδευτικού έργου, αφού περισσότεροι εκπαιδευτικοί βλέποντας τα βίντεο μπορούν να πάρουν ιδέες, να αλλάξουν πράγματα, να προτείνουν βελτιώσεις.
- Η δυνατότητα ανάρτησης των συγκεκριμένων αρχείων σε ιστοσελίδα εκπαιδευτικού περιεχομένου, αυξάνει ακόμη περισσότερο τη δυναμική του όλου εγχειρήματος, αφού πλέον οι προτάσεις, οι ιδέες, οι αντιρρήσεις, οι καινοτομίες που απορρέουν από μια τέτοια δράση, εκτίθενται σε ολόκληρη την εκπαιδευτική κοινότητα για περαιτέρω συζήτηση, προβληματισμό, διορθώσεις και ιδέες.

5. Βιβλιογραφία

Αναστασιάδης Π. κ.ά. (2011). Ο διαδραστικός πίνακας στην τάξη – θεωρητικό πλαίσιο και εκπαιδευτικά σενάρια, Επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση και την εφαρμογή των ΤΠΕ στη διδακτική πράξη.

ΔΕΠΠΣ και ΑΠΣ (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών των Φυσικών Επιστημών (για το Δημοτικό και το Γυμνάσιο) και Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών για το μάθημα «Ερευνώ το Φυσικό Κόσμο», ΦΕΚ 303Β/13-03-2003 και ΦΕΚ 304Β/13-03-2003.

Καλκάνης Γ. Θ. κ.ά. (2007β). Σειρά Επεισοδίων Εκπαιδευτικής Τηλεόρασης: "με το μικρόΚοσμο εξηγώ … 1. τη Θερμότητα και τη Θερμοκρασία των Σωμάτων, 2. την Εξάτμιση, το Βρασμό και την Υγροποίηση των Σωμάτων, 3. την Τήξη και την Πήξη των Σωμάτων, (βλ. http://www.edutv.ypepth.gr), Εργαστήριο ΦΕΤΠ Πανεπιστημίου Αθηνών, Ερευνητές Α.Ε., Εκπαιδευτική Ραδιοτηλεόραση / Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Αθήνα.

Μιτζήθρας Κ., Καλκάνης Γ. Θ. (2011). Διαδραστικός Πίνακας – "Πανάκεια" ή, απλώς, "Εργαλείο"; – στην Εκπαίδευση Φοιτητών στις Φυσικές Επιστήμες, Αλεξανδρούπολη.

Μιτζήθρας Κ., Καλκάνης Γ. (2013). Ένα πλήρες Διαδραστικό Περιβάλλον με Δυναμικές Προσομοιώσεις του μικροΚόσμου για την Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, Βόλος.

Μιτζήθρας Κ., Καλκάνης Γ. (2015). Χρησιμοποιώντας ένα διαδραστικό σύστημα χαμηλού κόστους για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Ιδιοκατασκευή, εφαρμογή, αξιολόγηση, 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.

Νιάρρου, Β., Γρουσουζάκου, Ε. (2007). Ο Διαδραστικός Πίνακας στην Εκπαίδευση, πρακτικά του 4ου Συνεδρίου «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση» στη Σύρο.

Ράπτης Α., Ράπτη Α., (2010). Μάθηση και Διδασκαλία στην εποχή της πληροφορίας, Αθήνα.

Beauchamp, G. & Parkinson, J. (2005). Beyond the ‘wow’ factor: developing interactivity with the interactive whiteboard.

Bell, M. A. (2002).Why use an interactive whiteboard? A baker’s dozen reasons!

BECTA (2003) *What the Research Says About Interactive Whiteboards.*

Hennessy, S., Ruthven, K. & Brindley, S. (2005). Teacher perspectives on integrating ICT into subject teaching: commitment, constraints, caution, and change. *Journal of curriculum studies*, *37*(2), 155-192.

Haldane, M. (2007). Interactivity and the digital whiteboard: weaving the fabric of learning. *Learning, Media and Technology*, *32*(3), 257-270.

KARSENTI, T. (2016). The Interactive Whiteboard (IWB): Uses, Benefits, and Challenges. *Library and Archives Canada, ISBN*, 978-2.

Millum, T. & Warren, C. (2014). *Sharing not staring: 21 interactive whiteboard lessons for the English classroom*. Routledge.

ΟΙ ΑΠΟΨΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΑ ΣΧΟΛΙΚΑ ΒΙΒΛΙΑ ΧΗΜΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

Σοφία Κασιάρα, Λεμονιά Αντώνογλου, Μιχάλης Σιγάλας

Τμήμα Χημείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Στη παρούσα εργασία διερευνήθηκε η ικανότητα εκπαιδευτικών των Φυσικών Επιστημών να αναγνωρίζουν τις πολλαπλές αναπαραστάσεις, να αντιλαμβάνονται τις λειτουργίες τους και να δημιουργούν συνδέσεις μεταξύ αυτών μέσα από αποσπάσματα των σχολικών βιβλίων Χημείας. Επιπλέον, διερευνήθηκαν οι απόψεις των εκπαιδευτικών για το ρόλο των πολλαπλών αναπαραστάσεων στη διδασκαλία της Χημείας. Για να επιτευχθούν οι στόχοι της εργασίας συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν μία πληθώρα από ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες αναγνωρίζουν και δημιουργούν συνδέσεις μεταξύ των αναπαραστάσεων και θεωρούν τις πολλαπλές αναπαραστάσεις των σχολικών βιβλίων χρήσιμα εργαλεία για τους ίδιους και τους μαθητές τους.

Abstract

In the present study, we investigated Science teachers' ability to recognize the types of representations in Chemistry text books and to make connections among them and also, the chemists' views about the role and the employment of multiple representations in text books in teaching and learning Chemistry. We collected data from open and close type questionnaires and the application of eye- tracking and think aloud protocol methodology. In conclusion, the chemists comprehend and are able to make connections among the representations of Chemistry text books and they consider the employment of multiple representations for both themselves and students.

1. Εισαγωγή

Οι πολλαπλές χημικές αναπαραστάσεις στα σχολικά βιβλία Χημείας αποτελούν «οπτικοποιήσεις» των χημικών εννοιών, οι οποίες μπορούν να αναφέρονται στα τρία επίπεδα προσέγγισης της Χημείας, στο μακροσκοπικό, υπομικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο (Antonoglou et al. 2008). Αποτελούν βοηθητικό εργαλείο για τους μαθητές μέσω της απεικόνισης των εννοιών και στα τρία επίπεδα με στόχο την βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση της Χημείας (Ainsworth 2008) αλλά και για τους εκπαιδευτικούς στην καλύτερη περιγραφή των χημικών εννοιών και στην οργάνωση του μαθήματός τους (Gilbert & Treagust 2009, Kozma 2003). Οι τρεις βασικές λειτουργίες των πολλαπλών αναπαραστάσεων είναι: η συμπληρωματικότητα (complementary role), ο περιορισμός (constrain interpretation) και η δόμηση (construct deeper understanding) (Ainsworth 1999, 2006).

2. Μεθοδολογία/ Ερευνητικά ερωτήματα

Στόχοι της εργασίας

Στους στόχους της εργασίας είναι η διερεύνηση: i) της ικανότητας των εκπαιδευτικών να αναγνωρίζουν τα διαφορετικά είδη/ τύπους αναπαραστάσεων στα σχολικά βιβλία Χημείας, ii) της ικανότητας των εκπαιδευτικών να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στις πολλαπλές αναπαραστάσεις Χημείας του σχολικού βιβλίου, iii) των απόψεων των εκπαιδευτικών για το ρόλο των πολλαπλών αναπαραστάσεων, που περιέχονται στα σχολικά βιβλία για τη διδασκαλία και τη μάθηση της Χημείας, iv) των στάσεων των εκπαιδευτικών στην αξιοποίηση των πολλαπλών αναπαραστάσεων του σχολικού βιβλίου στη διδασκαλία τους. Για να επιτευχθούν οι στόχοι τις εργασίας συλλέχθηκαν και αναλύθηκαν μία πληθώρα από ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα.

Εργαλεία έρευνας

Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα προήλθαν από: i) την ανάλυση γραπτών απαντήσεων των εκπαιδευτικών σε ηλεκτρονικά ερωτηματολόγια ανοιχτού τύπου αναφορικά με τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες συγκεκριμένων χρησιμοποιούμενων αναπαραστάσεων των σχολικών βιβλίων Χημείας, ii) την εφαρμογή της μεθοδολογίας καταγραφής κινήσεων των οφθαλμών (eye tracking methodology) και του πρωτοκόλλου ομιλούντων υποκειμένων (think aloud protocol) στους εκπαιδευτικούς κατά τη διάρκεια παρατήρησης χαρακτηριστικών αποσπασμάτων των σχολικών βιβλίων με πολλαπλές αναπαραστάσεις και iii) τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών σε ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου της 5-βαθμης κλίμακας τύπου Likert για το ρόλο των πολλαπλών αναπαραστάσεων στη διδασκαλία της Χημείας.
Συγκεκριμένα, στη γραπτή δοκιμασία, ανατέθηκαν στους συμμετέχοντες αποσπάσματα με πολλαπλές αναπαραστάσεις των σχολικών βιβλίων Χημείας και τους δόθηκε σε ηλεκτρονική μορφή ένα ερωτηματολόγιο ανοιχτού τύπου σχετικά με τα είδη και τις λειτουργίες των αναπαραστάσεων των αποσπασμάτων αυτών.
Η μεθοδολογία καταγραφής κινήσεων των οφθαλμών (eye- tracking methodology) και του πρωτοκόλλου ομιλούντων υποκειμένων (think aloud protocol) εφαρμόστηκαν στους εκπαιδευτικούς κατά τη διάρκεια παρατήρησης χαρακτηριστικών αποσπασμάτων των σχολικών βιβλίων με πολλαπλές αναπαραστάσεις, για να μελετηθεί ο τρόπος επεξεργασίας των αναπαραστάσεων και η δημιουργία συνδέσεων μεταξύ αυτών από τους συμμετέχοντες (Rau 2015). Στην άσκηση του eye tracker υπήρχαν τα ίδια αποσπάσματα και τα ίδια ερωτήματα με αυτά της γραπτής δοκιμασίας, ενώ παράλληλα δόθηκε σε όλους τους συμμετέχοντες και ένα κοινό απόσπασμα από το σχολικό βιβλίο της Α Λυκείου με παρόμοια ερωτήματα για τις πολλαπλές αναπαραστάσεις.
Το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου για τις απόψεις των εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση των πολλαπλών αναπαραστάσεων αποτελούνταν από 18 ερωτήσεις.

Συμμετέχοντες – Εφαρμογή της έρευνας

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε στο Τμήμα Χημείας ΑΠΘ το ακαδημαϊκό έτος 2015-2016. Στην γραπτή δοκιμασία, καθώς και στη δοκιμασία με εφαρμογή της μεθοδολογίας eye-tracking συμμετείχαν 7 μεταπτυχιακοί φοιτητές στον τομέα της Χημικής Εκπαίδευσης. Το ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου διαμοιράστηκε στους 7 μεταπτυχιακούς φοιτητές και επιπλέον σε 13 εκπαιδευτικούς των Φυσικών Επιστημών (συνολικά 20 άτομα).

3. Αποτελέσματα

Γραπτή δοκιμασία

Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών ταξινομήθηκαν και κωδικοποιήθηκαν στις ακόλουθες ομάδες: μοριακό επίπεδο (υπομικροσκοπικό και συμβολικό), μακροσκοπικό επίπεδο. Από την ανάλυση των απαντήσεων παρατηρήθηκε ότι οι 7 συμμετέχοντες εντόπισαν και ανέλυσαν όλα τα διαθέσιμα είδη αναπαραστάσεων στα αποσπάσματα που τους δόθηκαν. Οι εκπαιδευτικοί είχαν την ικανότητα να περιγράφουν τις χημικές έννοιες και στα τρία επίπεδα αναπαράστασης δίνοντας έμφαση κυρίως στο υπομικροσκοπικό επίπεδο.

Δοκιμασία με εφαρμογή της μεθοδολογίας eye tracking

Οι μεθοδολογίες eye-tracking και think aloud protocol εφαρμόστηκαν για να μελετηθεί ο τρόπος επεξεργασίας των αναπαραστάσεων και η δημιουργία συνδέσεων μεταξύ αυτών από τους συμμετέχοντες (Rau 2015). Για την εξαγωγή πιο αναλυτικών και αξιόπιστων αποτελεσμάτων, ορίστηκαν στο απόσπασμα περιοχές ενδιαφέροντος (Εικόνα 1).

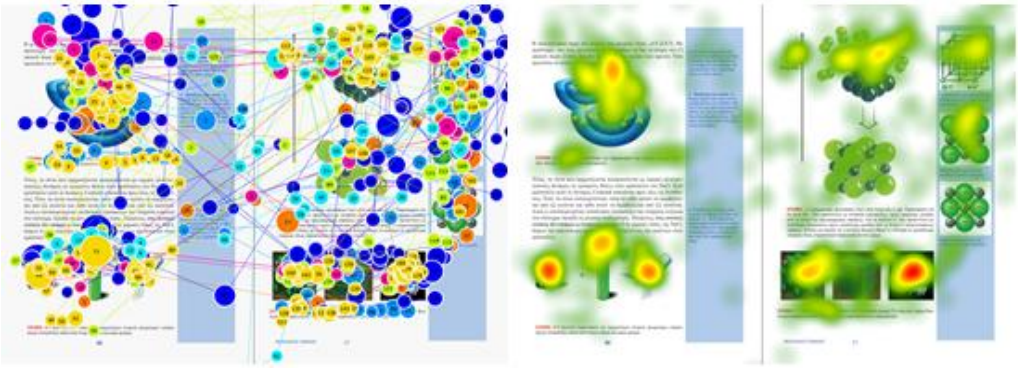
Εικόνα 1: Ορισμένες Περιοχές ενδιαφέροντος στο απόσπασμα του σχολικού βιβλίου, το οποίο εξέτασαν οι επτά συμμετέχοντες

Από τον eye- tracker ελήφθησαν ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα. Τα ποιοτικά δεδομένα παρουσιάζονται στα gazeplots και στα heatmaps.

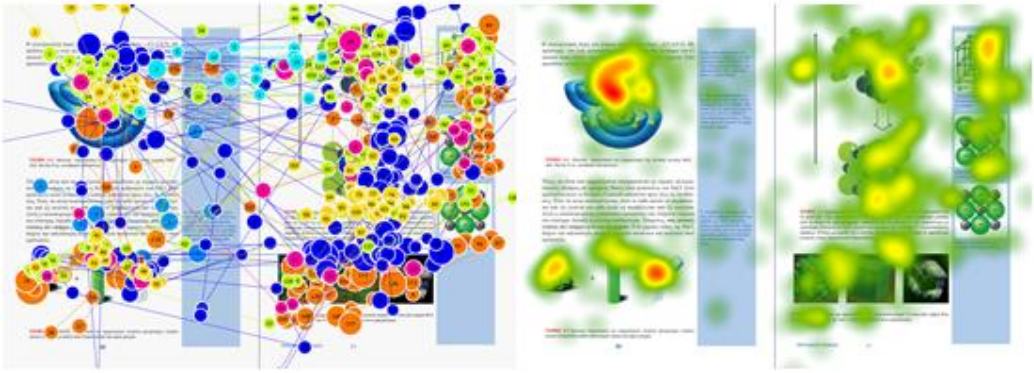
Στα heatmaps (Εικόνες 2 και 3) (δεξιά) φαίνονται οι περιοχές και τα σημεία πάνω στα αποσπάσματα του σχολικού βιβλίου όπου εστίασαν οι εκπαιδευτικοί. Με τη διαβάθμιση χρωμάτων απεικονίζονται οι χρόνοι εστίασης όπου με κόκκινο χρώμα παρουσιάζεται ο μεγαλύτερος χρόνος εστίασης.

Στα gazeplots (Εικόνες 2 και 3) (αριστερά) φαίνονται οι θέσεις εστίασης καθώς και η σειρά και ο χρόνος μετάβασης (έγχρωμες γραμμές) από το ένα σημείο εστίασης σε ένα άλλο που έκαναν οι εκπαιδευτικοί μεταξύ των περιοχών εστίασης πάνω στο απόσπασμα του σχολικού βιβλίου με τις πολλαπλές χημικές αναπαραστάσεις.

Εικόνα 2: Gazeplot (αριστερά) και Heatmap (δεξιά) κατά την παρατήρηση του κοινού αποσπάσματος των μεταπτυχιακών φοιτητών, για τον εντοπισμό των ειδών των περιεχόμενων αναπαραστάσεων (N=7)



Εικόνα 3: Gazeplot (αριστερά) και Heatmap (δεξιά) κατά την παρατήρηση του κοινού αποσπάσματος των μεταπτυχιακών φοιτητών, για τη δημιουργία συνδέσεων μεταξύ των περιεχόμενων αναπαραστάσεων (N=7)

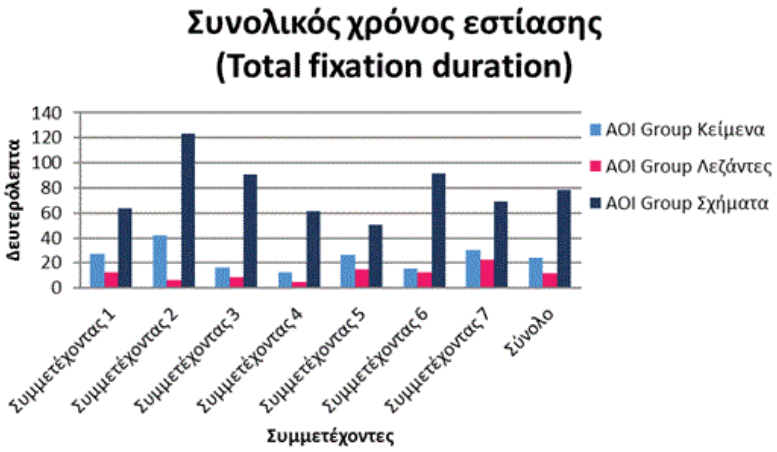


Από τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τον eye-tracker προκύπτει ότι οι επτά εκπαιδευτικοί εντοπίζουν, παρατηρούν και συνδέουν μεταξύ τους όλες τις εξεταζόμενες πολλαπλές αναπαραστάσεις. Στα heatmaps παρατηρείται ότι οι επτά συμμετέχοντες εντόπισαν όλα τα είδη των αναπαραστάσεων, δίνοντας έμφαση κυρίως στο υπομικροκοπικό επίπεδο (Εικόνες 2 και 3).

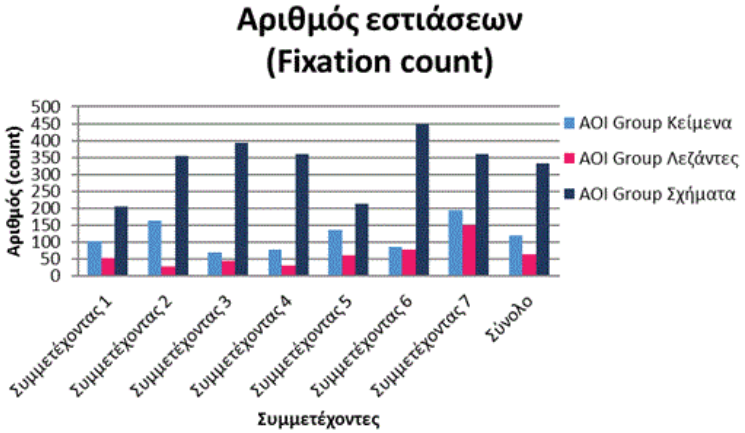
Στα gazeplots παρατηρείται ότι οι εκπαιδευτικοί πραγματοποίησαν συνδέσεις μεταξύ των αναπαραστάσεων του αποσπάσματος αλλά και μεταξύ των επιπέδων αναπαράστασης (Εικόνες 2 και 3).

Επίσης, από το διάγραμμα του συνολικού χρόνου εστίασης παρατηρείται πως οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί προτίμησαν να επεξεργάζονται περισσότερο τις αναπαραστάσεις του αποσπάσματος και όχι το κείμενο, καθώς ο συνολικός χρόνος εστίασης είναι μεγαλύτερος στις αναπαραστάσεις έναντι του κειμένου (Διάγραμμα 1). Στο διάγραμμα 2 παρουσιάζεται ο αριθμός εστιάσεων των εκπαιδευτικών, όπου αποδεικνύεται ότι επεξεργάστηκαν περισσότερο τις αναπαραστάσεις και όχι τόσο το κείμενο.

Διάγραμμα 1: Διαγραμματική απεικόνιση του συνολικού χρόνου εστίασης ανά περιοχή ενδιαφέροντος. Οι περιοχές ενδιαφέροντος παρουσιάζονται στην εικόνα 1.



Διάγραμμα 2: Διαγραμματική απεικόνιση του αριθμού εστιάσεων ανά περιοχή ενδιαφέροντος. Οι περιοχές ενδιαφέροντος παρουσιάζονται στην εικόνα 1.



Τα αποτελέσματα που ελήφθησαν από τη μεθοδολογία think aloud protocol ήταν όμοια με τα ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα από τον eye-tracker. Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων εντόπισε όλα τα είδη αναπαραστάσεων ενώ παράλληλα έδωσαν έμφαση στο υπομικροσκοπικό επίπεδο. Επίσης, κατά την μεγαλόφωνη περιγραφή των αναπαραστάσεων, είχαν την ικανότητα να δημιουργήσουν συνδέσεις μεταξύ των δοσμένων πολλαπλών αναπαραστάσεων αλλά και μεταξύ των τριών επιπέδων αναπαράστασης (μακροσκοπικό, υπομικροσκοπικό, συμβολικό).

Ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου

Από την ανάλυση των απαντήσεων των 20 συμμετεχόντων εκπαιδευτικών παρατηρήθηκε πως έχουν θετική στάση στη χρήση των πολλαπλών αναπαραστάσεων, καθώς θεωρούν ότι παρέχουν πολλές δυνατότητες στους ίδιους και στους μαθητές (Πίνακες 1 και 2).
Ειδικότερα, θεωρούν ότι οι αναπαραστάσεις παρέχουν τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να παρουσιάζουν ταυτόχρονα διάφορες όψεις μιας έννοιας ή ενός φαινομένου αλλά και τη

δυνατότητα να επιλέγουν την αναπαράσταση που ταιριάζει καλύτερα στους μαθητές τους ώστε να κατανοήσουν την έννοια ή το φαινόμενο (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Απαντήσεις στο ερώτημα 11 για τις δυνατότητες που παρέχουν στους εκπαιδευτικούς οι διαθέσιμες πολλαπλές αναπαραστάσεις των σχολικών βιβλίων Χημείας (N=20)

	Πάρα πολύ και πολύ (4 & 5)	**Μέτρια (3)**	**Λίγο και καθόλου (1 & 2)**
i. Τη δυνατότητα να παρουσιάζουν ταυτόχρονα διάφορες όψεις μίας έννοιας ή ενός φαινομένου	45%	45%	10%
ii. Τη δυνατότητα να επιλέγουν εκείνη την αναπαράσταση κάθε φορά μίας έννοιας ή ενός φαινομένου που ταιριάζει στους ίδιους καλύτερα για να την εξηγήσουν	40%	45%	15%
iii. Τη δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να επιλέγουν εκείνη την αναπαράσταση κάθε φορά μίας έννοιας ή ενός φαινομένου που ταιριάζει καλύτερα στους μαθητές τους για να την κατανοήσουν	45%	45%	10%

Οι συμμετέχοντες υποστηρίζουν ότι οι πολλαπλές αναπαραστάσεις παρέχουν στους μαθητές τη δυνατότητα να εξετάζουν ταυτόχρονα διάφορες όψεις μιας έννοιας ή φαινομένου, τη δυνατότητα να βλέπουν ανάμεσα στις αναπαραστάσεις τις σχέσεις ή τις αλληλεπιδράσεις ενώ παράλληλα τους παρέχουν μεγαλύτερο κίνητρο καθώς οι εικόνες και τα γραφικά προσελκύουν το ενδιαφέρον τους (Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Απαντήσεις στην ερώτηση 13 για τις δυνατότητες που παρέχουν στους μαθητές οι διαθέσιμες πολλαπλές αναπαραστάσεις των σχολικών βιβλίων Χημείας (N=20)

	Πάρα πολύ και πολύ (4 & 5)	**Μέτρια (3)**	**Λίγο και καθόλου (1 & 2)**
i. Τη δυνατότητα να εξετάσουν ταυτόχρονα διάφορες όψεις μίας έννοιας ή ενός φαινομένου	65%	30%	5%
ii. Τη δυνατότητα να δουν ανάμεσα στις αναπαραστάσεις τις μεταξύ τους σχέσεις και αλληλεπιδράσεις	60%	35%	5%
iii. Τη δυνατότητα να επιλέξουν εκείνη την αναπαράσταση που τους ταιριάζει καλύτερα για να κατανοήσουν της έννοια ή το φαινόμενο που μελετούν	45%	50%	5%
iv. Μεγαλύτερο κίνητρο να μελετήσουν καθώς οι εικόνες και τα γραφικά τους προσελκύουν την προσοχή και το ενδιαφέρον	60%	30%	10%

Επίσης, οι εκπαιδευτικοί ισχυρίζονται ότι οι πολλαπλές αναπαραστάσεις παρέχουν πολλές δυνατότητες όπως η οπτικοποίηση χημικών εννοιών, η προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών, η δημιουργία αυθεντικών καταστάσεων για τη μελέτη των χημικών εννοιών και φαινομένων, η σφαιρική μελέτη των χημικών θεωριών αλλά και η βαθύτερη κατανόησή τους (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Απαντήσεις στην ερώτηση 8 για τις δυνατότητες που παρέχουν οι διαθέσιμες πολλαπλές αναπαραστάσεις των σχολικών βιβλίων Χημείας (N=20)

	Πάρα πολύ και πολύ (4 & 5)	**Μέτρια (3)**	**Λίγο και καθόλου (1 & 2)**
i. Οπτικοποίηση χημικών εννοιών	90%	10%	0%
ii. Προσέλκυση ενδιαφέροντος των μαθητών	80%	20%	0%
iii. Εξοικονόμηση χρόνου	60%	30%	10%
iv. Ενεργό συμμετοχή των μαθητών	55%	45%	0%
v. Δημιουργία αυθεντικών καταστάσεων για τη μελέτη των χημικών εννοιών και φαινομένων (οι επιστήμονες χρησιμοποιούν πολλαπλές αναπαραστάσεις)	79%	21%	0%
vi. Δημιουργία κινήτρων για μάθηση	55%	45%	0%
vii. Σφαιρική μελέτη χημικών φαινομένων και θεωριών	75%	25%	0%
viii. Διερεύνηση των χημικών εννοιών και των φαινομένων	60%	40%	0%
ix. Βαθύτερη κατανόηση των χημικών εννοιών και φαινομένων	75%	25%	0%
x. Επίλυση προβλημάτων	52,6%	26,3%	21,1%

Επιπρόσθετα, υποστηρίζουν ότι χρησιμοποιούν συχνά τις πολλαπλές αναπαραστάσεις στην τάξη και παραπέμπουν τους μαθητές τους στην εξέταση και επεξεργασία των αναπαραστάσεων του σχολικού βιβλίου (Πίνακας 4).

Πίνακας 4: Απαντήσεις στην ερώτηση 15 και 16 για τη συχνότητα χρήσης των αναπαραστάσεων και την παρότρυνση των μαθητών στη χρήση τους (N=20)

	Πολύ συχνά και συχνά (4 & 5)	**Λίγο συχνά (3)**	**Σπάνια και ποτέ (1 & 2)**
Πόσο συχνά χρησιμοποιείται τις πολλαπλές αναπαραστάσεις μίας Χημικής έννοιας ή ενός φαινομένου του σχολικού βιβλίου κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας σας μέσα στην τάξη;	65%	25%	10%
Πόσο συχνά παραπέμπετε τους μαθητές σας να εξετάσουν τις πολλαπλές αναπαραστάσεις μίας Χημικής έννοιας ή ενός φαινομένου μέσα στο σχολικό βιβλίο;	75%	15%	10%

4. Συμπεράσματα

Ανάμεσα στα ευρήματα της έρευνας αυτής είναι: i) η ικανότητα των εκπαιδευτικών να αναγνωρίσουν όλα τα διαθέσιμα είδη αναπαραστάσεων των δοσμένων αποσπασμάτων του σχολικού βιβλίου, ii) η ικανότητά τους να δημιουργούν συνδέσεις μεταξύ των περιεχόμενων αναπαραστάσεων στα αποσπάσματα, δίνοντας κυρίως έμφαση στις αναπαραστάσεις του υπομικροσκοπικού επιπέδου καθώς και iii) η ευχέρεια τους στη χρήση της χημικής συμβολικής γλώσσας. Οι εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν θετική στάση στη χρήση των πολλαπλών αναπαραστάσεων κατά τη διδασκαλία της Χημείας, καθώς αποτελούν βοηθητικό

εργαλείο για την καλύτερη οργάνωση του μαθήματός τους ενώ παράλληλα παροτρύνουν τους μαθητές τους στη χρήση των αναπαραστάσεων του σχολικού βιβλίου καθώς τους ωφελεί στην κατανόηση των χημικών εννοιών και φαινομένων.

5. Βιβλιογραφικές αναφορές

Ainsworth, S. (2008). The Educational Value of Multiple-representations when Learning Complex Scientific Concepts. *Visualization: Theory and Practice in Science Education*, 191–208.

Ainsworth S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Elsevier, 16*, 183-198.

Ainsworth S. (1999). The functions of multiple representations. *Elsevier, 33*, 131- 152.

Antonoglou, L. D., Charistos, N. D. & Sigalas, M. P. (2008). Design of molecular visualization educational software for chemistry learning. *TB Scott and JI Livingston, Leading-edge educational technology*, 105-131.

Gilbert, J. & Treagust, D. (2009). *Multiple Representations in Chemical Education.* New York: Springer

Hoffmann, R. & Laszlo, P. (1991). Representation in Chemistry. *Angewandte Chemie, 30*, 1-112.

Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and instructions, 13*, 205- 226.

Rau, M. (2015). Enhancing undergraduate chemistry learning by helping students make connections among multiple graphical representations. *Chemistry Education Research and Practice, 16*, 654- 669.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΑΡΤΥΡΙΕΣ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Ελένη Καπελώνη[1], *Μιλτιάδης Τσίγκρης*[2]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2] Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ρεθύμνου

Σύνοψη εργαστηρίου

Το ερώτημα προέλευσης της ζωής, είναι σε μεγάλο βαθμό πρόβλημα χημείας. Οι επιστήμονες προτείνουν διάφορες θεωρίες για την προέλευση της ζωής με τη διαδικασία της αβιογένεσης. Η δημιουργία του πρώτου ζωντανού οργανισμού περιλαμβάνει ένα αριθμό σταδίων. Για κάθε στάδιο αναπτύξαμε και αντίστοιχα πειράματα, που εξοικειώνουν τον μαθητή με την εγγενή δυνατότητα της ανόργανης ύλης να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις φαινομένων των ζώντων κυττάρων. Ο κύκλος των χημικών αντιδράσεων αναπτύχτηκε και εφαρμόστηκε στο ΕΚΦΕ Ρεθύμνου κατά την διάρκεια τριών θερινών σχολείων με τίτλο «Υλη Ενέργεια και Ζωή». Ο κύκλος των αντιδράσεων αυτών στοχεύει στην εξοικείωση των μαθητών με χημικές αντιδράσεις, οι οποίες αναδεικνύουν ιδιότητες της ανόργανης ύλης, αντίστοιχες με ιδιότητες που συναντάμε στους ζωντανούς οργανισμούς. Η απαίτηση από την επιστήμη να μπορεί να ερμηνεύσει το φαινόμενο της ζωής, οδηγεί σε επέκταση των θεωριών σε νέους τομείς, με τους οποίους επιδιώκεται να έρθουν σε επαφή οι μαθητές.

Πείραμα 1: Πολυμερισμός. Σχηματισμός μικρών οργανικών μορίων από ανόργανα συστατικά στην προβιοτική σούπα και η περαιτέρω ένωση τους προς σχηματισμό μεγαλύτερων βιομορίων (πρωτεΐνες, RNA, λιπίδια) με πολυμερισμό (πείραμα Miller). Η εξοικείωση με τον πολυμερισμό, ως χημική διαδικασία, γίνεται μέσα από το πείραμα του σχηματισμού του nylon 6,10.

Πείραμα 2: Ημιπερατές μεμβράνες. Η δημιουργία ημιπερατών μεμβρανών, μέσα στις οποίες τα έγκλειστα συστατικά αντιδρούν για το σχηματισμό πολυπλοκότερων μορίων και διεργασιών, οπτικοποιείται και αναλύεται μέσα από το πείραμα της δημιουργίας του πυριτικού κήπου.

Πείραμα 3: Κατάλυση. Οπτικοποίηση της καταλυτικής δράσης, ελεγχόμενης αποδέσμευσης ενέργειας, μέσα από ένα πείραμα καταλυτικής οξείδωσης της ακετόνης.

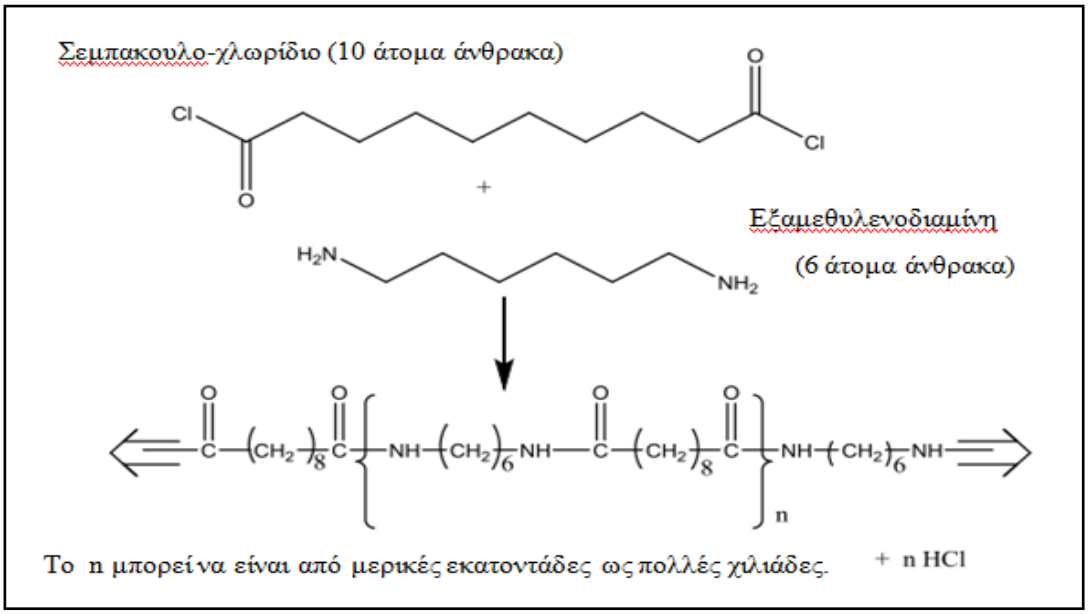
Πείραμα 4 και 5: Αυτοοργάνωση, αυτοκατάλυση, ανάδραση. Τα συστατικά των κυττάρων αυτοοργανώθηκαν σε ένα ανώτερο στάδιο και σχηματίστηκε ζωντανός οργανισμός με δυνατότητα μεταβολισμού και αναπαραγωγής. (Πείραμα 4: Αντίδραση Briggs Rausher και Πείραμα 5: Αντίδραση Belousov Zhabotinsky).

Δραστηριότητες εργαστηρίου.

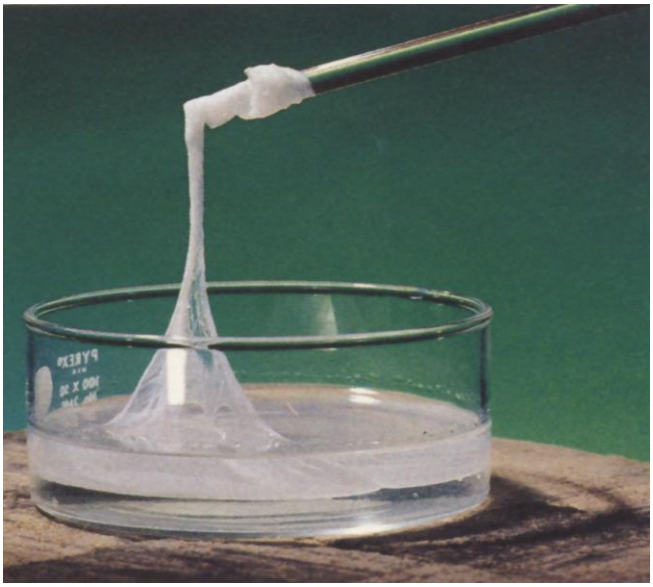
Πείραμα 1: Πολυμερισμός – Παρασκευή nylon 6,10

Πολυμερισμός ονομάζεται η συνένωση μικρών μορίων, που ονομάζονται μονομερή, προς σχηματισμό ενός μεγαλύτερου μορίου, που ονομάζεται πολυμερές. Ο πολυμερισμός συμπύκνωσης, μια μορφή του πολυμερισμού σταδιακής ανάπτυξης (step-growth polymerization), είναι μια διεργασία με την οποία τα μονομερή ενώνονται μαζί, καταλήγοντας στην απώλεια μικρών μορίων. Μια κατηγορία πολυμερών είναι τα Nylon. Πρωτοανακαλύφθηκαν το 1935 και είναι τα πρώτα βιομηχανικώς επιτυχή συνθετικά πολυμερή. Τα νάιλον παρασκευάζονται από επαναλαμβανόμενες μονάδες συνδεμένες με αμιδικούς δεσμούς και αναφέρονται συχνά ως πολυαμίδια (PA). Πρωτοδημιουργήθηκαν το 1935, από τον Carothers στις ερευνητικές εγκαταστάσεις της DuPont. Αποσκοπούσαν να γίνουν ένα συνθετικό υποκατάστατο του ακριβού μεταξιού σε στρατιωτικές εφαρμογές όπως στα αλεξίπτωτα κατά τον 2^{ο} Παγκόσμιο πόλεμο. Αυτό το νέο υλικό θα είχε πεπτιδικούς δεσμούς -CO-NH-, όπως αυτοί που υπάρχουν στο φυσικό μετάξι (ένα πρωτεϊνικό υλικό) που θα συνέδεαν τα δυο διαφορετικά μονομερή μεταξύ τους. Έτσι, σχηματίστηκε ένα ινώδες πολυμερές με μεγάλη ελαστικότητα, όπου μεταξύ των αλυσίδων του αναπτύσσονται ισχυροί δεσμοί υδρογόνου (McMurry 2012, Callister 2003).
Πειραματική διαδικασία: Παρασκευάζουμε τα διαλύματα με τα αντιδρώντα. Διάλυμα Α: 6 % w/w $H_2N(CH_2)_6NH_2$ και 2 %w/w NaOH υδατικό διάλυμα. Διάλυμα Β: Διαλύουμε 4 % w/w $ClCO-(CH_2)_8-COCl$ με διαλύτη το εξάνιο. Σε ένα μικρό ποτήρι ζέσεως ρίχνουμε 10 mL από το διάλυμα Α. Παίρνουμε 10 ml από το διάλυμα Β και ρίχνουμε προσεκτικά πάνω από το διάλυμα Α φροντίζοντας να μην προκληθεί ανάμειξη των δύο διαλυμάτων. Ο πολυμερισμός θα γίνει στην διεπιφάνεια των δυο διαλυμάτων και ένα λεπτό φιλμ από το πολυμερές θα σχηματιστεί (Εικόνα 1). Με μια μεταλλική λαβίδα πιάνουμε το φίλμ και το ανασηκώνουμε, οπότε σχηματίζεται ένα συνεχές νήμα που μπορούμε να το τυλίξουμε γύρω από την λαβίδα (Εικόνα 2) (Weaver 2013).

Εικόνα 1: Αντιδρώντα και χημική εξίσωση για την παρασκευή του Nylon 6,10



Εικόνα 2: Σχηματισμός nylon 6,10



Πείραμα 2: Πυριτικός κήπος

Τα «πυριτικά φυτά» ή «μεταλλικά δέντρα» παρατηρήθηκαν πρώτη φορά τον 17^{ο} αιώνα από τον γερμανό χημικό Glauber και μελετήθηκαν πρώτη φορά από το γερμανό χημικό Traube. Ο τελευταίος απέδειξε ότι οι ημιπερατές μεμβράνες μπορούσαν να παραχθούν τεχνητά και ήταν παρόμοιες με αυτές των φυτικών και ζωικών κυττάρων. Μια τέτοια ημιπερατή μεμβράνη από εξακυανοσιδηρικό χαλκό φτιάχτηκε από τον Traube και χρησιμοποιήθηκε από το γερμανό βοτανολόγο Pfeffer για τη μέτρηση της ωσμωτικής πίεσης. Αυτή η έρευνα ολοκληρώθηκε με το νόμο ωσμωτικής πίεσης του Van't Hoff: ΠV = nRT. Ο Γάλλος χημικός S. Leduc, στις αρχές του 20ού αιώνα, εντυπωσιάστηκε από τον «πυριτικό κήπο» και νόμισε ότι ανακάλυψε τη φυσικο-χημική επεξήγηση της απαρχής της ζωής. Οι θεωρίες του γρήγορα ξεπεράστηκαν. Το πείραμα έχει συνδεθεί με το φαινόμενο της ζωής πρόσφατα **από επιστήμονες που θεωρούν ότι η ζωή** ξεκίνησε σε υποθαλάσσια ηφαίστεια και υδροθερμικά κανάλια στα βάθη της θάλασσας όπου υγρά πλούσια σε μέταλλα από το εσωτερικό της γης βρίσκοντας διέξοδο στη θάλασσα, δημιούργησαν παρόμοιους πυριτικούς κήπους.
Το 1984 οργανώθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο σχολικός διαγωνισμός για πρόταση πειράματος που θα μπορούσε να γίνει στο διάστημα. Το πρώτο βραβείο πήρε ένα σχολείο από το Κεντ που πρότεινε τον «πυριτικό κήπο». Το πείραμα έγινε το 1992 στο διαστημόπλοιο Endeavour και τα αποτελέσματα εξέπληξαν. Τα «πυριτικά φυτά» είχαν πολύπλοκες δομές: σωλήνες και κοίλα σφαιροειδή και επίσης νέα δενδριτικά «δάκτυλα» τα οποία αυξάνονταν με συνεχή πλαστική παραμόρφωση (Jones et al. 1998). Η ανάπτυξη των «πυριτικών φυτών» σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας έχει τεράστια σημασία για τις επιστήμες ζωής όπου ο μεγάλος στόχος είναι η κατανόηση της δομής και λειτουργίας των βιολογικών συστημάτων σε ατομικό επίπεδο.
Πειραματική διαδικασία: Παρασκευάζουμε το διάλυμα πυριτικού νατρίου βράζοντας και αναδεύοντας 20 g πυριτικού νατρίου σε 80 mL νερό. Γεμίζουμε το ποτήρι ή το βάζο ή το δοκιμαστικό σωλήνα με το διάλυμα πυριτικού νατρίου. Τοποθετούμε προσεκτικά τους κρυστάλλους των αλάτων. Παρατηρούμε σχεδόν αμέσως τους κρυστάλλους να «φυτρώνουν» προς τα πάνω (Εικόνα 3).

Εικόνα 3: Πυριτικός κήπος

Εξήγηση: Καθώς το κάθε αλάτι διαλύεται, τα κατιόντα του μετάλλου συνδέονται με τα πυριτικά ανιόντα και σχηματίζουν μεμβράνες από δυσδιάλυτα πυριτικά άλατα γύρω από τον κρύσταλλο με αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης. Η μεμβράνη αυτή είναι ημιπερατή και το εσωτερικό της περιέχει λιγότερο νερό από το εξωτερικό και έτσι νερό περνά στο εσωτερικό της μεμβράνης λόγω ώσμωσης. Αυτό κάνει τη μεμβράνη να σπάει και περισσότερα μεταλλικά ιόντα έρχονται σε επαφή με τα πυριτικά ανιόντα σχηματίζοντας καινούρια μεμβράνη. Επίσης, το διάλυμα πυριτικού νατρίου είναι έντονα βασικό (προκύπτει από την ένωση διοξειδίου του πυριτίου SiO_2 και NaOH) και λόγω όσμωσης περνούν στο εσωτερικό της μεμβράνης και ανιόντα υδροξειδίου. Έτσι σχηματίζονται δυσδιάλυτα υδροξείδια μετάλλων που επικάθονται στο εσωτερικό της μεμβράνης κάνοντάς την πιο ανθεκτική και αυξάνοντας το πάχος της. Η μεμβράνη σπάει προς τα πάνω λόγω άνωσης: το διάλυμα του άλατος στο εσωτερικό της μεμβράνης είναι λιγότερο πυκνό από το διάλυμα του πυριτικού νατρίου. Έτσι δημιουργούνται χρωματιστά «φυτά» προς τα πάνω. Το χρώμα του κάθε «φυτού» εξαρτάται από το μέταλλο. Η διαδικασία συνεχίζεται μέχρι το αλάτι να διαλυθεί εντελώς ή μέχρι να φτάσει η μεμβράνη στην επιφάνεια του πυριτικού νατρίου (Cartwright et al. 2002).

Πείραμα 3: Καταλυτική οξείδωση ακετόνης

Οι πρωτοταγείς αλκοόλες οξειδώνονται σε αλδεΰδες και έπειτα σε οξέα. Οι δευτεροταγείς αλκοόλες οξειδώνονται σε κετόνες. Οι τριτοταγείς αλκοόλες και οι κετόνες δεν οξειδώνονται, παρά μόνο σε πολύ έντονες οξειδωτικές συνθήκες οπότε διασπώνται. Σε αυτό το πείραμα έχουμε οξείδωση της ακετόνης με διάσπασή της, με καταλύτη το οξείδιο του χαλκού.
Πειραματική διαδικασία: Βάζουμε 5 - 10 mL ακετόνης σε ένα μικρό ποτήρι ζέσεως. Παίρνουμε ένα χάλκινο σύρμα και φτιάχνουμε ένα οριζόντιο σπιράλ στην κάτω πλευρά. Φροντίζουμε ώστε να μπορεί να στηριχτεί στο ποτήρι και να φτάνει μέχρι 1 εκατοστό πάνω

από την ακετόνη. Ερυθροπυρώνουμε το σύρμα σε λύχνο και το τοποθετούμε προσεκτικά στο ποτήρι ζέσεως έτσι ώστε να είναι λίγο πιο πάνω από την επιφάνεια της ακετόνης. Παρατηρούμε το σύρμα του χαλκού να λάμπει συνεχώς, μέχρι να τελειώσει η ακετόνη. Προσοχή: η ακετόνη είναι πολύ εύφλεκτο υγρό! Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δωθεί ώστε να μην έρθει σε επαφή το καυτό σύρμα του χαλκού με την ακετόνη!
Εξήγηση: Ο χαλκός όταν ερυθροπυρώνεται οξειδώνεται και σχηματίζεται το οξείδιο του χαλκού (το οποίο λειτουργεί ως καταλύτης στην οξείδωση της ακετόνης): $Cu + ½ O_2 \rightarrow CuO$
Οι ατμοί της ακετόνης οξειδώνονται σε αιθενάλη και μεθάνιο ενώ το οξείδιο του χαλκού ανάγεται σε χαλκό: $CuO(s) + CH_3COCH_3(g) \rightarrow 2CH_2CO(g) + 2CH_4(g) + Cu(s) + ½O_2(g)$
Η συνολική αντίδραση είναι: $CH_3COCH_3(g) \rightarrow H_2C{=}C{=}O\ (g) + CH_4(g)$
Η αιθενάλη και το μεθάνιο οξειδώνονται περαιτέρω σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Η οξείδωση της ακετόνης, της αιθενόνης και του μεθάνιου είναι εξώθερμες αντιδράσεις. Έτσι το σύρμα χαλκού παραμένει καυτό και επανοξειδώνεται στον αέρα. Οι ατμοί της ακετόνης οξειδώνονται, το οξείδιο του χαλκού (μαύρο) ανάγεται σε χαλκό με μεταλλικό χρώμα, επαναλαμβάνοντας τον κύκλο μέχρι να τελειώσει η ακετόνη. Έτσι, το συρματάκι του χαλκού λάμπει μέχρι να τελειώσει η ακετόνη (Shakhashiri 1983, Lister 1995).
Είναι ένα καταλυτικό σύστημα με ετερογενή κατάλυση, όπου έχουμε ελεγχόμενη απελευθέρωση θερμότητας, ανάλογα με τη διαθέσιμη επιφάνεια του χαλκού και της ακετόνης.

Ταλαντούμενες χημικές αντιδράσεις (Briggs Rausher, Belousov Zhabotinsky)

Οι ταλαντούμενες χημικές αντιδράσεις είναι πολύ εντυπωσιακές αντιδράσεις και σπάνιες σε μη βιολογικά συστήματα. Σε ένα είδος ταλαντούμενων αντιδράσεων, ένα μείγμα χημικών ουσιών περνάει από μια σειρά χρωμάτων περιοδικά. Σε αυτές τις αντιδράσεις κάποια μόρια αλλάζουν τη χημική τους ταυτότητα συγχρόνως, σε τακτά χρονικά διαστήματα. Δηλαδή παρατηρούμε διεργασίες αυτοοργάνωσης που οδηγούν σε ανομοιογενείς δομές – ένα νέο τύπο τάξης, μια νέα συνάφεια, ένας μηχανισμός «επικοινωνίας» μεταξύ των μορίων. Αυτού του είδους η επικοινωνία αποτελεί τον κανόνα στον κόσμο της βιολογίας, μπορεί να ληφθεί ως βάση για τον ορισμό ενός βιολογικού συστήματος (Πριγκοζίν & Στέντζερς 1986).
Ίσως αυτό που κάνει τις ταλαντούμενες αντιδράσεις τόσο εντυπωσιακές είναι το γεγονός ότι αντιβαίνουν την κοινή λογική. Η εμπειρία μας λέει ότι οι χημικές αντιδράσεις «ολοκληρώνονται» όταν φτάνουν σε κάποιο τελικό σημείο (χημική ισορροπία). Σπάνια συναντάμε αντιδράσεις που καταλήγουν στο σημείο από όπου ξεκίνησαν και ακόμα πιο σπάνια συναντάμε αντιδράσεις που κάνουν την παραπάνω διαδικασία περιοδικά! Ίσως κάποιος φανταστεί ότι ένα φυσικό μοντέλο για τις ταλαντούμενες αντιδράσεις είναι το εκκρεμές. Το εκκρεμές ταλαντώνεται γύρω από τη θέση ισορροπίας του. Όμως, οι χημικές αντιδράσεις δεν ταλαντώνονται γύρω από τη θέση ισορροπίας τους (αυτό θα ήταν αντίθετο στο δεύτερο νόμο της θερμοδυναμικής). Οι ταλαντούμενες αντιδράσεις όμως είναι <u>συστήματα μακριά από την ισορροπία</u>. Μια ταλαντούμενη χημική αντίδραση εκτελεί τις χημικές ταλαντώσεις όσο έχει την ενέργεια που χρειάζεται. Όταν τελειώσει η ενέργεια ή κάποιο από τα αντιδρώντα, η αντίδραση φτάνει σε χημική ισορροπία. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό που έχουν αυτές οι αντιδράσεις είναι στον μηχανισμό τους που αποτελείται από πολλά βήματα και εμπεριέχει ανάδραση και κατάλυση – φαινόμενα που οδηγούν στην αυτοοργάνωση.
Ένα σύστημα μακριά από την ισορροπία γίνεται υπερβολικά ευαίσθητο σε εξωτερικές επιδράσεις και μπορεί να αναδιοργανωθεί με μη αναμενόμενους τρόπους. Ο συνδυασμός συστήματος μακριά από την ισορροπία όπου μικρές διαταραχές γίνονται γιγάντια κύματα με την ανάδραση οδηγεί στη συσχέτιση θετικών επιστημών με τις επιστήμες ζωής.

Το μεγάλωμα ενός φυτού ή η ανάπτυξη ενός εμβρύου γίνονται με τη βοήθεια πολύπλοκων φαινομένων που απαιτούν υψηλή οργάνωση ατόμων και μορίων. Μερικά χημικά συστήματα κάνουν χημικές ταλαντώσεις, χρονικές και χωρικές εμφανίζοντας αυθόρμητα φαινόμενα αυτοοργάνωσης, αυτοκατάλυσης και ανάδρασης, που αποτελούν συστατικές ιδιότητες των ζωντανών οργανισμών (Νικολής 1995). Η μελέτη αυτών των φαινομένων είναι πολύ σημαντική για την κατανόηση πιο πολύπλοκων συστημάτων που είναι μακριά από την ισορροπία και έχουν μεγάλη ευαισθησία στις αρχικές συνθήκες (χαοτικά). Τα συστήματα αυτά κατ' αρχήν αντιβαίνουν το 2ο νόμο της θερμοδυναμικής γιατί μειώνουν την εντροπία τους, και η διαδικασία συμβιβασμού τους με τις υπάρχουσες θεωρίες εξοικειώνει τους μαθητές με την αέναη αναζήτηση της επιστήμης πέρα από τις βεβαιότητες.
Σε ανοιχτά συστήματα που υπόκεινται σε συνεχή και έντονη εντροπιακή ροή προς το περιβάλλον, είναι δυνατόν το εντροπιακό ισοζύγιο να οδηγήσει στο σχηματισμό λειτουργικών δομών μεγάλης οργάνωσης και μεγάλης εντροπιακής παραγωγής. Οι ζώντες οργανισμοί θεωρούνται ακραία παραδείγματα τέτοιων λειτουργικών δομών (Οικονόμου 1995). Δηλαδή ενώ τα συστήματα παρουσιάζουν διαρροή ενέργειας και οδηγούνται σε καταστάσεις ομοιογένειας, η εξέλιξη παρουσιάζει το αντίθετο. Η ζωή προχωράει από το απλό στο σύνθετο, από τις κατώτερες στις ανώτερες μορφές ζωής, από τις αδιαφοροποίητες στις διαφοροποιημένες δομές. Έτσι η εντροπία δεν είναι απλώς μια κατολίσθηση προς την αποσάθρωση αλλά σε ορισμένες συνθήκες γίνεται πρόγονος τάξης (Πριγκοζίν & Στέντζερς 1986).
Η κατανόηση του μηχανισμού χημικών ταλαντώσεων μας βοηθάει να κατανοήσουμε βιολογικές ταλαντώσεις όπως οι χτύποι της καρδιάς. Τα χημικά κύματα που παρατηρούμε σε τρυβλίο είναι παρόμοια με τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε ένα μυϊκό ιστό **(**Ball 2016).
Σε πολλά από τα πορίσματα για τις ταλαντούμενες χημικές αντιδράσεις μπορούσε να φτάσει η επιστήμη πριν πολλά χρόνια αλλά η μελέτη προβλημάτων απουσία ισορροπίας είχε κατασταλεί στο ιδεολογικό και πνευματικό πλαίσιο εκείνων των εποχών (η ερμηνεία της επιστήμης είναι μια αντανάκλαση στο επιστημολογικό πεδίο της ιστορικής κατάστασης στην οποία βρέθηκε) (Winfree 1984). Ακολουθούν 2 ταλαντούμενες χημικές αντιδράσεις.

Πείραμα 4: Αντίδραση Briggs Rausher

Η αντίδραση αυτή, είναι μια ταλαντούμενη χωρικά και χρονικά, χημική αντίδραση όπου αρχικά αναμειγνύουμε διαφανή διαλύματα τα οποία σχηματίζουν υποκίτρινο διάλυμα που γίνεται μπλε και τα χρώματα εναλλάσσονται περιοδικά για πολλούς κύκλους. Οφείλει το όνομά της σε δυο καθηγητές στο Σαν Φρανσίσκο που την ανακάλυψαν το 1973 (Εικόνα 4).

Εικόνα 4: Αντίδραση Briggs Rausher - στάδια

Πειραματική διαδικασία: Φτιάχνουμε 3 διαλύματα. Διάλυμα Α: διάλυμα H_2O_2 4M . Διάλυμα Β: KIO_3 0,2 M και H_2SO_4 0,077M. Διάλυμα Γ: Μηλονικό οξύ 0,15M και Θειικό μαγγάνιο 0,2M

και άμυλο 0,1%w/v. Σε μεγάλο δοκιμαστικό σωλήνα, βάζουμε 10 mL από τα διαλύματα Α, Β, Γ. Παρατηρούμε την αντίδραση BR.

Εξήγηση: Η συνολική χημική αντίδραση περιγράφεται από την εξίσωση:

$IO_3^- + 2\ H_2O_2 + CH_2(CO_2H)_2 + H^+ = ICH(CO_2H)_2 + 2\ O_2 + 3\ H_2O$

Ο μηχανισμός της αντίδρασης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος και εμπεριέχει στάδια κατάλυσης και ανάδρασης με πολλά βήματα και πολλές ενδιάμεσες ενώσεις οι οποίες είναι προϊόντα και αντιδρώντα σε διάφορες επιμέρους αντιδράσεις. Συνοπτικά, η παραπάνω αντίδραση αποτελείται από 2 επιμέρους αντιδράσεις

Αντίδραση Α: $IO_3- + 2\ H_2O_2 + H+ \rightarrow HOI + 2O_2 + 2H_2O$

Αντίδραση Β: $HOI + CH_2(COOH)_2 \rightarrow ICH(COOH)_2 + H_2O$

Η αντίδραση Α είναι οξειδαναγωγική και μπορεί να συμβεί με 2 διαφορετικές πορείες (πορεία 1 και πορεία 2). Η συγκέντρωση των ιωδιούχων [I-] καθορίζει ποια πορεία από τις δυο θα πραγματοποιηθεί. Αρχικά δεν έχουμε καθόλου ιωδιούχα και τα ιωδικά ανάγονται σε υποιώδες οξύ με την πορεία 1. Αυτό, σύμφωνα με την αντίδραση Β αντιδρά με το μαλονικό οξύ. Όμως αντιδρά με πιο αργό ρυθμό από ότι παράγεται και έτσι η συγκέντρωση του υποιώδους οξέος αυξάνεται. Στη συνέχεια αυτό ανάγεται περεταίρω σε ιωδιούχα και ιώδιο (κίτρινο χρώμα). Όταν η συγκέντρωση των ιωδιούχων είναι υψηλή, ενεργοποιείται η πορεία 2 (αργή) στην οποία τα ιωδιούχα οξειδώνονται σε υποιώδες οξύ και το υποιώδες οξύ καταναλώνεται στην αντίδραση Β με πιο γρήγορο ρυθμό από ότι παράγεται. Το υποιώδες οξύ που δεν αντέδρασε ανάγεται σε ιωδιούχα τα οποία μαζί με το ιώδιο σχηματίζουν τα I_3- τα οποία με το άμυλο σχηματίζουν το γνωστό σύμπλοκο ιωδίου αμύλου (μπλε χρώμα). Έτσι η συγκέντρωση των ιωδιούχων μειώνεται πολύ και ενεργοποιείται η πορεία 1. Κάθε πορεία καταλήγει σε μια κατάσταση που ενεργοποιεί την άλλη πορεία, έτσι η αντίδραση ταλαντώνεται μεταξύ των 2 πορείων. Μετά από 15 – 20 κύκλους ανάδρασης, το διάλυμα μένει σκούρο μπλε (Shakhashiri 1983).

Πείραμα 5:Αντίδραση Belousov Zhabotinsky (B-Z)

Η αντίδραση αυτή είναι μια καταλυτική οξείδωση του μαλονικού οξέος από βρωμικά ιόντα σε όξινο περιβάλλον με καταλύτη το δημήτριο. Αναμειγνύουμε 4 διαλύματα τα οποία σχηματίζουν σταδιακά 4 χρώματα (πράσινο, μπλε, μωβ, κόκκινο) μέσα από στάδια ανάδρασης, που εναλλάσσονται περιοδικά για πολλούς κύκλους. Η ταλαντούμενη αυτή αντίδραση παράγει ζωηρά χρώματα που αντιστοιχούν στις αλλαγές στα στάδια οξείδωσης των ιόντων δημήτριου και σιδήρου.

Αν η παραπάνω αντίδραση γίνει σε τρυβλίο, οι χημικές αντιδράσεις μαζί με τη διάχυση, εμφανίζουν φαινόμενα αυτοοργάνωσης, με τη μορφή κυμάτων χημικής δραστηριότητας που διαδίδονται σε μακροσκοπικές αποστάσεις , αποτελούμενα από ζώνες υψηλής και χαμηλής συγκέντρωσης που εναλλάσσονται περιοδικά και μοιάζουν να κινούνται (Πριγκοζίν & Στέντζερς 1986) , (Εικόνα 5).

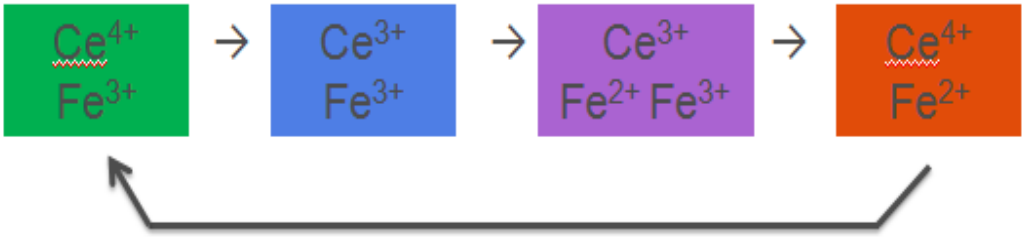
Εικόνα 5: Χημικά κύματα στην χημ. αντίδραση Belousov Zhabotinsky

Πειραματική διαδικασία: Φτιάχνουμε τα διαλύματα για την αντίδραση:

Διάλυμα Α: διάλυμα $KBrO_3$ 0,23M . Διάλυμα Β: $CH_2(CO_2H)_2$ 0,31 M και KBr 0,059M.
Διάλυμα Γ: $Ce(NH_4)_2(NO_3)_6$ 0,019 M και H_2SO_4 2,7M. Διάλυμα ferroin solution.
Σε ποτήρι ζέσεως πάνω σε μαγνητικό αναδευτήρα βάζουμε 5 mL από τα διαλύματα Α, Β, Γ και 4 σταγόνες ferroin με ανάδευση. Σταματάμε την ανάδευση και παρατηρούμε την αντίδραση (τις αναλλαγές χρωμάτων: πράσινο, μπλε, μωβ, κόκκινο κ.ο.κ.) . Μεταφέρουμε σε τρυβλίο και παρατηρούμε τα χημικά κύματα (Shakhashiri 1983).
Εξήγηση: Η συνολική αντίδραση είναι: $3\ CH_2(CO_2H)_2 + 4\ BrO_3^- \rightarrow 4\ Br^- + 9\ CO_2 + 6\ H_2O$
Ο μηχανισμός της αντίδρασης είναι ιδιαίτερα πολύπλοκος και εμπεριέχει στάδια κατάλυσης και ανάδρασης με πολλά βήματα και πολλές ενδιάμεσες ενώσεις οι οποίες είναι προϊόντα και αντιδρώντα σε διάφορες επιμέρους αντιδράσεις. Ένα πιο πρόσφατο μοντέλο περιλαμβάνει 80 στάδια.
Συνοπτικά, η παραπάνω αντίδραση αποτελείται από 2 επιμέρους αντιδράσεις
Αντίδραση Α: (Πορεία 1) $BrO_3^- + 5\ Br^- + 6\ H^+ \rightarrow 3\ Br_2 + 3\ H_2O$
(Πορεία 2) $2\ BrO_3^- + 12\ H^+ + 10\ Ce^{3+} \rightarrow Br_2 + 6\ H_2O\ 10\ Ce^{4+}$
Αντίδραση Β: $Br_2 + CH_2(CO_2H)_2 \rightarrow BrCH(CO_2H)_2 + Br^- + H^+$
Η αντίδραση Α είναι οξειδαναγωγική και μπορεί να συμβεί με 2 διαφορετικές πορείες. Η συγκέντρωση των βρωμιούχων [Br-] καθορίζει ποια πορεία θα πραγματοποιηθεί. Αρχικά έχουμε υψηλή συγκέντρωση βρωμιούχων που ανάγουν τα βρωμικά σε βρώμιο. Αυτό, σύμφωνα με την αντίδραση Β οξειδώνει το μαλονικό οξύ. Όμως αντιδρά με πιο γρήγορο ρυθμό από ότι παράγεται και τελικά η συγκέντρωση των βρωμιούχων μειώνεται.. Όταν η συγκέντρωση των βρωμιούχων είναι χαμηλή, ενεργοποιείται η πορεία 2 (γρήγορη) στην οποία τα βρωμικά οξειδώνονται από το δημήτριο σε βρώμιο, το οποίο καταναλώνεται στην αντίδραση Β με πιο αργό ρυθμό από ότι παράγεται. Στη συνέχεια το δημήτριο οξειδώνει τον σίδηρο. Τελικά η συγκέντρωση των βρωμιούχων αυξάνεται και ενεργοποιείται η πορεία 1. Κάθε πορεία καταλήγει σε μια κατάσταση που ενεργοποιεί την άλλη πορεία, έτσι η αντίδραση ταλαντώνεται μεταξύ των 2 πορείων (Field et al. 1972)
Οι ταλαντούμενες συγκεντρώσεις και οι οξειδωτικές καταστάσεις του δημήτριου (Ce) και του σιδήρου (Fe) καθορίζουν το χρώμα του διαλύματος. Το Ce^{3+} είναι άχρωμο, το Ce^{4+} είναι

κίτρινο, το Fe^{2+} είναι κόκκινο και το Fe^{3+} είναι μπλε (Εικόνα 6). Μετά από πολλούς κύκλους ανάδρασης, το διάλυμα καταλήγει σε χημική ισορροπία.

Εικόνα 6: Χρώμα διαλύματος στη χημ. αντίδραση Belousov Zhabotinsky



Προσοχή: Η προετοιμασία των διαλυμάτων καθώς και η εκτέλεση όλων των παραπάνω πειραμάτων να γίνονται σε απαγωγό ή σε καλά αεριζόμενο χώρο, με χρήση γυαλιών και γαντιών καθώς τα αντιδραστήρια είναι τοξικά και διαβρωτικά !

Βιβλιογραφία

Νικολής Γ. (1995). *Η Θερμοδυναμική της Εξέλιξης*. Στο Οικονόμου Ε.Ν(Επιμ). *Η Φυσική Σήμερα*, , 156-181, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

Οικονόμου Ε.Ν. (1995). *Η Φυσική Σήμερα,* 117, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

Πριγκοζίν Ι. & Στέντζερς Ι.(1986). *Τάξη Μέσα από το Χάος*, 214, Κέδρος

Ball P. (2016). *Patterns in nature: Why the natural world looks the way it does*, The University of Chicago Press, p.149

Callister, W.D. (2003). *Επιστήμη και Τεχνολογία των Υλικών,* Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Cartwright, J. H., García-Ruiz, J. M., Novella, M. L. & Otálora, F. (2002). Formation of chemical gardens. *Journal of colloid and interface science*, *256*(2), 351-359.

Field, R. J., Koros, E. & Noyes, R. M. (1972). Oscillations in chemical systems. II. Thorough analysis of temporal oscillation in the bromate-cerium-malonic acid system. *Journal of the American Chemical Society*, *94*(25), 8649-8664.

Jones, D. E. & Walter, U. (1998). The silicate garden reaction in microgravity: a fluid interfacial instability. *Journal of colloid and interface science*, *203*(2), 286-293.

Lister, T., O'Driscoll, C. & Reed, N. (Eds.). (1995). *Classic chemistry demonstrations*. Royal Society of Chemistry.

McMurry J. (2012). *Οργανική Χημεία*, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης

Shakhashiri, B. Z. (1983). *Chemical demonstrations: A handbook for teachers of chemistry* (Vol. 2), pp 216-219, 248-256, 257-275, Univ of Wisconsin Press.

Weaver, S. L. (2013). *Synthesis of Nylon 6,10*.

Winfree, A.T. (1984). The Prehistory of the Belousov-Zhabotinsky Oscillator. *Journal of Chemical Education*, *61*(8), 661.

ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΠΟΥ ΕΝΘΑΡΡΥΝΟΥΝ ΟΙ ΤΕΧΝΕΣ ΩΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ.

Πέτρος Στεργιόπουλος, Ιωάννης Αλεξόπουλος, Σοφοκλής Σωτηρίου

Ελληνογερμανική Αγωγή

Σύνοψη εργαστηρίου

Σε αυτό το εργαστήριο εκπαιδευτικοί έμαθαν να επικοινωνούν σύνθετες επιστημονικές έννοιες με δημιουργικό τρόπο, χρησιμοποιώντας την τέχνη (πχ ηθοποιία, ζωγραφική, μουσική κλπ.) προκειμένου να ενισχύσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για την επιστήμη και να τους εισάγουν στην δημιουργική σκέψη. Πιο συγκεκριμένα οι εκπαιδευτικοί ετοίμασαν μια σύντομη παράσταση με θέμα επιλεγμένο από το πεδίο της σωματιδιακής φυσικής, ενώ παράλληλα εισάχθηκαν στην έννοια της ηχητικής απόδοσης επιστημονικών δεδομένων. Τέλος δημιούργησαν μια online εκπαιδευτική κοινότητα, στην οποία αποθηκεύτηκαν τα αποτελέσματα της δουλείας τους.

Εισαγωγή - Σκοπός του εργαστηρίου

Η διαρκής πτώση του ενδιαφέροντος των νέων για τις φυσικές επιστήμες (Φ.Ε) και τα σχετικά με αυτές επαγγέλματα είναι κάτι που έχει επισημανθεί ήδη από την προηγούμενη δεκαετία σε μια σειρά ερευνών (Falk & Dierking 2010, Rocard et al. 2007, Stocklmayer et al. 2010). Παρά τα πολυάριθμα έργα και δράσεις που λαμβάνουν χώρα εκ μέρους της Ε.Ε προκειμένου να αντιστραφεί αυτή η τάση, τα αποτελέσματα ακόμα φαίνονται να είναι περιορισμένα. Προκειμένου οι μαθητές να ενθαρρυνθούν να διαλέξουν σπουδές στις Φ.Ε και να επιδιώξουν μια μελλοντική σχετική καριέρα, είναι απαραίτητο η διδασκαλία τους να γίνει πιο ελκυστική, βασισμένη περισσότερο σε εμπειρικές δραστηριότητες, σχεδιασμένη έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στα ενδιαφέροντα τους και συνδεδεμένη με την καθημερινή ζωή.
Σε αυτή την κατεύθυνση η επικρατούσα τάση αυτή την στιγμή στην εκπαίδευση των Φ.Ε είναι η εισαγωγή των μαθητών στις έννοιες και τις διαδικασίες της επιστήμης να επιδιώκεται μέσα από την διαθεματική προσέγγιση προβλημάτων που απαιτούν για την αντιμετώπισή τους τον συνδυασμό γνώσεων από τα πεδία των ΦΕ, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (STEM). Προκειμένου όμως αυτού του είδους η προσέγγιση να ενδυναμώσει περεταίρω την κριτική σκέψη των μαθητών και την ικανότητα τους για καινοτομία, οι τέχνες καλούνται να παίξουν θεμελιώδη ρόλο (Sousa & Pilecki 2013) μετατρέποντας την προσέγγιση STEM σε STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) και προωθώντας την έννοια της δημιουργικότητας σαν κοινό χαρακτηριστικό τέχνης και επιστήμης. Σκοπός του εργαστηρίου που έλαβε χώρα στο πλαίσιο των εργασιών του 10ου Συνεδρίου της ΕΝΕΦΕΤ ήταν να εισάγει τους συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς στη χρήση καινοτόμων δημιουργικών προσεγγίσεων σε φαινόμενα που συναντά κανείς σε μεγάλης κλίμακας ερευνητικά κέντρα όπως το CERN, μετασχηματίζοντας σύνθετες επιστημονικές

έννοιες σε έμπρακτη παραστατική δραστηριότητα. Οι εκπαιδευτικοί εισάχθηκαν σε έννοιες αντιστοίχισης του μουσικού φαινομένου με την Επιστήμη αξιοποιώντας δειγματικά εκπαιδευτικά εργαλεία (demonstrators) του ευρωπαϊκού εκπαιδευτικού έργου CREATIONS (http://creations-project.eu/) που αποσκοπούν στον διδακτικό μετασχηματισμό της καλλιτεχνικής δημιουργίας σε βαθιά επιστημονική γνώση μέσα στην σχολική τάξη. Σκοπός του παρόντος εργαστηρίου ήταν επίσης η εξοικείωση των εκπαιδευτικών στην χρήση τέτοιου είδους υπαρχόντων εργαλείων και στην διαδικασία δημιουργίας νέων ανάλογα με τις ανάγκες τους. Στο εργαστήριο έλαβαν μέρος συνολικά 13 άτομα, πιο συγκεκριμένα 10 μελλοντικοί εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (τελειόφοιτες φοιτήτριες του ΠΤΔΕ του Παν. Κρήτης) και 3 φυσικοί εκ των οποίων ένας εργάζεται ως δάσκαλος στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ένας είναι εκπαιδευτικός στην δευτεροβάθμια τεχνική εκπαίδευση ενώ ο τρίτος είναι μεταπτυχιακός φοιτητής του ΠΤΔΕ Κρήτης στην κατεύθυνση «Θετικές επιστήμες στην εκπαίδευση. Στο τέλος του εργαστηρίου οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να συμπληρώσουν ένα σύντομο ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου προκειμένου μέσα από τις δραστηριότητες στην οποίες έλαβαν και οι οποίες θα παρουσιαστούν αναλυτικά στην συνέχεια, να καταγραφούν οι απόψεις τους σχετικά με την διδακτική προσέγγιση που προτείνεται από το έργο σε σύνθετες έννοιες θετικών επιστημών.

Από την ανάλυση του ερωτηματολογίου προέκυψαν συνοπτικά τα εξής αποτελέσματα.

- Περισσότεροι από το 50% των συμμετεχόντων υποστήριξαν ότι θα μπορούσαν χωρίς μεγάλη δυσκολία να προσαρμόσουν το μάθημα τους στην προτεινόμενη δημιουργική προσέγγιση ενσωματώνοντας στοιχεία από την τέχνη.
- Το 70% απάντησε ότι θεωρούν ότι σταδιακά, θα εντάξουν διδακτικά εργαλεία όπως αυτά που προτείνονται από το CREATIONS project, στην διδασκαλία τους στα επόμενα χρόνια.
- Παραπάνω από το 90% των συμμετεχόντων θεώρησε ωφέλιμο τον χρόνο που δαπάνησε για να έρθει σε επαφή με το CREATIONS μέσα από το εργαστήριο που παρακολούθησε
- Περισσότεροι από το 60% πιστεύει πως είναι δύσκολο να εντάξουν την διδακτική προσέγγιση που εισάγει το έργο στο υπάρχον ωρολόγιο σχολικό.

Αν και ο σχεδιασμός μια διδασκαλίας που συνδυάζει την δημιουργικότητα της Τέχνης με τις Φυσικές Επιστήμες από την φύση του εμπεριέχει προκλήσεις τόσο ως προς την σύλληψη όσο και ως προς την υλοποίηση οι εκπαιδευτικοί έδειξαν από τις απαντήσεις τους πρόθυμοι να αποδεχτούν αυτές τις προκλήσεις και να υιοθετήσουν την διδακτική προσέγγιση που προτείνει το CREATIONS στην τάξη τους. Το γεγονός ότι πλειοψηφία τους θεωρεί δύσκολο να εφαρμόσει αυτήν την προσέγγιση στο πλαίσιο του σχολικού ωρολόγιου προγράμματος δεν πρέπει να λειτουργήσει αποθαρρυντικά. Το CREATIONS προτείνει μια διαθεματική διδακτική προσέγγιση στις Φ.Ε που δύσκολα μπορεί να εφαρμοστεί με το υπάρχον αναλυτικό πρόγραμμα. Αντιθέτως μια πιο ολιστική προσέγγιση από πλευράς του αναλυτικού στην διδασκαλία των Φ.Ε θα δώσει την ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς να επωφεληθούν στην διδασκαλία τους από τα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης προσέγγισης

Δραστηριότητες εργαστηρίου

Ο κύριος κορμός υλοποίησης του εργαστηρίου διαιρείται σε τρεις θεματικές ενότητες με σκοπό να αναλυθούν αφενός οι βασικοί πυλώνες ενσώματης μάθησης ως μέρος ερευνητικής διαδικασίας, αφετέρου δεξιότητες διαμόρφωσης κόμβων καταγραφής και διάδοσης καινοτόμων πρακτικών που προάγουν τη διδασκαλία των επιστημών μέσα από τη

δημιουργικότητα, συμμετέχοντας ταυτόχρονα στην ερευνητική προσπάθεια αξιολόγησης και αξιοποίησής τους.
Συγκεκριμένα οι τρεις ενότητες περιλαμβάνουν: α) την παρουσίαση του έργου και τεκμηρίωση των βασικών συνιστωσών του (10 λεπτά), β) την ανάπτυξη ψηφιακών κοινοτήτων (30 λεπτά) και γ) την υλοποίηση δειγματικών εργαλείων με άξονα την ενσώματη μάθηση (90 λεπτά). Ειδική βαρύτητα χρονικής έκτασης δόθηκε στην τελευταία ενότητα καθώς αυτή φέρει το ουσιαστικό βάρος υλοποίησης του εργαστηρίου όπου οι εκπαιδευτικοί έρχονται σε επαφή με δράσεις ενσώματης μάθησης εφαρμόζοντάς τες στην πράξη με άξονα την παραστατική πλοκή, την κίνηση και την μουσική. Ειδικότερα:

1. Παρουσίαση βασικών συνιστωσών του προγράμματος CREATIONS

Στην ενότητα αυτή δίνεται μια συνολική εισήγηση στους στόχους του έργου, με σκοπό να παρουσιαστούν συνοπτικά τόσο η έννοια των δειγματικών εργαλείων (Demonstrators) βασισμένη στο μοντέλο της διερευνητικής μάθησης για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών όσο και τα είκοσι αρχικά δειγματικά εργαλεία που εφαρμόζονται ερευνητικά σε χώρες της Ευρώπης. Στη συνέχεια η παρουσίαση εστιάζεται στα δειγματικά εργαλεία της «Παγκόσμιας Όπερας Επιστήμης σε πραγματικό χρόνο» και «Ηχοποιώντας τη Φυσική» τα οποία αναπτύσσονται και εφαρμόζονται στην Ελλάδα.
(http://portal.opendiscoveryspace.eu/community/global-science-opera-real-time-835933)

2. Η Ανάπτυξη Ψηφιακών Κοινοτήτων

Η δραστηριότητα αυτή στοχεύει στην εξοικείωση των εκπαιδευτικών με εργαλεία καταγραφής, ανάδειξης και διάδοσης καινοτόμων πρακτικών μέσα από την πλατφόρμα Open Discovery Space (http://www.opendiscoveryspace.eu/). Οι συμμετέχοντες καταρτίζονται στη δημιουργία της ψηφιακής διαδικτυακής κοινότητας της ομάδας στην οποία για τις ανάγκες του εργαστηρίου ανήκουν και στην οποία θα φιλοξενηθεί το πρωτογενές υλικό που παράγεται κατά τη διάρκεια της υλοποίησης. Εργαλεία όπως η δημιουργία αρχικού προφίλ και σχεδιασμός του κατάλληλου ψηφιακού χώρου, παρουσιάζονται ως βασικοί πυλώνες ανάπτυξης ψηφιακών κοινοτήτων τα οποία οι εκπαιδευτικοί μπορούν να επικαιροποιούν και μετά το τέλος του εργαστηρίου.

3. Εφαρμογή Δειγματικών Εργαλείων με άξονα την Ενσώματη Μάθηση

Κατά τη διάρκεια της ενότητας οι συμμετέχοντες, χωρισμένοι σε ομάδες, καλούνται να σχεδιάσουν, να αναπτύξουν και να παρουσιάσουν μια ολιγόλεπτη διαδοχή στατικών σκηνών ή μικρών δρωμένων βασισμένη σε ένα επιστημονικό ζήτημα που τους δόθηκε (ανίχνευση στοιχειωδών σωματιδίων στο εσωτερικό του επιταχυντή LHC). Στη συνέχεια περιγράφουν σε σκίτσα την προτεινόμενη σκηνή, την εξέλιξή της και τον αλληλεπιδραστικό της χαρακτήρα. Ακολουθώντας πρακτικές που έχουν ήδη εφαρμοστεί στην «Παγκόσμια Όπερα Επιστήμης σε πραγματικό χρόνο», οι εκπαιδευτικοί αποδίδουν με παραστατικό τρόπο έννοιες και φαινόμενα σωματιδιακής Φυσικής χρησιμοποιώντας τόσο την κίνηση, το διάλογο, τη μίμηση όσο και τον ήχο της ανθρώπινης φωνής, τη γλώσσα και τη μουσική ως παραστατική πράξη, μετατρέποντάς τα σε εργαλεία διδασκαλίας απλού η περίπλοκου μαθησιακού περιεχομένου.
Η τελευταία ενότητα περιλαμβάνει επίσης εισαγωγή στην πρακτική της ηχητικής απόδοσης (sonification) επιστημονικών δεδομένων, για διδακτικούς όμως σκοπούς (Marraffino 2014). Κατά τη διάρκεια αυτής της εισήγησης οι εκπαιδευτικοί γνωρίζουν τρεις βασικές

προσεγγίσεις όπου η συγκεκριμένη πρακτική μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς ως διδακτικό εργαλείο:

1. Η συμβολική, κατά την οποία οι εκπαιδευτικοί ενθαρρύνουν τους μαθητές να συνδέσουν επιστημονικές έννοιες (αριθμούς, συμβάντα, φαινόμενα) με βασικά χαρακτηριστικά του μουσικού φαινομένου όπως: α) ήχο (αρχείο ήχου λίγων δευτερολέπτων, μικρό μουσικό μοτίβο ή ακόμα και θόρυβο, κ.α.), β) μουσικές νότες (μια ή περισσότερες συχνότητες τονικών υψών, συγχορδίες κ.α.) ή γ) ρυθμικά / μετρικά στοιχεία (μέτρο, ρυθμικά μοτίβα). Στην προσέγγιση αυτή, η σύνδεση βασικών χαρακτηριστικών του μουσικού φαινομένου με επιστημονικές έννοιες έχει γνωρίσματα συνειρμών, φαντασίας ή ελεύθερης αντιστοίχισης που όμως εξυπηρετούν την εύκολη ανάκληση στη μνήμη ή την πρόκληση της προσοχής και του ενδιαφέροντος των μαθητών στο διδασκόμενο αποτέλεσμα.

2. Την μαθηματική, κατά την οποία μαθηματικά δεδομένα μετατρέπονται απ' ευθείας σε ηχητικά δεδομένα. Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει την μετατροπή ενός συνόλου μαθηματικών δεδομένων που προκύπτουν από ένα φαινόμενο μεταβολής, ερμηνευμένο σε ύψη συχνοτήτων που προκύπτουν από ένα σύστημα αξόνων μαθηματικής γραφικής παράστασης. Αντιστοιχίζοντας μια μέση συχνότητα του ακουστικού φάσματος με τη μέση τιμή του συνόλου των μαθηματικών δεδομένων που προκύπτουν από ένα φαινόμενο μεταβολής μπορούμε να μετατρέψουμε σε ήχο το σύνολο των τιμών αποδίδοντας τη γραφική παράσταση τονικού ύψους σε συνάρτηση με το χρόνο. Η προσέγγιση αυτή είναι αποτέλεσμα ευθείας αντιστοίχισης δεδομένων με το ηχητικό φάσμα χωρίς αισθητικό άξονα και μπορεί να αποδίδεται τόσο αναλογικά (με πίνακες αντιστοίχισης) όσο και με εφαρμογές ηχητικής απόδοσης που ήδη αναπτύσσονται στο διαδίκτυο.

3. Την προσαρμοσμένη, κατά την οποία επιχειρείται ο συνδυασμός των δύο παραπάνω προσεγγίσεων: της συμβολικής και της μαθηματικής. Σε αυτήν ο εκπαιδευτικός έχει την ευχέρεια της επιλογής του τρόπου με τον οποίο η διαδικασία ηχητικής απόδοσης επιστημονικών δεδομένων όπως περιγράφθηκε θα μπορέσει να ωφελήσει το διδακτικό του πλάνο με άξονα στοιχεία μουσικής αγωγής και μεγιστοποίησης της επιρροής μέσα από μελωδικά ή ρυθμικά σχήματα και μοτίβα μέχρι πλήρεις μουσικές συνθέσεις αξιοποιώντας το μουσικό αισθητήριο των μαθητών σε συνεργασία με καθηγητές ανάλογης ειδικότητας.

Τέλος οι εκπαιδευτικοί καλούνται να επανερμηνεύσουν το περιεχόμενο της σκηνής που έχουν ήδη σχεδιάσει σύμφωνα με τις εφαρμογές ηχητικής απόδοσης δεδομένων στις οποίες νωρίτερα είχαν εισαχθεί.

Υλοποίηση του εργαστηρίου

Ακολουθώντας το προτεινόμενο παιδαγωγικό πλαίσιο του έργου CREATIONS και του δειγματικού εργαλείου (demonstrator) «Παγκόσμια Όπερα Επιστήμης» (Global Science Opera/GSO), οι συμμετέχοντες κατά την διάρκεια της υλοποίησης του εργαστηρίου του ήρθαν σε επαφή με πρακτικές διδασκαλίας σύνθετων εννοιών της Φυσικής σε συνθήκες σχολικής τάξης.

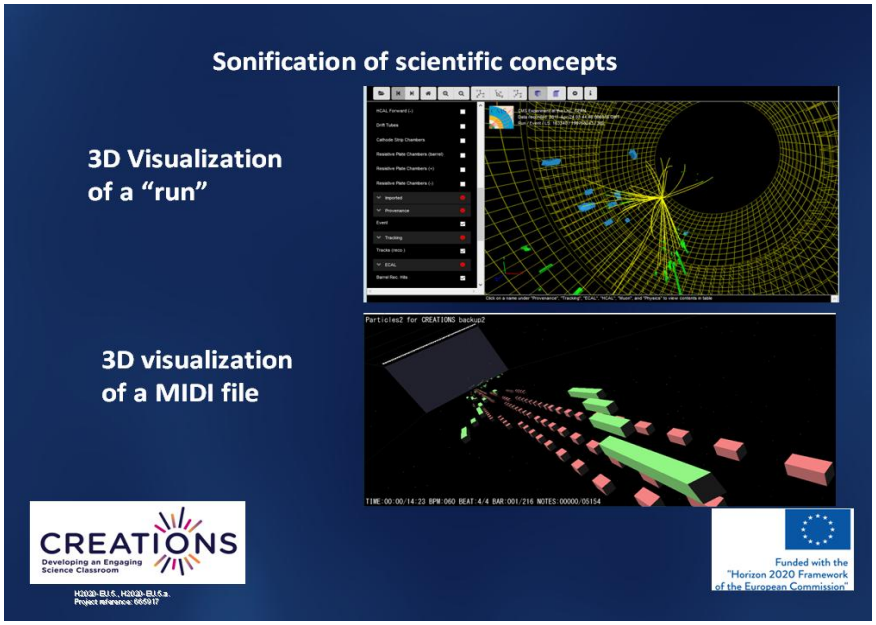
- *Εισήγηση στο έργο CREATIONS και παρουσιάσεις*

Στην ενότητα αυτή παρουσιάστηκαν συνοπτικά οι σκοποί, ο ορισμός και έννοια του δειγματικού εργαλείου καθώς και οι σχετικές με το εργαστήριο, τρέχουσες εφαρμογές τους στην Ελλάδα. Ειδικότερα αναλύθηκαν οι συνέργειες που ενθαρρύνουν τους νέους στην επιστημονική έρευνα μέσα από τις Τέχνες και τη δημιουργικότητα. Οι συνέργειες αυτές υποστηρίζονται στο έργο CREATIONS όπου δεκαέξι ιδρύματα από έντεκα χώρες πραγματεύονται τη μελέτη καινοτόμων δραστηριοτήτων που μέσα από τη δημιουργικότητα των Τεχνών στη σχολική τάξη φέρνουν τους μαθητές πιο κοντά στην ουσία της επιστημονικής έρευνας. Οι συμμετέχοντες επιμορφώθηκαν στην έννοια και τους σκοπούς του δειγματικού εργαλείου της Παγκόσμιας Όπερας Επιστήμης (GSO). Η GSO αποτελεί διεθνή πρωτοβουλία εκπαιδευτικών με αντικείμενο την από κοινού δημιουργία ενός σπονδυλωτού παραστατικού δρωμένου με θέμα την Επιστήμη και βασίζεται τόσο στην μελέτη περίπτωσης "Γράψε Μια Όπερα Επιστήμης" (Write A Science Opera, WASO) όσο και στο πιλοτικό πρόγραμμα "Εξ Αποστάσεως Μουσική Αγωγή". Η πρώτη αποτελεί πρακτική του Πανεπιστημίου του Stord Haugesund της Νορβηγίας που μελετήθηκε στο ερευνητικό έργο CREATIT (http://globalscienceopera.com/about/) ενώ το δεύτερο αποτελεί καλή πρακτική του Μείζονος Προγράμματος Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών από την Ελλάδα (περισσότερα εδώ: http://dma.ea.gr/el/node/16).
Εκτός από τα παραπάνω και ειδικότερα για το δειγματικό εργαλείο της GSO οι συμμετέχοντες γνώρισαν και την «Παγκόσμια Όπερα Επιστήμης σε πραγματικό χρόνο» (Global Science Opera in real time/GSOrt). Στόχος αυτού του δειγματικού εργαλείου είναι η ένταξη ακριτικών σχολείων της χώρας μας αλλά και της υπόλοιπης Ευρώπης στην ετήσια προσπάθεια της GSO. Κύριο χαρακτηριστικό της είναι η ανάπτυξη δυνατοτήτων σύμπραξης απομακρυσμένων σχολείων (περισσοτέρων των δυο) σε σύγχρονο ή ασύγχρονο ψηφιακό περιβάλλον μέσω ειδικής πλατφόρμας τηλεδιάσκεψης (Στεργιόπουλος κ.α. 2016). Το τελικό αποτέλεσμα της GSOrt εντάσσεται στην τελική σκηνή (ελληνική ή άλλη) η οποία αποτελεί μέρος του συνολικού σπονδυλωτού δρωμένου της GSO.

- *Σωματιδιακή Φυσική και Ηχοποίηση*

Βασικές έννοιες φυσικής στοιχειωδών σωματιδίων καθώς και ο τρόπος μελέτης των πειραμάτων του Μεγάλου Επιταχυντή Αδρονίων (LHC) και του ανιχνευτή Συμπαγούς Μιονικού Σωληνοειδούς, που μετέρχονται τα μέλη της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας του Ευρωπαϊκού οργανισμού Πυρηνικών Ερευνών (CERN), παρουσιάστηκαν συνοπτικά ώστε να αποτελέσουν την θεωρητική βάση του επιστημονικού περιεχομένου πάνω στην οποία οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να εφαρμόσουν, σε μικρογραφία, το δειγματικό εργαλείο του έργου CREATIONS. Στην συνέχεια αναλύθηκαν οι τρόποι ηχοποίησης (βλ. *3 Εφαρμογή Δειγματικών Εργαλείων με άξονα την Ενσώματη Μάθηση).*

Εικόνα 1: Παρουσίαση αντιστοιχίας εικονοποίησης σωματιδιακών συγκρούσεων με την εικονοποίηση μουσικών μοτίβων (Open data CMS/CERN & MIDI trail projects)



Ειδικότερα για την προσαρμοσμένη προσέγγιση αναλύθηκαν οι περιπτώσεις αντιθέσεων ανιόντων και κατιόντων μελωδικών σχημάτων σε μοτίβα 3-5 φθόγγων. Τα παραδείγματα επεκτάθηκαν στη δυνατότητα αναγωγής τους σε κώδικα MIDI (Musical Instrument Digital Interface) ώστε οι σειρές δεδομένων, ανταποκρινόμενες στην ηχητική τους μορφή, να είναι σε θέση να χρησιμοποιηθούν και ως σειρές οπτικοποιημένων σχημάτων.

- *Προετοιμασία*

Κατά το κυρίως μέρος του εργαστηρίου ζητήθηκαν από τους εκπαιδευτικούς προτάσεις περιεχομένου του δρωμένου σύμφωνες με τις έννοιες και τα φαινόμενα της σωματιδιακής φυσικής που τους παρουσιάστηκαν. Οι συμμετέχοντες πρότειναν τίτλους και τρόπους παραστατικής δράσης καταρτίζοντας μια υποτυπώδη σειρά σκηνικών πράξεων. Στην συνέχεια δημιουργήθηκαν ομάδες προετοιμασίας και υλοποίησης οι οποίες ειδικεύθηκαν: α) στην επιστημονική τεκμηρίωση (διαδοχή σκηνικών ενεργειών, καθορισμός εννοιολογικών αναγκών και ένταξή τους σε ένα σκηνικό σενάριο βάσει της επιστημονικής θεωρίας), β) στην σκηνική απόδοση (χαρακτήρες, κινησιολογία, ρόλοι, απόδοση), γ) στην σκηνική υποστήριξη των μεταδιδόμενων νοημάτων με αντικείμενα (χειροκατασκευή, κοστούμια, συμβολικά αντικείμενα, ζωγραφιές) και δ) στην ηχητική υποστήριξη της δράσης (δημιουργία και απόδοση ήχων, ηχητικός σχεδιασμός συντονισμένος με το δρώμενο κλπ.).
Με τρόπο ανάλογο όπως σε περιβάλλον σχολικής τάξης, οι ομάδες συσκέφθηκαν ώστε να καταρτίσουν τα βασικά χαρακτηριστικά εργαλεία (ιδέες ομαδικής υλοποίησης) τα οποία συντελούν στο τελικό αποτέλεσμα. Οι ιδέες καταγράφηκαν και στη συνέχεια συζητήθηκαν από τους συμμετέχοντες ώστε να καταρτιστεί το τελικό σενάριο δράσης στο οποίο αποδίδονται οι λεπτομέρειες παραστατικής απόδοσης των εννοιών. Αξιοσημείωτο γεγονός αποτέλεσε η διαρκής βελτίωση των παραστατικών πράξεων με τρόπο ώστε η σκηνική δράση να αποδώσει λεπτομέρειες του ζητούμενου επιστημονικού περιεχομένου ως αποτέλεσμα διαρκών ερωτήσεων επαλήθευσης και ακριβούς τεκμηρίωσης από την μεριά των συμμετεχόντων.

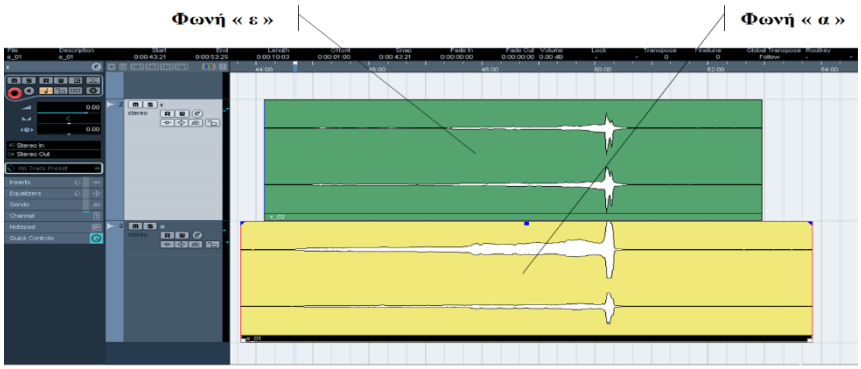
Εικόνα 2. Στιγμιότυπο παραστατικής απόδοσης

Ειδικότερη περιγραφή της ομάδας ηχητικής απόδοσης περιλάμβανε την τεκμηρίωση του ηχητικού σχεδιασμού που επιλέχθηκε μαζί με τις δοκιμές και την τελική ηχογράφηση χρησιμοποιώντας ψηφιακά εργαλεία καταγραφής και κυματομορφικής απεικόνισης. Για την απόδοση της ανίχνευσης των σωματιδίων επελέγη ο συνδυασμός συμβολικών ηχητικών χαρακτηριστικών (βλ. προσέγγιση 1) με την δημιουργική διαφοροποίηση χαρακτηριστικών έντασης και ηχοχρώματος (βλ. προσέγγιση 3).

- *Υλοποίηση παραστατικής δράσης*

Συγκεκριμένα δημιουργήθηκαν δυο ηχογραφικές γραμμές (tracks) στις οποίες ηχογραφήθηκαν δυο διαφορετικές ανθρώπινες φωνές (φωνή «ε» και φωνή «α»). Ο συμβολικός χαρακτήρας της συνήχησης παραλληλίζεται με την συνύπαρξη δυο -στο συγκεκριμένο εργαστηριακό παράδειγμα - ιδιοτήτων ενός σωματιδίου οι οποίες καθώς το σωμάτιο επιταχύνεται (όξυνση τονικού ύψους και έντασης) ανιχνεύονται μετά την σύγκρουση με τη μορφή δυο διαφορετικών ηχοχρωμάτων («ε» και «α»).

Εικόνα 3. Στιγμιότυπο στερεοφωνικής ηχογράφησης δυο φωνών με χαρακτηριστικά διαφοροποίησης έντασης και κορύφωση στην κατάληξη



Η σκηνική δράση ηχοποιήθηκε με συνήχηση των δυο φωνών σε κοινό φωνήεν («ι»), συνεχή αύξηση της έντασης και τελική κατάληξη σε δυο διαφορετικά φωνήεντα («ε» και «α»). Η χρονική διάρκεια της συνήχησης απέδωσε και την χρονική διάρκεια διεξαγωγής του παραστατικού δρωμένου.

Στην τελική φάση υλοποίησης του εργαστηρίου πριν την τελική βιντεοσκόπηση, οι συμμετέχοντες δοκίμασαν το σύνολο του δρωμένου αποδίδοντας επί τόπου κατά το δυνατόν πιστά τις ζητούμενες έννοιες επιστημονικού περιεχομένου που κλήθηκαν να παραστήσουν. Ο ιστότοπος ενημέρωσης της κοινότητας που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες του εργαστηρίου επικαιροποιήθηκε με το υλικό παρουσιάσεων και είναι διαθέσιμο για περαιτέρω επεξεργασία στο μέλλον.
http://portal.opendiscoveryspace.eu/el/community/rethymno-creations-workshop-846922

Βιβλιογραφία

Στεργιόπουλος, Π., Σωτηρίου, Σ., Ρίβιου, Κ., Αποστολάκης, Ε. (2016). Δημιουργία και υποστήριξη εκπαιδευτικών κοινοτήτων στην Ελλάδα. Στο Αναστασιάδης, Π (Επιμ). *Εξ αποστάσεως επιμόρφωση των εκπαιδευτικών με τη χρήση προηγμένων μαθησιακών τεχνολογιών διαδικτύου [e-Learning]. Από τη θεωρία στην πράξη,* 275-324. Εκδόσεις Gutenberg

Falk, J. H. & Dierking, L. D. (2010). The 95 percent solution. School is not where most Americans learn most of their science. *American Scientist, 98,* 486-493.

Marraffino, R. (2014). Experimental music for experimental physics. *CERN Bulletin, Issue No. 43-44/2014, 3*

Rocard, M., Csermely, P. Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. & Hemmo, V. (2007). *Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe.* Brussels: European Commission.

Sousa, D.A., Pilecki, T.J. (2013): *From STEM to STEAM Using Brain-Compatible Strategies to Integrate the Arts*, SAGE publications Ltd.

Stocklmayer, S. M., Rennie, L. J. & Gilbert, J. (2010). The roles of the formal and informal sectors in the provision of effective science education. *Studies in Science Education, 46* (1), 1-44

ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΠΟΛΛΑΠΛΕΣ ΠΤΥΧΕΣ ΤΟΥ ΛΙΘΟΥ

Μιχαήλ Καλογιαννάκης[1], Χαρίκλεια Ρεκούμη[2], Αιμιλία Χαρτσά[3], Αγάπη-Γεωργία Ρεκούμη[4], Δημήτρης Πρωτοπαπάς[5]

[1]ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
[2] Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[3] ΤΕΙ Αθήνας
[4] Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[5]Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών

Σύνοψη εργαστηρίου

Τα τελευταία χρόνια στην Ελλάδα η διδασκαλία της γεωλογίας, ως ανεξάρτητου γνωστικού αντικειμένου, έχει σταδιακά εξαφανιστεί αποτελώντας συμπληρωματικό τμήμα άλλων μαθημάτων (Καλογιαννάκης & Ρεκούμη 2008). Επιπρόσθετα, έχει μειωθεί σημαντικά το περιεχόμενό της μέσα σ' αυτά τα μαθήματα αποκτώντας ένα αποσπασματικό και περιθωριοποιημένο ρόλο. Η ουσιαστική εξαφάνιση της γεωλογίας στερεί τους μαθητές από σημαντικές γνώσεις που σχετίζονται με το Γεωπεριβάλλον, αποδυναμώνοντας ταυτόχρονα και την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (Rekoumi et al. 2010).
Σκοπός του εργαστηρίου είναι οι συμμετέχοντες να αναγνωρίσουν βασικές γεωλογικές έννοιες ώστε να έχουν και μία γεωλογική οπτική για το περιβάλλον, το οποίο δεν είναι μόνο οι ζωντανοί φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί, αλλά και οι αβιοτικοί παράγοντες που βρίσκονται σε διαρκή αλληλοεπίδραση και αλληλεξάρτηση (Rekoumi et al. 2010).
Μέσα από τις απλές δραστηριότητες του εργαστηρίου, που μπορούν να εφαρμοστούν εντός και εκτός σχολείου, παρέχεται η δυνατότητα σε εκπαιδευτικούς και μαθητές να προσεγγίσουν το θέμα των πετρωμάτων των ορυκτών και των απολιθωμάτων. Με αυτόν τον τρόπο, η μελέτη των πετρωμάτων μπορεί να προσαρμοστεί με άλλα ζητήματα διερεύνησης που σχετίζονται με ποικιλία επιστημονικών πεδίων και θεμάτων του περιβάλλοντος και της αειφόρου ανάπτυξης τα οποία συνδέονται με τις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στο εσωτερικό και στην επιφάνεια του πλανήτη και τις επιδράσεις των αλλαγών αυτών, στην εξέλιξη της ζωής των οργανισμών και στην εξέλιξη του ανθρώπου.

Εισαγωγή

Η εσωτερική δομή της γης αποτελεί ένα βασικό παράγοντα για τη διαμόρφωση της ζωής στον πλανήτη στοιχείο το οποίο αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα στην ιστορία της ανθρωπότητας. Οι τύποι των πετρωμάτων επιδρούν στην πολιτιστική ανάπτυξη των ανθρώπων μιας περιοχής (Αλεξούλη-Λειβαδίτη 2008). Για να επιλύσουμε βασικά προβλήματα για τη ζωή του ανθρώπου, πρέπει να γνωρίζουμε τη γεωλογία, τη μορφολογία και γενικότερα το φυσικό μας περιβάλλον. Το ανθρώπινο είδος είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με τη χρήση οποιασδήποτε μορφής πέτρας. Μάλιστα, από τον προϊστορικό άνθρωπο το λάξευμά της αποτελούσε μέσο έκφρασης και επικοινωνίας.

Η εκπαίδευση σε θέματα του γεωπεριβάλλοντος, αποτελεί έναν από τους ουσιαστικότερους τρόπος ευαισθητοποίησης, καθώς οι νέοι καλούνται να ζήσουν περισσότερο με τις καινούργιες κλιματολογικές και υδρολογικές συνθήκες και τις συνέπειές τους, και είναι ευκολότερο να αλλάξουν παγιωμένες συνήθειες. Η Γεωπεριβαλλοντική γνώση, χάρη στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της, μπορεί να ερμηνεύσει, ως γνωστικό υπόβαθρο, πολλά περιβαλλοντικά προβλήματα και φαινόμενα που αλλοιώνουν το ευρύτερο περιβάλλον μέσα στο οποίο ζει και δραστηριοποιείται ο σύγχρονος άνθρωπος (Rekoumi et al. 2010).

Σύντομο θεωρητικό πλαίσιο

Πλήθος από εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών καθώς και έλλειψη βασικών γνώσεων γύρω από θέματα του Γεωπεριβάλλοντος έχουν εντοπιστεί σε διάφορες έρευνες. Οι Russell et al. (1993), σε έρευνα σε παιδιά 5 έως 11 ετών στο Ηνωμένο Βασίλειο, διαπίστωσαν ότι θεωρούσαν την πέτρα, τα βότσαλα, την άμμο και το βράχο ως ξεχωριστές οντότητες. Ο Oversby (1996), σε μελέτη η οποία πραγματοποιήθηκε επίσης στο Ηνωμένο Βασίλειο, διαπίστωσε ότι ορισμένοι μαθητές θεωρούν την «πέτρα» ως «μαλακό βράχο». Άλλες μελέτες έχουν επίσης αποκαλύψει ότι οι μαθητές συγχέουν τα φυσικά με τα τεχνητά υλικά (Blake 2005, King 2010).
Η Dove (1998) σε έρευνά της διαπίστωσε ότι όταν μαθητές και εκπαιδευτικοί κλήθηκαν να αναφέρουν τα ονόματα των πετρωμάτων που γνώριζαν, δεν αναφέρθηκε σχεδόν καθόλου ο σχιστόλιθος, το μάρμαρο, ο άνθρακας και η ελαφρόπετρα. Επιπλέον, το κροκαλοπαγές (ιζηματογενές χονδρόκοκκο πέτρωμα που αποτελείται από στρογγυλεμένα κομμάτια) αναγνωρίσθηκε ως τσιμέντο, και ο άνθρακας θεωρήθηκε ως καύσιμη ύλη και όχι ως πέτρωμα (Dove 1998).

Δραστηριότητες εργαστηρίου

Η διάρκεια του προτεινόμενου εργαστηρίου είναι 2 ώρες και μπορεί να οργανωθεί σε χώρο με κατάλληλη εργαστηριακή υποδομή με συσκευή προβολής ώστε οι εκπαιδευτικοί, φοιτητές/μελλοντικοί εκπαιδευτικοί ή/και μαθητές (χωρισμένοι σε ομάδες) να συμμετέχουν ενεργά σ' όλες τις φάσεις του.
Οι δραστηριότητες του εργαστηρίου για τις πολλαπλές πτυχές του λίθου έχουν δομηθεί έτσι ώστε να προκαλέσουν το ενδιαφέρον των συμμετεχόντων για να γνωρίσουν, να ερευνήσουν, να εξετάσουν τον κόσμο των λίθων και να ταξιδέψουν στο χρόνο δημιουργικά, διαδραστικά και διερευνητικά. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα στους συμμετέχοντες να προβούν σε συγκρίσεις, συσχετίσεις και αναγωγές ποικίλων θεμάτων που έχουν σύγχρονο και διαχρονικό ενδιαφέρον και άπτονται του περιβάλλοντος και της αειφόρου ανάπτυξης.

Το εργαστήριο υλοποιείται σε 4 διακριτές φάσεις.

1η Φάση: Με βάση έναν ιστό ιδεοθύελλας θα καταγραφούν οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στο τι είναι λίθοι, πετρώματα, ορυκτά, απολιθώματα, που βρίσκονται, τα οφέλη που προκύπτουν από τους λίθους, κ.ά.

2η Φάση: Θα πραγματοποιηθεί χωρισμός των συμμετεχόντων σε 5 ομάδες. Κάθε ομάδα προτείνεται να περιλαμβάνει 4-5 άτομα και θα είναι υπό την καθοδήγηση ενός εκ των συνεργατών (εμψυχωτών) του εργαστηρίου και προγραμματίζεται να επεξεργαστεί ένα από τα παρακάτω θέματα που αφορούν βασικές πτυχές των λίθων.

(α) Ορυκτά - Πετρώματα: ονοματολογία, ποικιλία, κατηγορίες, φυσικές ιδιότητες και δομή.

(β) Ορυκτά - Πετρώματα: χημική σύσταση, χημικές ιδιότητες, χημικές αλλαγές και μετατροπές σε εργαστηριακή κλίμακα.

(γ) Απολιθώματα: η πορεία της ζωής πάνω στον πλανήτη.

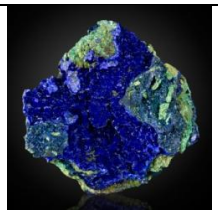
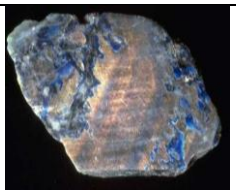
(δ) Σημασία των λίθων: ο λίθος ως παράγοντας ανάπτυξης και εξέλιξης του ανθρώπινου πολιτισμού και ειδικότερα του ελληνικού.

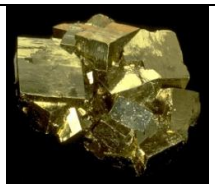
(ε) Χρηστικότητα γήινων υλικών: διευκολύνσεις που προσφέρουν τα υλικά της γης στη ζωή μας, χρηστικότητα, περιβαλλοντικά προβλήματα, αειφόρος ανάπτυξη.

Κάθε ομάδα θα εφοδιαστεί αρχικά με το κατάλληλο φυσικό υλικό, έντυπο υλικό, φωτογραφικό υλικό και εργαστηριακά όργανα, που έχει σχεδιαστεί και προετοιμαστεί από τους συνεργάτες (εμψυχωτές) του εργαστηρίου.

Η 1η Ομάδα, θα παραλάβει: (α) συλλογή χρήσιμων και αντιπροσωπευτικών ορυκτών, πετρωμάτων και μεταλλευμάτων της Ελληνικής Γης, (β) σειρά από κάρτες που θα αποτελέσουν οδηγό στην μελέτη της προηγούμενης συλλογής, δεδομένου οι κάρτες στη μία τους πλευρά παρουσιάζουν έγχρωμη εκτύπωση της φωτογραφίας κάθε δείγματος της συλλογής (Πίνακας 1) και από την άλλη πλευρά πληροφορίες σχετικές με το δείγμα (ονομασία, προέλευση του ονόματος, χημική σύσταση, σύστημα κρυσταλλώσεως, φυσικές ιδιότητες, χρήσεις, κ.ά.), (γ) μεγεθυντικό φακό και (δ) στερεοσκόπιο. Με την επεξεργασία του υλικού αυτού η ομάδα θα εξάγει συμπεράσματα σχετικά με την μεγάλη ποικιλία των γήινων υλικών, και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά εκάστου εξ αυτών (χρώμα, πυκνότητα, σκληρότητα, κρυσταλλικό σύστημα, λάμψη, διαφάνεια, σχισμός, χρώμα σκόνης ή ίχνος, κ.ά.).

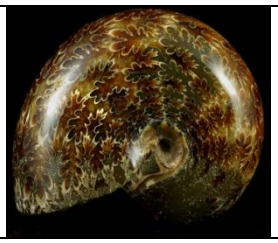
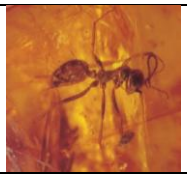
Πίνακας 1: Ορυκτά και πετρώματα της Ελληνικής Γης

1. Ασβεστίτης	2. Χαλαζίας	3. Πράσινος Χαλαζίας Σερίφου	4. Βαρύτης	5. Αλίτης
				
6. Θείο	7. Αζουρίτης	8. Οψιδιανός	9. Πλαγιόκλαστο	10. Ανδεσίτης
11. Γρανίτης	12. Γρανάτης	13. Γύψος	14. Βιοτίτης	15. Μοσχοβίτης

				
16.Σιδηροπυρίτης	17. Γαληνίτης	18. Σχιστόλιθος	19. Αιματίτης	20. Αμέθυστος

Η 2η Ομάδα θα παραλάβει: (α) εργαστηριακά όργανα, (β) ακίνδυνα εργαστηριακά υλικά και (γ) μικρά δείγματα ορυκτών και πετρωμάτων και θα πειραματιστεί με αυτά τα υλικά. Αναλυτικότερα, θα φτιάξει άσπρους κρυστάλλους, θα χρωματίσει τους άσπρους κρυστάλλους, θα απομακρύνει το νερό που συγκρατούν κάποιοι κρύσταλλοι, θα διαλύσει κρυστάλλους στο νερό και θα δοκιμάσει την επίδραση των διαλυμάτων αυτών στα μέταλλα, θα διαλύσει και θα κάψει πέτρες, θα δοκιμάσει τις ιδιότητες του ήλεκτρου του μαγνητίτη που μας οδήγησαν στον ηλεκτρισμό και στον ηλεκτρομαγνητισμό.
Η 3η Ομάδα θα παραλάβει: (α) συλλογή κοινών και αντιπροσωπευτικών απολιθωμάτων της Ελληνικής Γης και του κόσμου (Πίνακας 2), (β) κάρτες οι οποίες στην μία τους πλευρά παρουσιάζουν έγχρωμη εκτύπωση της φωτογραφίας κάθε δείγματος της συλλογής και από την άλλη πλευρά πληροφορίες σχετικές με το δείγμα (ονομασία, γεωλογική ηλικία, περιοχή προέλευσης, περιβάλλον απολιθωμένου οργανισμού κ.ά.), (γ) μεγεθυντικό φακό, (δ) στερεοσκόπιο, (ε) γραφική αναπαράσταση σε σπείρα της εξέλιξης γης και της ζωής επάνω στην οποία θα αντιστοιχίσουν τα δείγματα συλλογής των απολιθωμάτων, (στ) απλά υλικά (πηλός, πλαστελίνη, κ.ά.) και όργανα με τα οποία θα φτιάξουν μόνιμα αποτυπώματα, τμημάτων φυτικών και ζωικών οργανισμών, μαθαίνοντας τις φυσικές διαδικασίες απολίθωσης.

Πίνακας 2: Απολιθώματα της Ελληνικής Γης και του κόσμου

			
1. Αμμωνίτης	2. Αμμωνίτης (τομή)	3. Ιππουρίτης	4. Τριλοβίτης
5. Απολιθωμένο φύλλο Αχαΐας	6. Απολιθωμένο κογχύλι	7. Απολιθωμένα κοράλλια Έβρου	8. Απολιθωμένη φύλλο Κορινθία
			
9. Απολιθωμένο Pecten (χτένι)	10. Απολιθωμένος αχινός	11. Απολιθωμένο ψάρι	*12. Έντομο* έγκλειστο *σε κεχριμπάρι*

Η 4η Ομάδα θα παραλάβει: (α) συλλογή ορυκτών και πετρωμάτων που προσέφεραν τις υπηρεσίες τους στην αυγή της ανθρωπότητας (οψιδιανός, πυριτόλιθος, πωρόλιθος) και άλλων που αναφέρονται στο πρώτο ορυκτολογικό σύγγραμμα «Περί Λίθων» (Θεόφραστος το 315π.Χ.) όπως μάρμαρα, τραχείτης, θείο, σμύριδα, ίασπις, ορεία κρύσταλλος, καθώς επίσης λίθους από τα «αργυρεία» του Λαυρίου, χάρις των οποίων πραγματοποιήθηκε το πολιτιστικό θαύμα του 5ου π.Χ αιώνα, το οποίο χάρις του χρυσού της Μακεδονίας μεταφέρθηκε και διαδόθηκε αργότερα με τις εκστρατείες του Μ. Αλεξάνδρου στα βάθη της Ανατολής, (β) έγχρωμες φωτογραφίες από τα άπειρα θαυμάσια μνημεία, ναούς, κεραμικά, γλυπτά και τεχνουργήματα στα οποία αντανακλάται η πολιτιστική διεθνής ακτινοβολία του αρχαιοελληνικού πολιτισμού, (γ) έγχρωμες φωτογραφίες από ορεινούς και νησιωτικούς παραδοσιακούς οικισμούς, που αποδεικνύουν ότι οι λίθοι με την ευρεία τους έννοια (ορυκτά, πετρώματα, μεταλλεύματα) έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη του ανθρώπου και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του ευρύτερου φυσικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος.

Πίνακας 3. «Τα Ορυκτά στη Ζωή μας, Χρηστικότητα, Περιβάλλον, Προβλήματα» (Γεωργιάδης 2003)

α/α	Αντικείμενα καθημερινής χρήσεις	Ορυκτά από τα οποία παράγονται	Μέρος που εξορύσσονται
1	Πορσελάνινα σερβίτσια, Είδη υγιεινής, Πλακάκια μπάνιου και κουζίνας	Άστριοι, καολίνης και χαλαζίας	Ελλάδα
2	Κινητά τηλέφωνα, Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές	Η βάση είναι: υψηλής καθαρότητας χαλαζίας και υψηλής καθαρότητας πυρίτιο (+ 40 διαφορετικά ορυκτά)	Δεν τα παράγουμε
3	Αλουμινένιες πόρτες, Αεροπλάνα	Βωξίτης	Ελλάδα
4	Οδοντόπαστα: α) κρέμα, β) σωληνάριο	α) Ανθρακικό ασβέστιο, τάλκης, (και ελαφρόπετρα) β) αλουμίνιο	Ελλάδα
5	Τηλεόραση: από το γυαλί, τα πλαστικά καλύμματα και τα ηλεκτρονικά	Απαιτούνται 35 διαφορετικά ορυκτά	Μερικά ορυκτά παράγονται στην Ελλάδα
6	Ζάχαρη (για απομάκρυνση ανεπιθύμητων ουσιών)	Ασβέστης (από τον ασβεστόλιθο)	Ελλάδα
7	Ζωοτροφές	Ανθρακικό ασβέστιο, μαγνησία (από λευκόλιθο), άργιλοι	Ελλάδα
8	Κατσαρόλες, μαχαιροπίρουνα, ιατρικά εργαλεία, ξυραφάκια, κ.ά.	Ανοξείδωτος χάλυβας από χρωμίτη και νικελιούχο σιδηρομετάλλευμα	Χρωμίτη: έχουμε δεν το παράγουμε Η Ελλάδα είναι 1η στην Ευρώπη στην παραγωγή νικελίου
9	Μπαταρίες από μαγγάνιο (τηλεκοντρόλ)	Πυρολουσίτης	Διαθέτουμε, δεν το παράγουμε
10	Μπαταρίες λιθίου, Λιπαντικά αυτοκινήτου, σύνθεση Βιταμινών	Πυρολουσίτης, Λεπιδόλιθος, σποδούμενο, πεταλίτης, κ,ά.	Διαθέτουμε δεν τα παράγουμε

Η 5η Ομάδα θα παραλάβει: (α) ένα κατάλογο με τα αντικείμενα που χρησιμοποιεί ο σύγχρονος άνθρωπος στην καθημερινότητά του, τα ορυκτά τα οποία απαιτούνται για την παραγωγή εκάστου αντικειμένου εξ αυτών και τη χώρα εξόρυξης των ορυκτών αυτών (τμήμα του καταλόγου παρατίθεται στον Πίνακα 3.) και (β) ένα κατάλογο με τη σημασία των

Γεωεπιστημών στην εξεύρεση και διαχείριση μεταλλικών ορυκτών, ορυκτών ενεργειακών καυσίμων, δομικών υλικών, βιομηχανικών ορυκτών, και του νερού στη σύγχρονη ζωή μας καθώς και πως επηρεάζουν τα πετρώματα του υποβάθρου μιας περιοχής στη κατασκευή τεχνικών έργων (φράγματα, αυτοκινητόδρομοι, σιδηρόδρομοι, σήραγγες, γέφυρες, οικοδομήματα, κ.ά.). Μέσα από τη γνώση του «πέτρινου κόσμου» ο άνθρωπος σήμερα μπορεί να πετύχει το γεφύρωμα μεταξύ των υλικών που προσφέρει απλόχερα η φύση, της αναγκαίας εκμετάλλευσής τους και της βιώσιμης ανάπτυξης.

3η Φάση: Συγκέντρωση των ομάδων και παρουσίαση των εργασιών κάθε ομάδας στην ολομέλεια. Στη συνέχεια, θα πραγματοποιηθεί σύντομη επίδειξη βιντεοσκοπημένων πειραμάτων τα οποία μπορούν να πραγματοποιηθούν εκτός της σχολικής αίθουσας, όπως δημιουργία ενός εικονικού ηφαιστείου, αναπαραστάσεις της μεταβαλλόμενης φύσης των πετρωμάτων, της γεωμορφολογίας μιας περιοχής και των εδαφών, δημιουργία πηγών, ποταμών, κ.ά. Με τα πειράματα αυτά θα γίνει κατανοητό ότι, τα πετρώματα του φλοιού της Γης γεννιούνται, μεταμορφώνονται ή καταστρέφονται μέσα από μια αδιάκοπη κυκλική επαναληπτική διεργασία που έχει αποδοθεί ως κύκλος μετασχηματισμού των πετρωμάτων.

4η Φάση: Στη φάση αυτή υλοποιείται η αξιολόγηση του εργαστηρίου με κατάλληλα διαμορφωμένο ερωτηματολόγιο.

Βιβλιογραφία

Αλεξούλη-Λειβαδίτη, Α. (2008). *Γενική Γεωλογία, Στοιχεία Δυναμικής και Τεκτονικής Γεωλογίας.* Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Γεωργιάδης, Γ. (2003). *Τα ορυκτά στη ζωή μας - Χρηστικότητα, Περιβάλλον, Προβλήματα.* Αθήνα: Λιβάνης.

Καλογιαννάκης, Μ. & Ρεκούμη, Χ. (2008). Η διδασκαλία της Γεωλογίας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: βήματα εμπρός ή βήματα πίσω. *Κίνητρο, 9,* 105-125.

Blake, A. (2005). Do you children's ideas about the Earth's structure and processes reveal underlying patterns of descriptive and causal understanding in earth science. *Research in Science Technological Education,* 23(1), 59-74.

Dove, J-E. (1998). Students' alternative conceptions in Earth science: a review of research and implications for teaching and learning. *Research Papers in Education, 13*(2), 183-201.

King, C.-J.-H. (2010). An Analysis of Misconceptions in Science Textbooks: Earth science in England and Wales. *International Journal of Science Education, 32(*5), 565-601.

Oversby, J. (1996). Knowledge of earth science and the potential for its development. *School Science Review, 78*(283), 91-97.

Rekoumi, Ch., Chazipapas, C. & Kalogiannakis, M. (2010). Geoenvironmental Knowledge as Frame Foundation of Environmental Conscience. In M. Kalogiannakis, D. Stavrou & P.-G. Michaelidis (Eds.) *Proceedings of the 7th International Conference on Hands-on Science* (pp. 222-230), University of Crete - Rethymno, 25-31 July 2010.

Russell, T., Bell, D., Longden, K. & McGuigan, L. (1993). *Primary SPACE research report: rocks, soil and weather.* Liverpool: Liverpool University Press.

ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΤΗΣ ΚΛΑΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ (ΚΑΙ) ΜΕΣΩ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

Ευστράτιος Καπότης[1], *Παναγιώτης Τσάκωνας*[2], *Δημήτριος Γουσόπουλος*[3]

[1] Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[3] ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Σύνοψη εργαστηρίου

Στο εργαστήριο αυτό προτείνεται η χρήση Μαθησιακών Αντικειμένων (Μ.Α.) που έχουν δημιουργηθεί με σκοπό την υποβοήθηση της (αυτό) διδασκαλίας θεμάτων Φυσικής. Αυτά τα Μ. Α. διατίθενται δωρεάν για χρήση από τους ενδιαφερόμενους εκπαιδευτικούς ή/και τους μαθητές-εκπαιδευόμενους και στοχεύουν να καλύψουν ένα εύρος χρήσεων που κυμαίνεται από την εποπτική υποστήριξη της διδασκαλίας με παραμετροποιούμενες οπτικοποιήσεις που προκύπτουν από την σε πραγματικό χρόνο επίλυση των εξισώσεων που χρησιμοποιούνται ως μοντέλο του υπό μελέτη φυσικού φαινομένου, περνούν στη σύνθεση και επίδειξη πειραμάτων σκέψης, και φτάνουν ως την παραγωγή υλικού για σύνθεση ασκήσεων, φύλλων εργασίας, δοκιμασιών σε έντυπη ή ηλεκτρονική μορφή, κ.λπ.
Οι συμμετέχοντες στο εργαστήριο θα έχουν την ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν τα Μ.Α., αρχικά υπό καθοδήγηση και στη συνέχεια κατά τρόπο ελεύθερο, ώστε να προτείνουν οι ίδιοι τρόπους αξιοποίησής τους. Δεδομένου ότι πολλά από αυτά συνιστούν λογισμικό ανοικτού κώδικα, οι συμμετέχοντες θα μπορούν είτε να αποκτήσουν μια πρώτη εμπειρία συγγραφής εκπαιδευτικού λογισμικού, ή να εμπλουτίσουν τις εμπειρίες τους και ταυτόχρονα να προτείνουν και να δοκιμάσουν τρόπους επαύξησης της λειτουργικότητας των επιδεικνυόμενων Μ.Α., μέσα από τη μελέτη του κώδικα και της αναλυτικής επεξήγησης της λογικής που τον διέπει και των προγραμματιστικών τεχνικών που ενσωματώνονται σε αυτόν. Θα τονιστούν ιδιαίτερα οι τεχνικές της δημιουργίας κινούμενων γραφικών (animation), αλληλεπίδρασης μέσω του ποντικιού, μοντελοποίησης τρισδιάστατων γραφικών, κ.λπ.
Τα προτεινόμενα Μ.Α. χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: α) αυτοτελείς εφαρμογές που εγκαθίστανται και εκτελούνται τοπικά σε υπολογιστικό σύστημα, β) εφαρμογές ανοικτού κώδικα που εκτελούνται σε περιβάλλον φυλλομετρητή και διανέμονται / αναβαθμίζονται διαδικτυακά. Και στις δύο περιπτώσεις υποστηρίζονται γραφικά τόσο σε δύο όσο και τρεις διαστάσεις καθώς και πλήρως αλληλεπιδραστικό περιβάλλον. Τα Μ.Α. της πρώτης κατηγορίας έχουν αναπτυχθεί σε γλώσσα προγραμματισμού Visual BASIC (με χρήση, όπου απαιτείται, της βιβλιοθήκης τρισδιάστατων γραφικών OpenGL), ενώ για τη δεύτερη κατηγορία χρησιμοποιήθηκαν η HTML5, εμπλουτισμένη με Javascript και WebGL.
Κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου θα γίνει αναφορά στην αρχιτεκτονική ενός βασικού σκελετού κώδικα που λειτουργεί ως βάση για την οικοδόμηση μικροεφαρμογών προσομοίωσης / οπτικοποίησης. Θα αναφερθούν βασικές τεχνικές για τη δημιουργία κινούμενων εικόνων, αλληλεπίδρασης με το ποντίκι, μοντελοποίησης τρισδιάστατων αντικειμένων κ.λπ.

Δραστηριότητες εργαστηρίου

1. Περιστρεφόμενα διανύσματα και ημιτονοειδείς καμπύλες

Αναδεικνύεται ο τρισδιάστατος χαρακτήρας του μοντέλου του περιστρεφόμενου διανύσματος και της σχέσης του με την ημιτονοειδή καμπύλη και δίνεται η δυνατότητα θέασης της, σε πραγματικό χρόνο εξελισσόμενης, προσομοίωσης από διάφορες οπτικές γωνίες. Μετά την εισαγωγή βασικών εννοιών επί της σχέσης του περιστρεφόμενου διανύσματος με ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενο μέγεθος, παρουσιάζονται εφαρμογές στα βασικά μεγέθη (απομάκρυνση, ταχύτητα, επιτάχυνση) μιας Γραμμικής Αρμονικής Ταλάντωσης, στη σύνθεση ταλαντώσεων (με επιλογή, σχετικών πλατών, σχετικών συχνοτήτων, διαφοράς φάσης, κ.λπ., ώστε να αναδειχθούν και περιπτώσεις που δεν καλύπτονται από το σχολικό βιβλίο) και σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος RLC σε σειρά.

2. Μελέτη Καταστατικής Εξίσωσης

Δίνεται η ευκαιρία παρατήρησης της πλήρους γραφικής παράστασης της εξίσωσης PV=nRT (επιφάνεια στο χώρο) και της εναλλαγής προβολών P-V, V-T και P-T. Επιτρέπεται η προβολή των συνήθων αντιστρεπτών μεταβολών (ισόθερμη, ισόχωρη, ισοβαρής και αδιαβατική) και η καταγραφή της διαδοχής τους προκειμένου να απεικονιστεί μια σύνθετη μεταβολή, την οποία ακολούθως το λογισμικό μπορεί να παρουσιάσει σε διάφορες (συνήθεις ή μη) προβολές. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα στο χρήστη να συσχετίσει τις μορφές των γραφικών παραστάσεων με το τρισδιάστατο αντίστοιχό τους.

3. Μελέτη Παλμών – Κυμάτων

Προσομοίωση – οπτικοποίηση των παλμών και των κυμάτων σε μονοδιάστατο και δισδιάστατο μέσο διάδοσης. Έλεγχος παραμέτρων κύματος, παρατήρηση μορίου του ελαστικού μέσου, χάραξη / σύγκριση γραφικών παραστάσεων, ανάκλαση, διάθλαση, συμβολή σε σημείο ή σε δισδιάστατη επιφάνεια, περίθλαση, στάσιμο κύμα (τελική μορφή αλλά και παρατήρηση της σταδιακής δημιουργίας του σε μονοδιάστατο ελαστικό μέσο) με δεσμό ή κοιλία στο δεξί άκρο του ελαστικού μέσου, απομόνωση στιγμιοτύπων της προσομοίωσης και αυτόματη ή κατά βούληση αναπαραγωγή άπαξ ή κατ΄ επανάληψη, αντιγραφή στο πρόχειρο των Windows ή αποθήκευση σε αρχείο εικόνας των οπτικοποιήσεων που παράγει η εφαρμογή, δημιουργία και εκτύπωση γραπτών δοκιμασιών ελέγχου κατανόησης των θεματικών ενοτήτων, διενέργεια δοκιμασιών στον υπολογιστή με χρονομέτρηση και βαθμολόγηση, εμπλουτισμός δοκιμασιών με υλικό (εικόνες) που παράγονται από το ίδιο το λογισμικό.

4. Ειδική Σχετικότητα

Διασάφηση λεπτομερειών της Ειδικής Θεωρίας της Σχετικότητας με απλά γραφικά σε συνδυασμό με εικόνες που έχουν αναζητηθεί στο διαδίκτυο και επαναχρησιμοποιήσιμα προγραμματιστικά Αντικείμενα για απλοποίηση του προγραμματισμού. Με εύκολο και απλό έλεγχο παραμέτρων προσομοιώνονται νοητικά πείραμα που πρότεινε ο ίδιος ο Einstein και παρουσιάζονται μεταβολές φυσικών ποσοτήτων που είναι αδύνατο να γίνουν αντιληπτές από τα αισθητήρια όργανά μας και τα περισσότερα μετρητικά όργανα της καθημερινής ζωής (συστολή μήκους, διαστολή χρόνου, μη Γαλιλαιική πρόσθεση ταχυτήτων για το φως).
Θα παρουσιαστούν εφαρμογές για την διασάφηση της έννοιας του ταυτοχρονισμού στην ΕΘΣ, τη σύγκριση ενδείξεων ρολογιών, τη σταθερότητα της ταχύτητας του φωτός ανεξαρτήτως ταχύτητας παρατηρητή ή/και πηγής και τη συστολή του μήκος αντικειμένων, χρησιμοποιώντας

το παράδειγμα της κινούμενης ράβδου.
Όλες οι εφαρμογές είναι αλληλεπιδραστικές και χρησιμοποιούν ένα τυποποιημένο τρόπο ελέγχου των παραμέτρων (datGui.js) με σκοπό της ταχύτερη εξοικείωση του χρήστη, αλλά και την ανάδειξη της δυνατότητας σύνθεσης μιας διαδικτυακής εφαρμογής μέσω έτοιμων βιβλιοθηκών υπορουτινών και λειτουργικότητας που διατίθενται δωρεάν μέσω διαδικτύου και εμπλουτίζονται διαρκώς με νέες και βελτιωμένες δυνατότητες σε διάφορες ηλεκτρονικές κοινότητες προγραμματιστών.

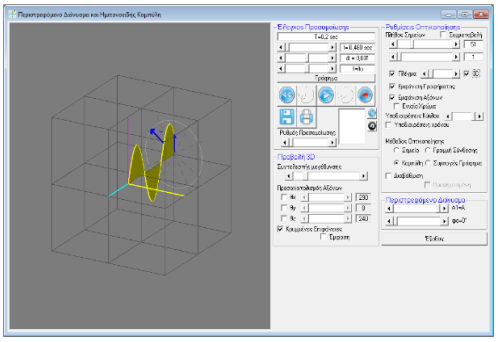
5. Γενική Σχετικότητα –Χωροχρόνος / Ανελκυστήρας / Ρολόγια / Επιτάχυνση και βαρυτικό πεδίο

Προσομοίωση – οπτικοποίηση φαινομένων της Γενικής Θεωρίας της Σχετικότητας.
Αναπαράσταση του χωροχρονικού συνεχούς με δυνατότητα επιλογής ύπαρξης ενέργειας - μάζας σε ένα σημείο, περιστροφής του στο χώρο και προβολή της τροχιάς μιας ακτίνας του φωτός κινούμενης σε αυτό (η προσομοίωση προβάλει ταυτόχρονα την πορεία που προβλέπουν η Κλασική Φυσική και η ΓΘΣ).
Προσομοίωση του νοητικού πειράματος του ανελκυστήρα του Einstein με δυνατότητες: α) μεταβολής της κινητικής του κατάστασης (μεταβολή ταχύτητας και επιτάχυνσης) και της κατεύθυνσης κίνησης, β) επιλογής συστημάτων αναφοράς (εντός και εκτός του ανελκυστήρα), γ) εμφάνισης ή και απόκρυψης φυσικών μεγεθών (χρόνου, μάζας, βάρους, δύναμης, τροχιών σωματιδίων και φωτονίων), δ) γραφικών αναπαραστάσεων τους ή χρήσης οργάνων μέτρησης τους, ε) κίνησης σε χώρους με κάθε πιθανό συνδυασμό ύπαρξης ή μη βαρυτικού πεδίου και επιτάχυνσης.
Σύγκριση ενδείξεων ρολογιών που βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία βαρυτικού πεδίου, μέσω εκπεμπόμενων φωτονίων.
Ανάδειξη της ισοδυναμίας βαρυτικού πεδίου και επιταχυνόμενης κίνησης μέσω της μελέτης της κίνησης ακτίνας φωτός η οποία εκπέμπεται στο εσωτερικό ενός πυραύλου που α) βρίσκεται σε βαρυτικό πεδίο ή, β) επιταχύνεται ομαλά.

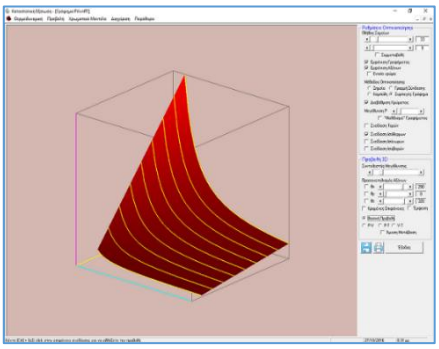
6. Παρουσίαση αρχιτεκτονικής λογισμικού προσομοίωσης / οπτικοποίησης

Στο Εργαστήριο παρουσιάζονται μέθοδοι και τεχνικές προσομοίωσης φυσικών φαινομένων, υλοποίησης δυνατοτήτων διάδρασης μέσω του πληκτρολογίου, του ποντικιού, της οθόνης αφής, κωδικοποίησης μαθηματικών μοντέλων σε αλγοριθμική μορφή και μοντέλων οπτικοποίησης φυσικών οντοτήτων σε δύο και τρεις διαστάσεις. Δίνεται έμφαση σε πρακτικές αντιμετώπισης των περιορισμών που το εκάστοτε χρησιμοποιούμενο υπολογιστικό σύστημα θέτει στην ταχύτητα και την πιστότητα της προσομοίωσης και της οπτικοποίησης.

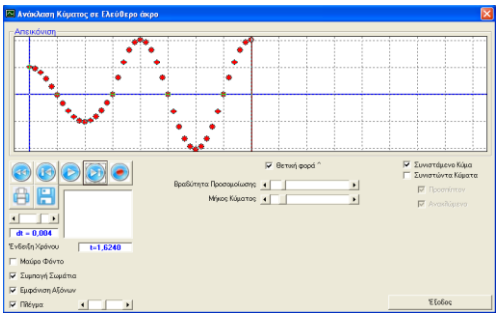
Εικόνα 1: Περιστρεφόμενο διάνυσμα



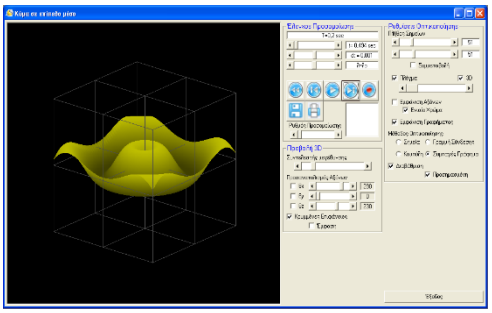
Εικόνα 2: Καταστατική Εξίσωση



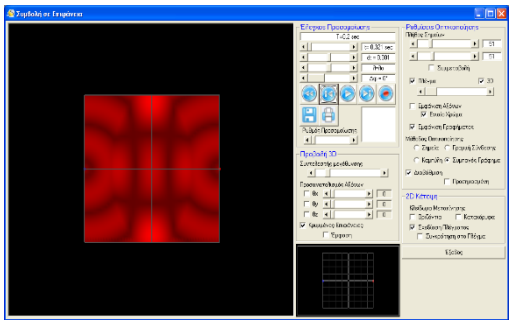
Εικόνα 3: Ανάκλαση Κύματος σε ελεύθερο άκρο



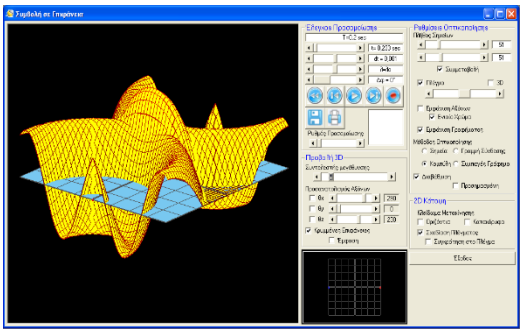
Εικόνα 4: Διάδοση Κύματος σε δύο διαστάσεις



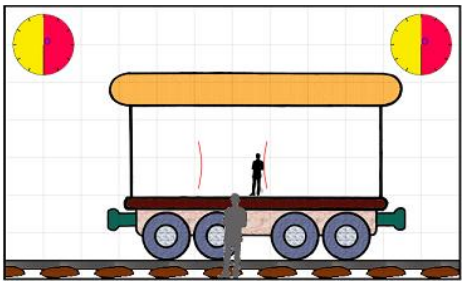
Εικόνα 5: Αλλαγή κυκλικών μετώπων σε κροσσούς



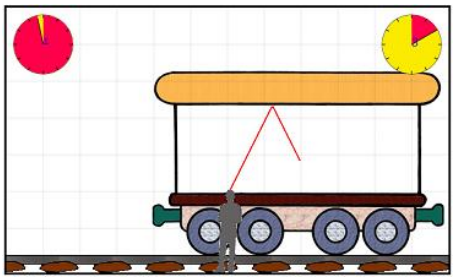
Εικόνα 6: Υπέρθεση κυμάτων σε επιφάνεια



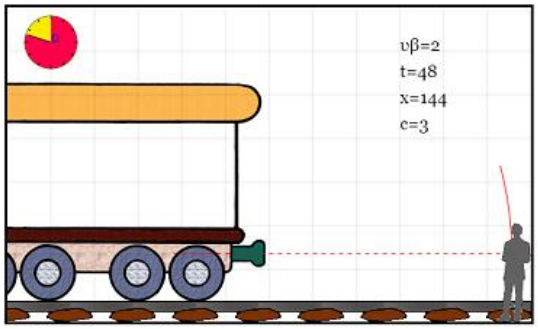
Εικόνα 7: Ειδική Σχετικότητα – Ταυτοχρονισμός



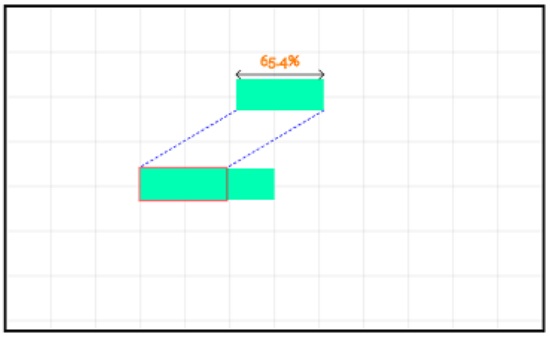
Εικόνα 8: Ειδική Σχετικότητα – Ρολόγια



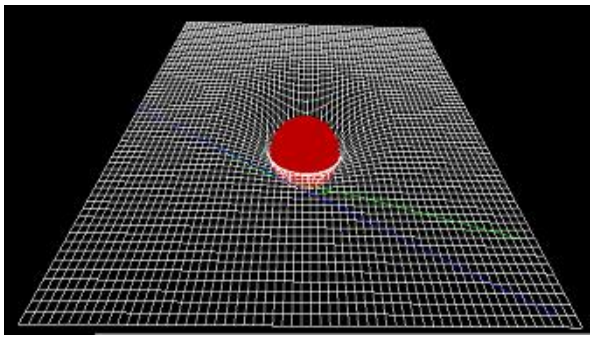
Εικόνα 9: Ειδική Σχετικότητα – Ταχύτητα φωτός



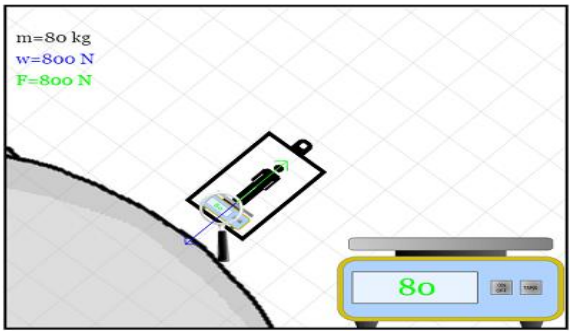
Εικόνα 10: Ειδική Σχετικότητα – Κινούμενη ράβδος



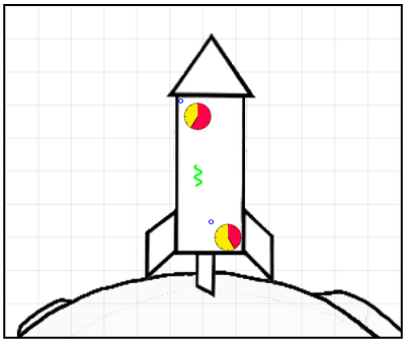
Εικόνα 11: Γενική Σχετικότητα – Χωροχρόνος



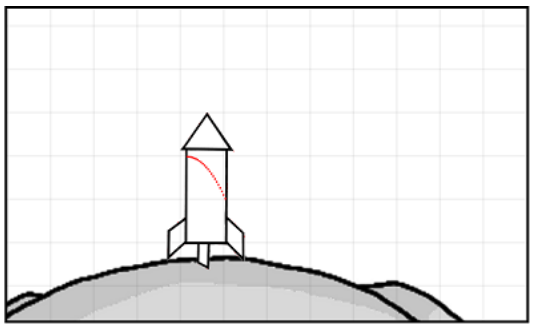
Εικόνα 12: Γενική Σχετικότητα – Ανελκυστήρας



Εικόνα 13: Γενική Σχετικότητα – Ρολόγια



Εικόνα 14: Γενική Σχετικότητα – Βαρυτικό πεδίο



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ «ΠΕΡΙ ΦΥΤΩΝ»- ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΑΠΕΙΑ ΤΗΣ ΤΥΦΛΟΤΗΤΑΣ ΣΤΑ ΦΥΤΑ

ζ ŬŶ ƩŸƷƷŬŤŬƄŬĶĺƩŭŸƏď
ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Σύνοψη εργαστηρίου

Παρόλο που η ζωή στη γη βασίζεται στα φυτά, οι μαθητές έχουν περιορισμένες γνώσεις και κανένα ενδιαφέρον για τα φυτά ώστε έχει επινοηθεί ο όρος αφυτοψία (τυφλότητα στα φυτά) που περιγράφει αυτή την κατάσταση. Ως εκπαιδευτικοί Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΠΕ) πρέπει να αυξήσουμε τις γνώσεις και ενδιαφέρον των μαθητών και φοιτητών-εκπαιδευτικών για τα φυτά με καινοτόμες προσεγγίσεις, Στο εργαστήριο θα παρουσιαστούν:
α) επτά δραστηριότητες για φυτά που βασίζονται στην διερεύνηση από το πρόγραμμα PriSciNet.
β) περιβαλλοντικό μονοπάτι στην Πανεπιστημιούπολη Ρεθύμνου ως παράδειγμα μελέτης της τοπικής χλωρίδας, στόχο της ΠΕ και της εκπαίδευσης βασισμένης στον τόπο
γ) ιστορίες για φυτά που άλλαξαν τον κόσμο από ομότιτλο βιβλίο.

Εισαγωγή- Σκοπός του Εργαστηρίου

Κάθε βιβλίο Βιολογίας αναφέρει ότι η ζωή στη γη στηρίζεται στα φυτά. Τα φυτά βρίσκονται στη βάση των τροφικών αλυσίδων και παρέχουν ενέργεια και άνθρακα στους υπόλοιπους οργανισμούς των οικοσυστημάτων. Ιδιαίτερα για τον άνθρωπο η σημασία τους είναι πολλαπλή καθώς παρέχουν τροφή, φάρμακα, καύσιμη ύλη, πρώτη ύλη για έπιπλα, ρουχισμό, κατοικία αλλά και αισθητική απόλαυση (Starr et al. 2016). Όμως, μελέτες δείχνουν ότι μαθητές διαφόρων ηλικιών, σε διάφορες χώρες, γνωρίζουν λίγα πράγματα για τα φυτά, έχουν μικρό ενδιαφέρον για τα φυτά ενώ προτιμούν τα ζώα έναντι των φυτών(Schussler et al. 2010). Ο όρος «plant blindness» (τυφλότητα στα φυτά) επινοήθηκε από τους Wandersee & Schussler (1999) για να περιγράψει την αδυναμία των νέων να παρατηρούν τα φυτά γύρω τους, με αποτέλεσμα να μην εκτιμούν τη σημασία τους για τα οικοσυστήματα και τον άνθρωπο. Οι συγγραφείς αποδίδουν το γεγονός στη φυσιολογία της ανθρώπινης οπτικής αντίληψης (Wandersee & Schussler 2001). Όμως μια σειρά από δεδομένα όπως η αποξένωση των νέων από τη φύση (Louv 2008), η μείωση έως εξαφάνιση της βοτανικής από τα σχολικά εγχειρίδια Βιολογίας (Hersey 1998), η ελλιπής επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σχετικά με τα φυτά, η συντηρητική διδακτική προσέγγιση της βοτανικής, η κυριαρχία των ζώων και η παραμέληση των φυτών στην εκπαίδευση αλλά και στις παιδικές τηλεοπτικές σειρές, στην παιδική λογοτεχνία, ακόμη και στην ειδησεογραφία μάλλον υποδεικνύουν εκπαιδευτικό και πολιτισμικό φαινόμενο και έλλειμμα παρά πρόβλημα στην λειτουργία της ανθρώπινης οπτικής αντίληψης (Hesrey 2002).

Ως εκπαιδευτικοί Βιολογίας, Φυσικών Επιστημών αλλα και Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΠΕ) πρέπει να καταβάλουμε ιδιαίτερη προσπάθεια να αυξήσουμε τις γνώσεις και το ενδιαφέρον των μαθητών μας για τα φυτά, ιδιαίτερα των φοιτητών- εκπαιδευτικών. Διαφορετικά, ποιος θα ενδιαφερθεί για την προστασία της φυτικής βιοποικιλότητας του πλανήτη; Υπολογίζεται ότι 100.000 φυτικά είδη απειλούνται με εξαφάνιση δηλαδή το ένα τρίτο των φυτικών ειδών του πλανήτη (Sanders 2007).
Προτεινόμενες διδακτικές στρατηγικές για την πρόληψη της τυφλότητας στα φυτά είναι: η γνωριμία –όπως και με όλους τους ζωντανούς οργανισμούς- να γίνεται με την άμεση εμπειρία (Barker 2007), σε χώρους τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης όπως οι βοτανικοί κήποι (Sanders 2007), εμπειρίες με την οικογένεια ή ένα μέντορα (Wandersee & Schussler 2001). Να εμπλουτιστούν τα κεφάλαια βοτανικής στα σχολικά εγχειρίδια ώστε να αντανακλούν την επιστημονική πρόοδο στην βοτανική η δε διδασκαλία για τα φυτά να γίνεται με πρωτότυπο και ευφάνταστο τρόπο με απλές hands-on δραστηριότητες για όλε στις ηλικίοες από την προσχολική ηλικία έως το Παν/μιο (Hersey 2002).
Σκοπός του εργαστηρίου είναι να αναδείξει το πρόβλημα της τυφλότητας στα φυτά ιδιαίτερα στους εκπαιδευτικούς και στους εκπαιδευτές εκπαιδευτικών και να να παρουσιάσει τρείς διδακτικές προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση του που χρησιμοποιούμε με τους φοιτητές μας στο ΠΤΔΕ Πανμίου Κρήτης: α) δραστη-ριότητες βασισμένες στη διερεύνηση (inquiry) β) περιβαλλοντικό μονοπάτι για τα φυτά στην Πανεπιστημιούπολη στο Ρέθυμνο και γ) ενδιαφέρουσες ιστορίες για φυτά που έχουν παίξει σπουδαίο ρόλο στην ιστορία της ανθρωπότητας ή έχουν ασυνήθιστες ιδιότητες.

Δραστηριότητες εργαστηρίου

Διδασκαλία και μάθηση για ΦΥΤΑ βασισμένη στην διερεύνηση για μαθητές 3-8 ετών από το πρόγραμμα PriSciNet

Η αξία της διδασκαλίας και μάθησης στις ΦΕ με διερεύνηση έχει τονιστεί επανειλημμένα στη βιβλιογραφία ακόμη και για παιδιά προσχολικής ηλικίας (Tunnicliffe 2016). Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα PriSciNet είχε ως στόχο να προωθήσει την διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ με διερεύνηση στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση στην Ευρώπη μέσω της παραγωγής εκπαιδευτικού υλικού με τη μορφή 45 αυτοτελών δραστηριοτήτων για παιδιά 3 -11 ετών (Gatt et al. 2013). Οι δραστηριότητες έχουν μεταφραστεί και στην ελληνική γλώσσα και είναι διαθέσιμες στην ιστοσελίδα του ΠΤΔΕ Κρήτης (Καλαϊτζιδάκη 2014). Είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία ότι για να μπορέσουν οι εκπαιδευτικοί να εφαρμόσουν διδασκαλία με διερεύνηση με τους μαθητές τους, πρέπει να έχουν εκτεθεί σ΄αυτή την διδακτική προσέγγιση οι ίδιοι. Γι αυτό το λόγο συμπεριλαμβάνουμε το εκπαιδευτικό υλικό PriSciNet στην εκπαίδευση των φοιτητών μας. Επτά (7) δραστηριότητες αφορούν τα φυτά και παρουσιάστηκαν σ’ αυτό το εργαστήριο.
Οι δραστηριότητες εκτελούνται με απλά, καθημερινά υλικά, ξεκινούν με πρόκληση του ενδιαφέροντος, που για αυτές τις ηλικίες είναι μια ιστορία, μετά υλοποιείται η διερεύνηση από τους μαθητές σε ομάδες και η δραστηριότητα ολοκληρώνεται με την εξαγωγή συμπερασμάτων από τα διαθέσιμα δεδομένα . Οι δραστηριότητες είναι μικρής διάρκειας, εάν όμως γίνει φύτευση, απαιτείται παρατήρηση μιας ή περισσότερων εβδομάδων. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να δώσει αρκετό χρόνο στους μαθητές να επικοινωνήσουν και να συζητήσουν τις απόψεις τους και τα ευρήματα τους στο στάδιο διατύπωσης των προβλέψεων όσο και στο στάδιο της διερεύνησης και στο στάδιο της εξαγωγής συμπεράσματος. Σκοπός των δραστηριοτήτων είναι η οικοδόμηση εννοιών σχετικών με τα φυτά και η ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης. Στόχος είναι επίσης η κατανόηση του «έγκυρου» πειράματος (fair testing).

Οι δραστηριότητες «Τι είναι ένα φυτό», «Μπορούν τα φυτά να αναπτυχθούν στο σκοτάδι» και «Φυτεύοντας σπόρους» απευθύνονται σε παιδιά 3-5 ετών.
Στη δραστηριότητα «Τι είναι ένα φυτο» γίνονται δύο διερευνήσεις, για το χρώμα των φυτών και για το αν τα φυτά μετακινούνται. Στη δραστηριότητα «Φυτεύοντας σπόρους» τα παιδιά φυτεύουν τον ίδιο αριθμό σπόρων σε 5 δοχεία, καθένα σε διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες (πχ φως/χωρίς φως, νερό/χωρίς νερό), παρατηρούν τι συμβαίνει για ένα διάστημα και βγάζουν συμπεράσματα για τους παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των φυτών.
Οι δραστηριότητες «Φτερωτοί σπόροι», «Από τον σπόρο στο νεαρό φυτό», «Οι σπόροι απορροφούν νερό» και «Προς ποιά κατεύθυνση μεγαλώνουν τα φυτά» είναι πιο σύνθετες και απευθύνονται σε παιδιά 6-8 ετών. Εδώ διερευνώνται φαινόμενα όπως η βλάστηση των σπόρων , η ανάπτυξη του νεαρού φυτού, η διασπορά των σπόρων.
Στη δραστηριότητα «Φτερωτοί σπόροι» μελετάται η διασπορά των σπόρων από το μητρικό φυτό με τον άνεμο ιδιαίτερα δε σπόροι που διαθέτουν πτητικά εξαρτήματα όπως οι σπόροι του αγριοράδικου που ονομάζονται μουσαφίρηδες στην καθημερινή γλώσσα (εικόνα 1**).** Οι σπόροι που «πετάνε» αποτελούν μια έξυπνη στρατηγική για την καλύτερη διασπορά τους. Την απομάκρυνση τους δηλαδή από το μητρικό φυτό. Οι μαθητές αφου παρατηρήσουν τέτοιους σπόρους, κατασκευάζουν μοντέλα σπόρων που «πετάνε» από απλά υλικά (κλωστή, διάφορα χαρτιά, συνδετήρες, νήματα κλπ. Στη δραστηριότητα «Οι σπόροι απορροφούν νερό» τίθεται το ερώτημα σε ποιες συνθήκες βλαστάνουν οι σπόροι όπως τα φασόλια. Οι σπόροι βρίσκονται σε λήθαργο. Το φυτικό εμβρυο που βρίσκεται στον σπόρο χρειάζεται νερό για να ενεργοποιηθεί. Ο σπόρος απορροφά νερό και διογκώνεται. Αυτό μπορεί να φανεί από τη ρηξη ενός γυάλινου μπουκαλιού που περιέχει ξηρά φασόλια στα οποία προστέθηκε αποβραδίς ζεστό νερό και το μπουκάλι σφραγίστηκε. Κάτι τέτοιο δεν παρατηρείται στον μάρτυρα, μπουκάλι με ίδια ποσότητα φασολιών, χωρίς νερό (εικονα 2).
Στη δραστηριότητα «Από τον σπόρο στο νεαρό φυτό» γίνεται παρατήρηση σπόρων από τη βλάστηση (σημείο εμφάνισης του ριζιδίου) μέχρι την ανάπτυξη του νεαρού φυτού για διάστημα 3-4 εβδομάδων. Οι παρατηρήσεις μπορούν να καταγραφούν στο παρεχόμενο «ημερολόγιο παρατήρησης». Τα μονοκοτυλήδονα και τα δικοτυλήδονα φυτά έχουν διαφορετικό πλαίσιο ανάπτυξης (Starr 2015)

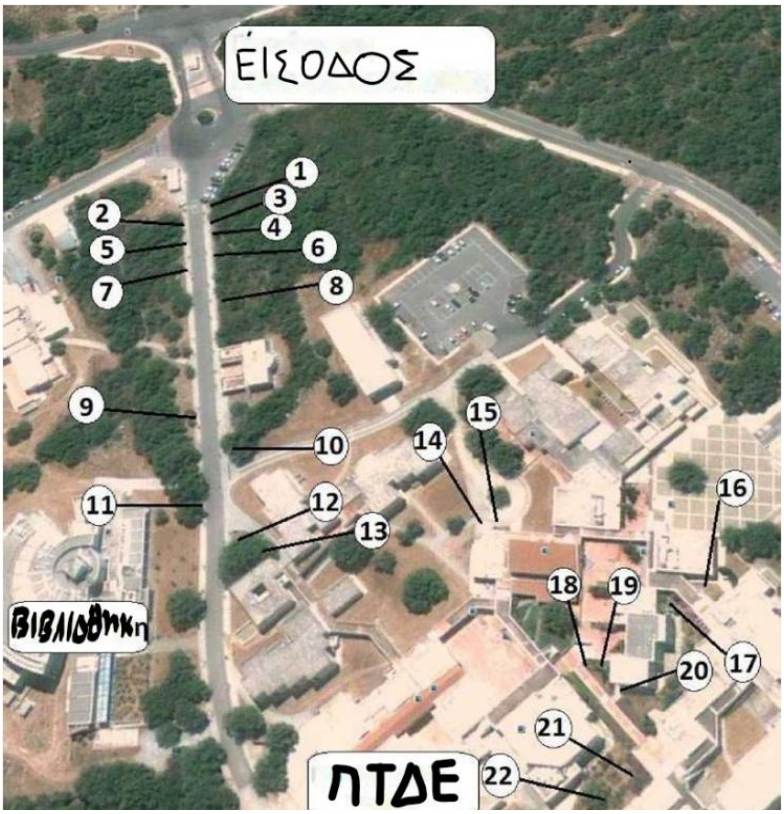
Εικόνα 1: Δραστηριότητα PriSciNet Φτερωτοί σπόροι για παιδιά 6-8 ετών. Αριστερά, σπόροι αγριοράδικου και δεξιά μοντέλο σπόρου από απλά υλικά

Εικόνα 2: Δραστηριότητα «οι σπόροι απορροφούν νερό». Δεξιά: Σπασμένο μπουκάλι με φασόλια που μουσκεύτηκαν σε ζεστό νερό αποβραδίς (για λόγους ασφάλειας, το μπουκάλι είχε τοποθετηθεί σε χάρτινο κουτί . Αριστερά αρνητικός μάρτυρας (κοντρόλ):μπουκάλι με φασόλια χωρίς νερό.

Διδάσκοντας για την τοπική χλωρίδα με ειδικά σχεδιασμένο περιβαλλοντικό μονοπάτι στην Πανεπιστημιούπολη Ρεθύμνου

Τα περιβαλλοντικά μονοπάτια είναι διαδρομές σε αστικό ή φυσικό περιβάλλον που χρησιμοποιούνται συχνά στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ) . Σχεδιάζονται από τον εκπαιδευτικό με στάσεις σε σημεία ενδιαφέροντος που παρακινούν τους μαθητές να παρατηρήσουν και να κάνουν κάποια δραστηριότητα όπως να απαντήσουν σε ερωτήσεις κ.ά Συνήθως σχεδιάζεται φυλλάδιο με χάρτη της διαδρομής, τα σημεία στάσης και τις ερωτήσεις ή άλλες δραστηριότητες για τους μαθητές (Γεωργόπουλος & Τσαλίκη 1993). Μια και η Πανεπιστημιούπολη Ρεθύμνου βρίσκεται μέσα σε ένα βελανιδοδάσος με πολλά φυτά χρησιμοποιούμε περιβαλλοντικά μονοπάτια σχεδιασμένα γι' αυτό το σκοπό για να γνωρίσουμε στους φοιτητές μας και μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, τα φυτά της Πανεπιστημιούπολης Ρεθύμνου, χαρακτηριστικά φυτά των μεσογειακών οικοσυστημάτων (εικόνα 3).
Τα φυτά στα μεσογειακά οικοσυστήματα ανήκουν σε δυο κατηγορίες, *τα μακί*, θάμνοι ύψους 2-2.5m όπως τα πουρνάρι, ο σχίνος, η χαρουπιά, η μυρτιά , η αγριελιά και χαμηλοί θάμνοι, *τα φρύγανα*, όπως το θυμάρι, η θρούμπα, η ασφάκα, οι λαδανιές, η λεβάντα, η ρίγανη, ο ασφόδελος (Κορφιάτης & Παρασκευόπουλος 2010).
Το μονοπάτι διαρκεί 1.5 ώρα και περιλαμβάνει χαρακτηριστικά φυτά της Κρήτης όπως τη βελανιδιά, χαρουπιά, ελιά, τον σχίνο, τη λαδανιά, το σπάρτο, τον ασπάλαθο, αρωματικά φυτά όπως τη δάφνη, το δενδρολίβανο, ρίγανη, καθώς και βολβώδη όπως τις μοναδικές άγριες ορχιδέες που φυτρώνουν κάθε χρόνο, ανάλογα με την εποχή, σε θέσεις που έχουμε εντοπίσει, ακόμη και δίπλα στα κτίρια. Οι συμμετέχοντες στο σεμινάριο έκαναν μια πιο σύντομη διαδρομή.

Εικόνα 3: Περιβαλλοντικό Μονοπάτι για την τοπική χλωρίδα στην Πανεπιστημιούπολη Ρεθύμνου. Οι αριθμοί δείχνουν στάσεις σε χαρακτηριστικά φυτά. (Το μονοπάτι ανέπτυξαν φοιτητές και φοιτήτριες του ΠΤΔΕ Κρήτης ως εργασία στο σεμινάριο ΠΕ)



Τον μήνα Απρίλιο που έγινε το συνέδριο υπήρχαν στην Πανεπιστημιούπολη ορχιδέες του γένους Serapia (εικόνα 4), Orchis italica (εικόνα 5), Barlia robertiana και Ophrys tenthredinifera (εικόνα 6). Οι ορχιδέες της Ελλάδας, 180 είδη (Παπιομύτογλου 2006) είναι μικρά φυτά, τα περισσότερα δεν ξεπερνούν τα 30cm, όμως έχουν φανατικούς θαυμαστές που τις φωτογραφίζουν και τις καταγράφουν σε όλη τη χώρα (βλ.ομάδα facebook Ελληνικές αυτοφυείς ορχιδέες- Wild Orchids of Greece).

Εικόνα 4: Δίπλα στο κτίριο της πρυτανείας ενα μικρό φυτό, η ορχιδέα Serapia (βελος)
Η ορχιδέα Serapia από κοντά.

Εικόνα 5: Οι συμμετέχοντες παρατηρούν μια ορχιδέα ανάμεσα στη μεσογειακή βλάστηση. Η ορχιδέα σατυρίσκος (Orchis italica) από κοντά.

Εικόνα 6: Αριστερά: Η πιο μεγάλη ορχιδέα (Barlia robertiana).
Δεξιά: Ορχιδέα Ophrys tenthredinifera (σφηκάκι)

«*Περί φυτών αφηγήματα*»

Η χρήση αφηγημάτων προτείνεται για την σύνδεση των νέων με τους ζωντανούς οργανισμούς με έμφαση στις ασυνήθιστες, περίεργες, ξεχωριστές, θαυμαστές ιδιότητες τους (Barker 2007). Τέτοιες ιστορίες για 43 φυτά υπάρχουν στο βιβλίο του Γιάννη Μανέτα (2014) «*Περί φυτών αφηγήματα. Μικρές ιστορίες για τα φυτά που άλλαξαν τον κόσμο μας*». Στο πρώτο μέρος περιγράφονται 14 «επωφελή» -όπως τα χαρακτηρίζει ο συγγραφέας φυτά όπως η πατάτα, το ζαχαροκάλαμο, ο καφές, η μπανανιά, το καλαμπόκι, η ελιά, η ιτιά, ο καπνός κ.α. που χρησιμοποιούνται από τον άνθρωπο ως τροφή ή ως φάρμακο. Στο δεύτερο μέρος αναφέρονται 22 φυτά με περίεργες και ασυνήθιστες ιδιότητες όπως ο αείλανθος, δένδρο κινεζικής προέλευσης ιδιαίτερα επεκτατικό που φυτρώνει παντού ακόμη και στην άσφαλτο και στο τσιμέντο γνωστό και ως βρωμόδενδρο εξαιτίας της δυσάρεστης οσμής την οποία αναδίδει. Ή, η τρέμουσα λεύκα -ο βαρύτερος ζωντανός οργανισμός του πλανήτη, πιο βαρύς και από τη φάλαινα, τον ελέφαντα -που χρησιμοποιεί το τέχνασμα της αιφνίδιας κίνησης των φύλλων για να αποθαρρύνει τα φυτοφάγα ζώα,. Οι ιστορίες αυτές αναδεικνύουν τις θαυμάσιες στρατηγικές επιβίωσης που διαθέτουν τα φυτά, που όμως δεν αναφέρονται στα

λιγοστά κεφάλαια για τα φυτά στα σχολικά εγχειρίδια βιολογίας (Flannery 1999) ή στο ένα μάθημα Βιολογίας που διδάσκονται οι μη-ειδικοί-για τα φυτά στις προπτυχιακές σπουδές τους, μεταξύ των οποίων και οι εκπαιδευτικοί που με τη σειρά τους θα παραμελήσουν τα φυτά όταν θα τα διδάξουν διαιωνίζοντας έτσι το φαύλο κύκλο. (Hersey 2002).

Ευχαριστίες: Ευχαριστώ θερμά τις μεταπτυχιακές φοιτήτριες Ε. Βουρδουμπάκη, Χ. Γιασαφάκη, Ν. Καραγιάννη, Κ. Μανταδάκη και την προπτυχιακή φοιτήτρια Κ. Φιλιππακη για τη βοήθεια τους στην υλοποίηση του εργαστηρίου.

Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος, Α. & Τσαλίκη, Ε. (1993). *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Αρχές-Φιλοσοφία, Μεθοδολογία, Παιχνίδια & Ασκήσεις.* Εκδόσεις Gutenberg: Αθήνα.

Καλαϊτζιδάκη, Μ. (επιμ)(2014). *Δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών με διερεύνηση για παιδιά πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης από 3-11 ετών*. Πρόγραμμα Priscinet. Ελληνική Εκδοση ΕΛΚΕ Παν/μιου Κρήτης. Ρέθυμνο. https://app.box.com/s/jihcsu9asjbcoqotz2w8yfixqr9wbsr2

Κορφιάτης, Κ. & Παρασκευόπουλος, Σ. (2010). *Γενικές Αρχές Οικολογίας και Ελληνικά Φυσικά Συστήματα*. Εκδόσεις ΔΙΣΙΓΜΑ,

Μανέτας, Ι. (2014). *Περί φυτών αφηγήματα. Μικρές ιστορίες για τα φυτά που άλλαξαν τον κόσμο*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Παπιομύτογλου Β (2006). *Αγριολούλουδα της Ελλάδας.* Mediterraneo Editions, Ρέθυμνο

Barker, S. (2007). Reconnecting with nature. *Journal of Biological Education* , *41*(4), 147-149.

Flannery, MC. (1999). Seeing plants a little more clearly. *American Biology Teacher*, 61,302-307.

Gatt, S., Byrne, J., Rietdijk, W., Tunnicliffe, S.D., Kalaitsidaki, M., Stavrou, D., Tsagliotis, N., Gaudiello, I., Zibetti, E., Scheersoi, A., Krämer, P. and Papadouris, N. (2013). Adapting IBSE materials across Europe. Experiences from the PriSciNet project. In: C. P. Constantinou, N. Papadouris & A. Hadjigeorgiou (Eds.) *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference*.

Hersey, D. (1996). A historical perspective of problems in botany teaching. *American Biology Teacher*, 56(6), 340-342.

Hersey, D. (2002). Plant Blindness "We have found the enemy and he is Us". *Plant Science Bulletin*, 48, 3.

Louv, R. (2008). *Last child in the woods. Saving our children from Nature deficit disorder*. Algonquin Books of Chapel Hill:USA.

Nyberg, E. & Sanders, E (2014). Drawing attention to the "green side of life". *Journal of Biological Education*, *48*(3), 142-153.

Sanders, D. (2007). Making public the private life of plants: the contribution of informal learning environments. *International Journal of Science Education, 29 (10)*, 1209-1228.

Schussler, E.E., Link-Perez, M.A., Weber, K., Dollo, V.H. (2010). Exploring plant and animal content in elementary science textbooks. *Journal of Biological Education 44(3)*, 123-128.

Starr, C, Evers, C, Starr L (2015). *Βιολογία. Βασικές έννοιες και αρχές*. Εκδόσεις UTOPIA

Tunnicliffe, S.D. (2016). *Starting inquiry-based Science in the Early Years. Look, talk, think and do*. Routledge, Taylor and Franscis Group: London and New York.

Wandersee, JH. & Schussler, E. (1999). Preventing plant blindness. American *Biology Teacher*, 61, 84-86.

Wandersee, J.H. & Schussler, E. (2001). Towards a theory of plant blindness. *Plant Science Bulletin*, 47,2-9.

Η ΧΡΗΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΕ ΕΞΥΠΝΕΣ ΚΙΝΗΤΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΣΤΟ ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Αθανασιος Βελέντζας[1], Αλέξανδρος Κατέρης[2], Παναγιώτης Λάζος[2], Παύλος Τζαμαλής[2], Σεραφείμ Τσούκος[2]

[1]Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Αμπελοκήπων
[2]Δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Σύνοψη εργαστηρίου

Τα κινητά τηλέφωνα νέας γενιάς, οι ταμπλέτες και οι υπολογιστές ταμπλέτας γνωστά και ως έξυπνες κινητές συσκευές (ΕΚΣ), αποτελούν πλέον μέρος της καθημερινότητας των μαθητών, αλλά και του τρόπου με τον οποίον μαθαίνουν. Αξίζει, λοιπόν, να σκεφτούμε μεθόδους για να ενσωματώσουμε αυτές τις συσκευές στην εκπαιδευτική πράξη (West & Vosloo 2013), αναγνωρίζοντας βέβαια τα όποια προβλήματα δημιουργούν και τα οποία οδηγούν σε απαγορεύσεις από την πλευρά της πολιτείας. Μια μέθοδος ενσωμάτωσης, που έχει ήδη αρχίσει να εφαρμόζεται σε ορισμένες χώρες είτε πιλοτικά είτε ως επίσημη κρατική εκπαιδευτική πολιτική, αυτούσια ή σε παραλλαγές, είναι η ιδέα που ξεκίνησε από επιχειρήσεις και είναι γνωστή με την ακροστιχίδα BYOD - Bring Your Own Devices (Stavert 2013). Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιούν στο σχολείο και στα μαθήματά τους τις δικές τους ΕΚΣ. Παρουσιάζεται λοιπόν ανάγκη για προτάσεις που θα ενσωματώνουν με αποτελεσματικό τρόπο τις ΕΚΣ στην καθημερινή εκπαιδευτική πρακτική (Πάλλας 2016). Μια τέτοια πρόταση που αφορά τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα αυτό της Φυσικής, είναι να χρησιμοποιήσουμε τους αισθητήρες που έχουν όλες οι ΕΚΣ για τη συλλογή και καταγραφή δεδομένων από ειδικά σχεδιασμένες εφαρμογές (Apps), που είτε υπάρχουν δωρεάν διαθέσιμες στο διαδίκτυο είτε μπορούν να ανακτηθούν έναντι συνήθως μικρού αντιτίμου. Τις περισσότερες φορές, μάλιστα, οι ίδιες οι εφαρμογές που επιτρέπουν τη συλλογή των δεδομένων παρουσιάζουν απευθείας τις μετρήσεις σε γραφικές παραστάσεις ή παρέχουν τη δυνατότητα να γίνεται μια πρώτη γρήγορη επεξεργασία των μετρήσεων, ώστε εύκολα να εξάγεται ένα συμπέρασμα. Μια άλλη σημαντική δυνατότητα αυτών των ΕΚΣ είναι η εύκολη ασύρματη επικοινωνία με συσκευές μεγαλύτερης υπολογιστικής ισχύος, καθώς και ο έλεγχός τους από απόσταση. Η τάση που υπάρχει είναι να παρέχουν οι συσκευές αυτές ολοένα και περισσότερες δυνατότητες, γεγονός που οφείλεται εν μέρει στο ότι εξοπλίζονται συνεχώς με περισσότερους αισθητήρες. Αν η εξέλιξη αυτή υλοποιηθεί, θα αυξηθεί και το εύρος των διαθέσιμων εφαρμογών για εκπαιδευτική χρήση, γεγονός που θα καταστήσει τις ΕΚΣ ακόμα πιο χρήσιμες στην εκπαίδευση των μαθητών στις φυσικές επιστήμες. Επιπλέον, οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με τις συσκευές αυτές στο επίπεδο του χειρισμού, και επομένως μπορούν να φέρουν σε πέρας με χαρακτηριστική ευκολία τις απαιτούμενες ενέργειας κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος, όπως να εγκαταστήσουν μια εφαρμογή στη συσκευή τους και να την χρησιμοποιήσουν με αποτελεσματικό τρόπο. Καθώς οι ΕΚΣ έχουν γίνει αναπόσπαστο μέρος της καθημερινότητας

μας, οι μαθητές διάκεινται θετικά έναντι τους και πιθανότατα θα αντιμετωπίσουν με θετικό πνεύμα τη χρήση τους στο μάθημα. Ακόμα, στην περίπτωση που το σχολείο υιοθετήσει μια πολιτική που θα επιτρέψει στους μαθητές να φέρουν και να χρησιμοποιήσουν με ελεγχόμενο τρόπο τις προσωπικές τους ΕΚΣ στην τάξη, δεν απαιτούνται χρήματα για την αγορά του αντίστοιχου εξοπλισμού, που είναι μια αρκετά υψηλή εφάπαξ δαπάνη, αλλά και για τη συντήρησή τους που είναι ένα διόλου ευκαταφρόνητο κόστος. Το ενδιαφέρον της εκπαιδευτικής κοινότητας για τη χρήση των ΕΚΣ στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι μεγάλο. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το περιοδικό The Physics Teacher έχει καθιερώσει από το Φεβρουάριο του 2012 ειδική στήλη (iphysicslab) με ιδέες για τη χρήση αυτών των συσκευών στην τάξη (για παράδειγμα, Patrinopoulos & Chrysovalantis 2015) και επίσης αρκετές εργασίες έχουν γίνει με αντίστοιχες διδακτικές προτάσεις (για παράδειγμα Kuhn 2013, Klein et al. 2014).

Με βάση τα προηγούμενα, κρίθηκε ότι θα παρουσίαζε ενδιαφέρον για τους εκπαιδευτικούς η πραγματοποίηση ενός εργαστηρίου με παραδείγματα αξιοποίησης των αισθητήρων των ΕΚΣ στη διδακτική πράξη. Συγκεκριμένα, στο παρόν εργαστήριο παρουσιάζονται περιπτώσεις αξιοποίησης (1) του αισθητήρα επιτάχυνσης για τη μελέτη ταλάντωσης αλλά και ολίσθησης σε κεκλιμένο επίπεδο, (2) του μικροφώνου και του αισθητήρα ήχου για τη μελέτη διακροτήματος, αλλά και για τον προσδιορισμό της επιτάχυνσης της βαρύτητας και της ταχύτητας μιας μπάλας, (3) της φωτογραφικής μηχανής για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος υπέρυθρης ακτινοβολίας με τη βοήθεια φράγματος περίθλασης, (4) του γυροσκοπίου για τη μελέτη της στροφικής κίνησης ενός πικάπ καθώς και της σύνθετης κίνησης ενός κυλίνδρου που κυλίεται σε κεκλιμένο επίπεδο, (5) του αισθητήρα έντασης φωτός για τη μελέτη της έντασης μια φωτεινής πηγής σε συνάρτηση με την απόσταση, αλλά και για τον προσδιορισμό του συντελεστή απορρόφησης γυάλινων πλακιδίων, και τέλος (6) περιγράφονται εναλλακτικές λύσεις για τον χειρισμό μιας ΕΚΣ από απόσταση. Ο χειρισμός των ΕΚΣ σε κάθε πειραματική δραστηριότητα γίνεται αρχικά από τους οργανωτές του εργαστηρίου, ενώ σε πραγματικό χρόνο προβάλλεται με βιντεοπροβολέα η οθόνη της ΕΚΣ ώστε οι συμμετέχοντες να συμπληρώνουν τα προτεινόμενα φύλλα εργασίας, τα οποία είναι αναρτημένα στην ιστοσελίδα του ΕΚΦΕ Αμπελοκήπων στη διεύθυνση http://ekfe-ampel.att.sch.gr/?p=933. Όλες οι εφαρμογές (apps) που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο είναι ελεύθερες για εγκατάσταση και χρήση από τους ενδιαφερόμενους. Συνοπτικά οι εφαρμογές παρουσιάζονται στον πίνακα 1 και αφορούν ΕΚΣ και των δύο βασικών λειτουργικών συστημάτων που κυκλοφορούν στην αγορά (iOS και Android).

Πίνακας 1. Τα πειράματα του εργαστηρίου και οι αντίστοιχες προτεινόμενες εφαρμογές.

Αισθητήρας	**Πείραμα-Δραστηριότητα**	**Προτεινόμενες εφαρμογές (apps)**
Αισθητήρας επιτάχυνσης	-Μέτρηση του συντελεστή τριβής -Μελέτη της ΑΑΤ	Vernier Graphical Analysis (android) Vernier Graphical Analysis (iOS)
	Μέτρηση γωνίας κλίσης (διευθυνσιόμετρο)	Πυξίδα Αλφάδι (android) Surface Level (iOS)
Γυροσκόπιο	-Εύρεση γωνιακής ταχύτητας και γωνιακής επιβράδυνσης δίσκου πικάπ -Υπολογισμός ροπής αδράνειας κυλίνδρου	Physics Toolbox Sensor Suite (android) Sensor Kinetics (android) Sensor Kinetics (iOS)
Αισθητήρας ήχου -μικρόφωνο	-Πειραματικός προσδιορισμός του g -Προσδιορισμός της ταχύτητας μπάλας -Μελέτη διακροτήματος ήχου	Sound Oscilloscope (android) AudioWorks (iOS)
Αισθητήρας φωτός	-Υπολογισμός συντελεστή απορρόφησης φωτός -Μείωση της έντασης φωτός με την απόσταση	Science Journal (android) Physics Toolbox Sensor Suite (android)

Φωτογραφική μηχανή	-Υπολογισμός μήκους κύματος υπέρυθρης ακτινοβολίας	Δεν απαιτείται εφαρμογή
	Απομακρυσμένη σύνδεση	teamviewer (android - πλήρης χειρισμός της συσκευής από απόσταση) Zoom (iOS - μόνο κοινή χρήση οθόνης)

Δραστηριότητες εργαστηρίου

Αισθητήρας επιτάχυνσης

Οι ΕΚΣ διαθέτουν αισθητήρα επιτάχυνσης, ο οποίος μετρά την επιτάχυνση στις τρεις διαστάσεις x-y-z. Η λειτουργία του αισθητήρα στηρίζεται στο γεγονός ότι η επιτάχυνση προκαλεί την μετακίνηση των «οπλισμών» μικροσκοπικών πυκνωτών και άρα μεταβολή της χωρητικότητας. Ο χρήστης των εφαρμογών που αξιοποιεί τον αισθητήρα αυτό, μπορεί να παρακολουθεί τη μεταβολή της επιτάχυνσης κατά άξονα σε πραγματικό χρόνο και να έχει στη διάθεσή του το αντίστοιχο διάγραμμα. Προτείνονται, ως εφαρμογή της χρήσης του αισθητήρα επιτάχυνσης στο σχολικό εργαστήριο, δύο εφαρμογές:
(α) Υπολογισμός του συντελεστή τριβής ολίσθησης:
Πάνω στη μία έδρα από ένα βαρύ κομμάτι ξύλου σχήματος ορθογώνιου παραλληλεπιπέδου στερεώνεται ένα κινητό τηλέφωνο. Το ξύλο αφήνεται από την κορυφή κεκλιμένου επιπέδου να ολισθήσει πάνω σε αυτό με την απέναντι έδρα από αυτή που έχει στερεωθεί το κινητό. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι οι ΕΚΣ διαθέτουν διευθυνσιόμετρο (π.χ. Πυξίδα Αλφάδι - android ή Surface Level – iOS), οπότε η γωνία κλίσης φ του κεκλιμένου επιπέδου μπορεί να μετρηθεί άμεσα (εικόνα 1Α). Επίσης, με χρήση κατάλληλης εφαρμογής (π.χ. Vernier Graphical Analysis – android ή Vernier Graphical Analysis - iOS) στο κινητό που κινείται μαζί με το ξύλο καταγράφεται η επιτάχυνση στη διεύθυνση της κίνησης σε συνάρτηση με το χρόνο (εικόνα 1Β). Από το διάγραμμα διαπιστώνεται ότι για το χρονικό διάστημα της ολίσθησης η επιτάχυνση α παραμένει πρακτικά σταθερή και η τιμή αυτή φαίνεται στο διάγραμμα ή μπορεί να δοθεί από την εφαρμογή ως η μέση τιμή στο χρονικό διάστημα που επιλέγει ο χρήστης. Ο συντελεστής τριβής υπολογίζεται πλέον εύκολα από την σχέση:

$$\mu=(g\eta\mu\varphi-\alpha)/g\sigma\upsilon\nu\varphi$$

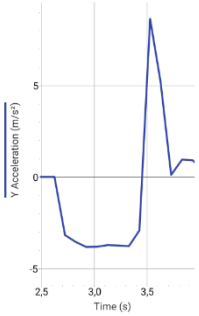
(β) Μελέτη ταλάντωσης σώματος δεμένου σε κατακόρυφο ελατήριο:

Ένα κινητό τηλέφωνο ζυγίζεται και στη συνέχεια προσαρμόζεται στο άκρο κατακόρυφου ελατηρίου του οποίου το πάνω άκρο είναι στερεωμένο σε ορθοστάτη. Το τηλέφωνο τίθεται σε κατακόρυφη ταλάντωση και, όπως και στην προηγούμενη δραστηριότητα, καταγράφεται η επιτάχυνση σε συνάρτηση με το χρόνο. Από τη μελέτη του διαγράμματος για διαφορετικά πλάτη μπορεί να διαπιστωθεί η ανεξαρτησία της περιόδου από το πλάτος (εικόνα 1Γ). Επίσης, με χρήση διαφορετικών ελατηρίων και βαρών που κρέμονται από το ελατήριο μαζί με το κινητό μπορεί να ελεγχθούν οι σχέσεις

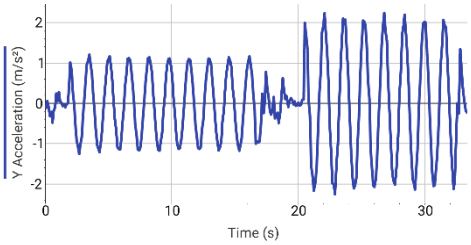
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad (1) \quad \text{και} \quad a_{\max} = \omega^2 A \quad (2)$$

Εικόνα 1: Στην εικόνα 1Α εικονίζεται το διευθυνσιόμετρο, στην εικόνα 1Β το διάγραμμα *α-t* κατά την ολίσθηση στο κεκλιμένο επίπεδο και στην εικόνα 1Γ το διάγραμμα *α-t* κατά την ταλάντωση για δύο διαφορετικά πλάτη

1Α



1Β



1Γ

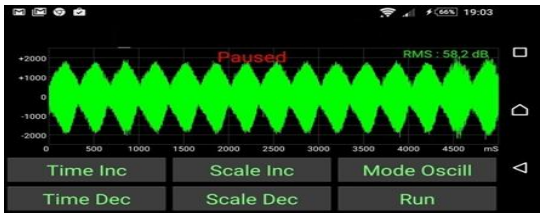
Αισθητήρας ήχου – μικρόφωνο

Η μελέτη του ήχου απαιτεί εν γένει πολύπλοκο εξοπλισμό. Το γεγονός όμως ότι σε όλες τις ΕΚΣ υπάρχει ενσωματωμένο μικρόφωνο, ενώ οι σύγχρονες συσκευές διαθέτουν αρκετή υπολογιστική ισχύ, σε συνδυασμό με την ύπαρξη πληθώρας σχετικών εφαρμογών, καθιστούν τις συσκευές αυτές ιδανικές για τη μελέτη ηχητικών κυμάτων. Η λειτουργία του αισθητήρα ήχου στηρίζεται στη μεταβολή της χωρητικότητας ενός πυκνωτή, η οποία οφείλεται στη δόνηση μεμβράνης, που προκαλείται όταν ένα ηχητικό κύμα προσπίπτει σε αυτή. Με τις κατάλληλες εφαρμογές (Sound Oscilloscope- android ή AudioWorks -iOS) μία ΕΚΣ μπορεί να μετατραπεί σε παλμογράφο όπου αναλύονται τα ηχητικά κύματα που λαμβάνονται από τον αισθητήρα του ήχου. Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της κυματομορφής απλών ή σύνθετων ήχων αλλά και την μέτρηση χαρακτηριστικών όπως η συχνότητα του ήχου και η χρονική του διάρκεια. Ως εφαρμογές στο εργαστήριο προτείνονται οι παρακάτω δραστηριότητες:

(α) Μελέτη του διακροτήματος ήχου:

Για αυτή τη δραστηριότητα απαιτούνται δύο ΕΚΣ. Η μία με χρήση κατάλληλου προγράμματος (tone generator) παράγει δύο ήχους οι οποίοι ρυθμίζονται ώστε να έχουν μικρή διαφορά συχνότητας. Η δεύτερη ΕΚΣ με μία από τις προαναφερόμενες εφαρμογές, σε λειτουργία παλμογράφου, καταγράφει την ένταση του ήχου με το χρόνο. Από τη μελέτη του διαγράμματος (εικόνα 2), στο οποίο υπάρχει η δυνατότητα της αλλαγής κλίμακας στο χρόνο, υπολογίζεται η περίοδος του διακροτήματος καθώς και η συχνότητα του ήχου.

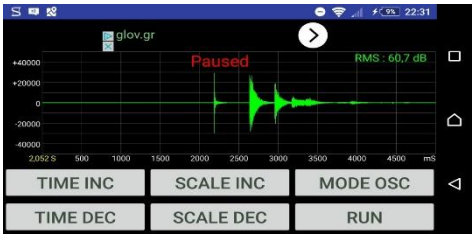
Εικόνα 2: Μελέτη του διακροτήματος ήχου



(β) Μέτρηση πολύ μικρών χρονικών διαστημάτων:

Καταγράφοντας την ένταση του ήχου συναρτήσει του χρόνου με μια ΕΚΣ, όπως εξηγήθηκε προηγουμένως, μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια ένα μικρό χρονικό διάστημα μεταξύ δυο διαδοχικών ήχων. Η αξιοποίηση αυτής της δυνατότητας προτείνεται στις εφαρμογές:
(i) Μελέτη της ελεύθερης πτώσης
Ένα σώμα εκτελεί ελεύθερη πτώση στον κατακόρυφο άξονα από ένα ύψος h γύρω στα 2m. Η εκκίνηση του σώματος γίνεται με παραγωγή ήχου (με ένα χτύπημα, όπως στην εικόνα 3) και επίσης, από την σύγκρουση του σώματος με το πάτωμα προκαλείται ένας δεύτερος ήχος. Η καταγραφή των ήχων με μια ΕΚΣ δίνει την δυνατότητα της εύρεσης της χρονικής διαφοράς Δt μεταξύ αυτών, δηλαδή, του χρόνου πτώσης του σώματος. Από τη γνωστή σχέση $h=(1/2)g\Delta t^2$ εύκολα μπορεί να υπολογισθεί η τιμή της επιτάχυνσης της βαρύτητας g.

Εικόνα 3: πειραματικός υπολογισμός του g



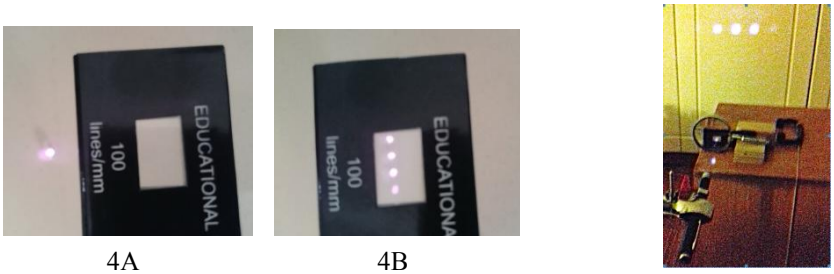
(ii) Υπολογισμός ταχύτητας μπάλας

Μία ευχάριστη δραστηριότητα για μικρούς μαθητές είναι η δυνατότητα να διαγωνισθούν για το ποιος /ποια δίνει μεγαλύτερη ταχύτητα σε μια μπάλα που κλωτσά. Τοποθετείται μια μπάλα στο πάτωμα σε μια σχετικά μικρή απόσταση x (π.χ. 2m) από τον τοίχο. Όταν κάποιος κλωτσήσει την μπάλα θα καταγραφούν στην ΕΚΣ οι ήχοι της κλωτσιάς και του χτυπήματος της μπάλας στον τοίχο. Οι χρονική διαφορά Δt θα υπολογισθεί από το διάγραμμα της έντασης του ήχου με το χρόνο στην ΕΚΣ και προφανώς η ταχύτητα προκύπτει από το πηλίκο $x/\Delta t$.

Φωτογραφική μηχανή

Όλες οι ΕΚΣ διαθέτουν ενσωματωμένες ψηφιακές φωτογραφικές μηχανές. Οι αισθητήρες τους παρουσιάζουν τυπικά ευαισθησία σε ακτινοβολία με μήκος κύματος 400-2000 nm. Προκειμένου να μην καταγράφεται στην τελική εικόνα η υπέρυθρη ακτινοβολία με μήκος κύματος μεγαλύτερο από τα 750nm, οι κατασκευαστές τοποθετούν εμπρός από τους αισθητήρες ένα φίλτρο αποκοπής της ακτινοβολίας αυτής. Πρόκειται, συνήθως, για ένα πλακίδιο διάφανο στην ορατή ακτινοβολία. Ωστόσο, για λόγους κόστους, οι αισθητήρες πολλών ΕΚΣ δε διαθέτουν αξιόπιστα φίλτρα αποκοπής της υπέρυθρης ακτινοβολίας, με αποτέλεσμα να καταγράφονται στην τελική εικόνα ως φωτεινές πηγές ακόμα και πηγές υπέρυθρης ακτινοβολίας (με μήκος κύματος «γειτονικό» με το ορατό φως) όπως π.χ. τα υπέρυθρα LED των τηλεχειριστηρίων, τα οποία βέβαια είναι αόρατα στο ανθρώπινο μάτι. Η συγκεκριμένη «ατέλεια» των ΕΚΣ αποτελεί ένα πλεονέκτημα για τον εκπαιδευτικό, καθώς του προσφέρει τη δυνατότητα εποπτείας σε μία αόρατη ακτινοβολία και ένα τρόπο να ελέγξει πειραματικά αν η υπέρυθρη ακτινοβολία συμπεριφέρεται όπως το ορατό φως σε διάφορα φαινόμενα, όπως η περίθλαση. Για παράδειγμα στις εικόνες 4Α και 4Β φαίνεται μέσα από το φακό της φωτογραφικής μηχανής μιας ΕΚΣ μία υπέρυθρη LED απευθείας και πίσω από ένα φράγμα περίθλασης, αυτό το πείραμα παρουσιάζεται ως πείραμα επίδειξης στο εργαστήριο.

Εικόνα 4: Περίθλαση φωτός υπερύθρου LED και LASER



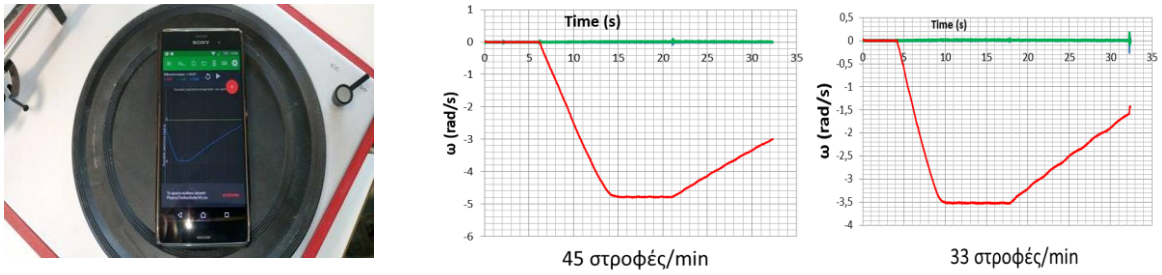
4Α 4Β 4Γ

Επίσης, στο εργαστήριο παρουσιάζεται πείραμα μελέτης της περίθλασης υπέρυθρης ακτινοβολίας με χρήση laser υπέρυθρης ακτινοβολίας και φράγματος περίθλασης (εικόνα 4Γ). Με τη βοήθεια ελεύθερου λογισμικού επεξεργασίας εικόνας πραγματοποιείται μέτρηση των αποστάσεων ανάμεσα στους κροσσούς συμβολής, όπως φαίνονται σε φωτογραφία μέσω κινητού. Στη συνέχεια υπολογίζεται το μήκος κύματος της ακτινοβολίας, όπως ακριβώς σε ένα αντίστοιχο πείραμα μελέτης της περίθλασης του ορατού φωτός.

Γυροσκόπιο

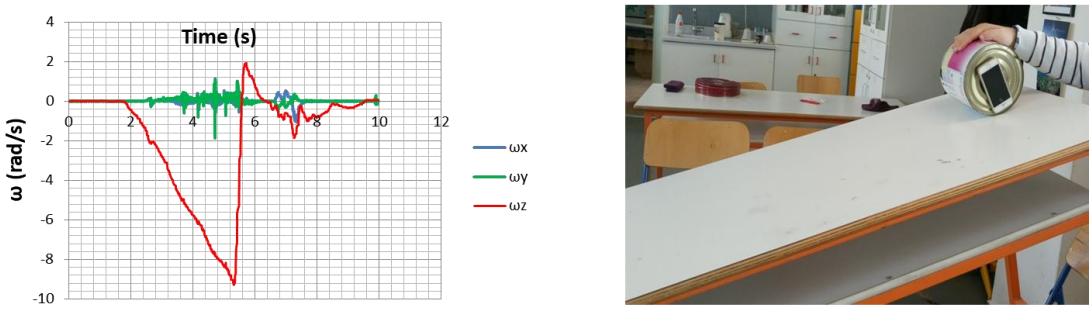
Το γυροσκόπιο είναι ένας αισθητήρας στις ΕΚΣ, που μπορεί να παρέχει πληροφορίες προσανατολισμού, αλλά με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με τον αισθητήρα επιτάχυνσης. Στις ενδείξεις του γυροσκοπίου αλλά και του αισθητήρα επιτάχυνσης βασίζεται για παράδειγμα η αυτόματη περιστροφή οθόνης (αλλαγή του προσανατολισμού της οθόνης από οριζόντιο σε κατακόρυφο) όταν η ΕΚΣ περιστραφεί κατάλληλα. Χάρη σε αυτόν το συγκεκριμένο αισθητήρα βελτιστοποιείται, επίσης, η λειτουργία της φωτογραφικής μηχανής και διάφορες εφαρμογές που χρειάζονται δεδομένα για τον προσανατολισμό της ΕΚΣ, όπως οι εφαρμογές θέασης του ουρανού (π.χ. Skymap) κατά τις οποίες ο χρήστης στρέφει την ΕΚΣ του στον ουρανό και αυτή αναγνωρίζει τον αστερισμό προς τον οποίο έχει προσανατολιστεί.
Στο εργαστήριο περιγράφεται σε συντομία η αρχή λειτουργίας ενός αισθητήρα γυροσκοπίου που χρησιμοποιεί τις αρχές της αδρανείας και της διατήρησης της στροφορμής για να διατηρεί σταθερό προσανατολισμό σε σχέση με μία αρχική καθορισμένη διεύθυνση. Έτσι είναι ιδανικός για τη μελέτη στροφικών κινήσεων.
Επίσης παρουσιάζονται πειράματα με χρήση των εφαρμογών SensorKinetics και PhysicsToolboxSensor συμβατά με το λογισμικό android και SensorKinetics συμβατή με το λογισμικό iOs. Οι συγκεκριμένες εφαρμογές χρησιμοποιούν τα δεδομένα του γυροσκοπίου και δείχνουν την γωνιακή ταχύτητα της συσκευής σε πραγματικό χρόνο έχοντας τη δυνατότητα να απεικονίσουν και αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις. Τα πειράματα που παρουσιάζονται έχουν ως θέμα,
(α) τον πειραματικό υπολογισμό της γωνιακής ταχύτητας και γωνιακής επιβράδυνσης στρεφόμενου δίσκου πικάπ. Στην εικόνα 5 φαίνεται η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε με την εφαρμογή ενεργοποιημένη σε κινητό τηλέφωνο και το τηλέφωνο κατάλληλα προσαρμοσμένο σε πικάπ. Το πικάπ τέθηκε σε λειτουργία τόσο σε συχνότητα 33 στροφών/min όσο και σε συχνότητα 45 στροφών/min. Τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τη χρήση της εφαρμογής απεικονίζονται επίσης στην εικόνα 5.

Εικόνα 5: Μέτρηση γωνιακής ταχύτητας δίσκου πικάπ



(β) τον πειραματικό υπολογισμό της γωνιακής επιτάχυνσης κατά την κύλιση χωρίς ολίσθηση στερεού σώματος που με καλή προσέγγιση θεωρείται ομογενής κύλινδρος.

Εικόνα 6: Υπολογισμός ροπής αδράνειας κυλίνδρου



Στην εικόνα 6 φαίνεται η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε με την εφαρμογή ενεργοποιημένη σε κινητό τηλέφωνο και το τηλέφωνο κατάλληλα προσαρμοσμένο στη μία βάση του κυλίνδρου. Ο κύλινδρος αφέθηκε να κυλίσει σε κεκλιμένο επίπεδο και τα αποτελέσματα που εξήχθησαν από τη χρήση της εφαρμογής απεικονίζονται επίσης στην εικόνα 6. Χρησιμοποιώντας την γωνιακή επιτάχυνση α_γ που υπολογίζεται από την κλίση της γραφικής παράστασης ω =f(t), υπολογίζεται και η ροπή αδράνειας του στερεού σύμφωνα με τη σχέση,

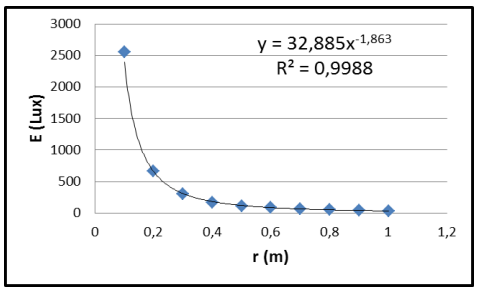
$$I = \frac{M \cdot g \cdot \eta\mu\varphi \cdot R - M \cdot a_\gamma \cdot R^2}{\alpha_\gamma}$$

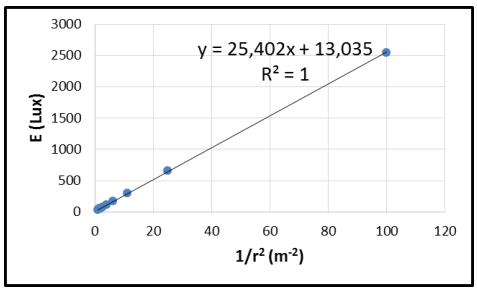
Αισθητήρας έντασης φωτός

Ο αισθητήρας φωτός μίας ΕΚΣ είναι αυτός που μετρά πόσο λαμπρό είναι το φως του περιβάλλοντος. Πρόκειται για έναν φωτοευαίσθητο αντιστάτη (LDR) του οποίου η αντίσταση εξαρτάται από το φως που δέχεται και μέσω κατάλληλου λογισμικού αντιστοιχίζεται σε τιμές Φωτεινότητας (Lux). Το λογισμικό της ΕΚΣ χρησιμοποιεί αυτά τα δεδομένα για να προσαρμόζει αυτόματα τη φωτεινότητα της οθόνης. Προτεινόμενες εφαρμογές για πραγματοποίηση μετρήσεων έντασης φωτός για ΕΚΣ με λειτουργικό σύστημα android είναι οι Science Journal και Physics Toolbox Sensor Suite.
Οι μετρήσεις από αυτόν τον αισθητήρα χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο για δύο πειράματα.
(α) Μείωση της έντασης φωτός με την απόσταση:

Η Φωτεινότητα σε μια επιφάνεια τοποθετημένη κάθετα προς την διεύθυνση της φωτεινής ροής μιας σημειακής πηγής είναι αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της απόστασης της επιφάνειας από την πηγή. Στο εργαστήριο προτείνεται η επιβεβαίωση της παραπάνω σχέσης. Συγκεκριμένα η ΕΚΣ τοποθετείται μπροστά σε μια μικρή πηγή φωτός και χρησιμοποιώντας κάποια από τις προτεινόμενες εφαρμογές καταγράφεται η Φωτεινότητα (Ε) ενώ μεταβάλλεται η απόσταση (r) μεταξύ τους. Στη συνέχεια κατασκευάζονται οι γραφικές παραστάσεις E=f(r) και $E=f(1/r^2)$.

Εικόνα 7. Γραφικές παραστάσεις E=f(r) και $E=f(1/r^2)$

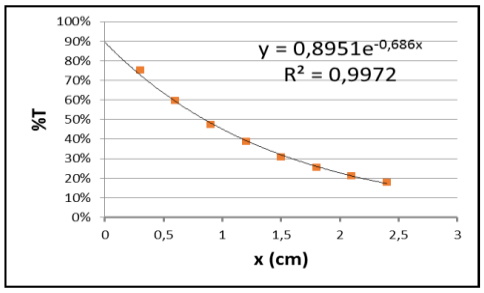


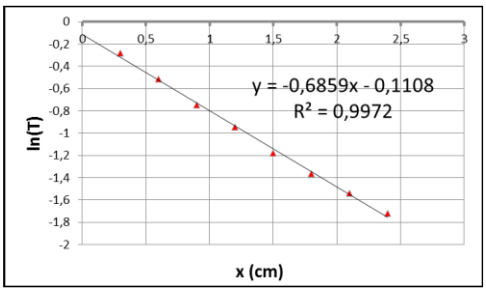


β) Απορρόφηση φωτός από τη ύλη –Υπολογισμός του συντελεστή απορρόφησης:

Η εξασθένηση του φωτός λόγω απορρόφησης από ένα υλικό προβλέπεται από τον νόμο Lambert ο οποίος μπορεί να γραφεί: $T=e^{-\mu x}$ ή $\ln(T)=-\mu x$
όπου T η Διαπερατότητα, x το πάχος και μ ο συντελεστής απορρόφησης του υλικού.
Στο εργαστήριο προτείνεται ο υπολογισμός του συντελεστή απορρόφησης φωτός από γυάλινα πλακίδια μικροσκοπίου. Η ΕΚΣ τοποθετείται μπροστά σε μια σταθερή πηγή φωτός και χρησιμοποιώντας κάποια από τις προτεινόμενες εφαρμογές καταγράφεται η Φωτεινότητα ενώ προστίθενται διαδοχικά πλακίδια μπροστά στον αισθητήρα. Η Διαπερατότητα υπολογίζεται από τον λόγο της τρέχουσας προς την αρχική τιμή της Φωτεινότητας. Στη συνέχεια κατασκευάζονται οι γραφικές παραστάσεις T=f(x) και ln(T)=f(x) και από την κλίση της δεύτερης υπολογίζεται ο συντελεστής απορρόφησης του υλικού.

Εικόνα 8. Γραφικές παραστάσεις T=f(x) και ln(T)=f(x)





Απομακρυσμένη σύνδεση-Χειρισμός από απόσταση

Η χρήση λογισμικού υποστήριξης εξ αποστάσεως και απομακρυσμένης σύνδεσης δίνει τη δυνατότητα της εύκολης παρακολούθησης πειραμάτων που πραγματοποιούνται είτε στο σχολικό εργαστήριο από μαθητές και εκπαιδευτικούς (π.χ. με τη χρήση οθόνης προβολής) είτε οπουδήποτε στον κόσμο. Αυτό σε πρώτο επίπεδο μπορεί να γίνει με την μετάδοση και

προβολή απευθείας του περιεχομένου της οθόνης της ΕΚΣ με την οποία πραγματοποιείται το πείραμα (κοινή χρήση οθόνης). Επιπλέον κάποιες εφαρμογές επιτρέπουν τον πλήρη χειρισμό της συσκευής από απόσταση. Η δυνατότητα αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία σε πειράματα όπου ο άμεσος χειρισμός του κινητού είναι δύσκολος, όπως η μελέτη ταλάντωσης και η κύλιση στερεού σώματος και παρουσιάζεται στο εργαστήριο. Επίσης η δυνατότητα αυτή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο από τον διδάσκοντα, των ομάδων εργασίας που πραγματοποιούν μια εργαστηριακή άσκηση με χρήση ΕΚΣ.
Προτεινόμενη εφαρμογή για πλήρη χειρισμό από απόσταση των ΕΚΣ με λειτουργικό σύστημα android είναι η teamviewer ενώ για το λειτουργικό σύστημα iOS προτείνεται η εφαρμογή Zoom που επιτρέπει την κοινή χρήση οθόνης.
Τέλος υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης των μετρήσεων σε κατάλληλο αρχείο δεδομένων και στην συνέχεια η επεξεργασία τους με προγράμματα λογισμικού υπολογιστικών φύλλων (πχ Excel).

Βιβλιογραφία

Πάλλας, Α., (2016). Η αξιοποίηση του αισθητήρα ήχου ενός smartphone στη διδασκαλία φαινομένων ακουστικής. Μια καινοτόμος χρήση από τους μαθητές της Α΄ Λυκείου. *Φυσικές επιστήμες στην εκπαίδευση,* 12, 17-27.

Klein P., Hirth M., Grober S., Kuhn J. Muller A. (2014). Classical experiments revisited: smartphones and tablet PCs as experimental tools in acoustics and optics. Physics Education, 49(4), 412-418.

Kuhn, J., Vogt P., (2013). Smartphones as Experimental Tools: Different methods to determine the Gravitational Acceleration in Classroom Physics by using Everyday Devices. European Journal of Physics education, 4(1), 16-27.

Patrinopoulos, M., Chrysovalantis, K. (2015). Angular velocity direct measurement and moment of inertia calculation of a rigid body using a smartphone. *The Physics Teacher*, 53, 564-565.

Stavert B. (2013). BYOD in Schools Literature Review 2013 State of NSWAustralia . Ανακτήθηκε από https://www.det.nsw.edu.au/policies/technology/computers/mobile-device/BYOD_2013_Literature_Review.pdf

West M., Vosloo S. (2013). UNESCO Policy Guidelines for Mobile Learning (ανακτήθηκε από την τοποθεσία http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219641e.pdf)

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΜΕΣΩ ΦΥΣΙΚΗΣ - ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ ΜΕΣΩ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ. ΜΙΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΟΜΑΔΑ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

Παναγιώτης Τσάκωνας, Μιχαήλ Σαρρής, Νικόλαος Παπαδάκης

Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Σύνοψη εργαστηρίου

Κατά το σχολικό έτος 2015-2016 διδάχθηκε για πρώτη φορά το μάθημα "Ανάπτυξη Εφαρμογών σε Προγραμματιστικό Περιβάλλον" σε μαθητές (και) της Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Επιστημών (ηλικίας 17-18), η γραπτή εξέταση του οποίου γίνεται αποκλειστικά σε ενδοσχολικό επίπεδο, γεγονός που οδηγεί στο, σύνηθες, αποτέλεσμα, οι μαθητές να εμφανίζονται αδιάφοροι ή ακόμη και αρνητικοί κατά την παρακολούθηση, με αποτέλεσμα να χάνουν την ευκαιρία να διδαχθούν ένα εισαγωγικό μάθημα Αλγοριθμικής – Προγραμματισμού που θα αποδειχτεί πολύ χρήσιμο στην πορεία της φοίτησής τους στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Χωρίς να παραγνωρίζεται η υποχρέωση κάλυψης της καθορισμένης ύλης, εμφανίζεται η ανάγκη εμπλουτισμού της διδασκαλίας με στοιχεία που θα καταστήσουν διαυγέστατη τη χρησιμότητα του αντικειμένου σε μαθητές με ελάχιστο διαθέσιμο χρόνο μελέτης μαθημάτων άλλων από εκείνα στα οποία θα εξεταστούν σε πανελλαδικό επίπεδο.
Στο εργαστήριο θα παρουσιαστεί μια σειρά εργαστηριακών ασκήσεων που έχουν το διπλό στόχο να εισάγουν τους μαθητές της Γ΄ Λυκείου, σε βασικές προγραμματιστικές έννοιες και τεχνικές, και ταυτόχρονα να φωτίσουν λεπτομέρειες της ύλης της Φυσικής Προσανατολισμού.
Η πρόταση αναπτύσσεται σε τρία στάδια: α) Χρησιμοποιώντας το προγραμματιστικό περιβάλλον του Excel οι μαθητές καλούνται να ολοκληρώσουν δραστηριότητες μίας ή δύο διδακτικών ωρών για την προσομοίωση / οπτικοποίηση εννοιών των ταλαντώσεων και των κυμάτων. β) Στο δεύτερο στάδιο παρέχεται ένας σκελετός εφαρμογής γραμμένος σε Javascript, ο οποίος υλοποιεί προγραμματιστικά έναν απλό timer για την επαναληπτική εκτέλεση του κώδικα προσομοίωσης. Οι μαθητές καλούνται να τον εμπλουτίσουν με υποπρογράμματα προσομοίωσης και οπτικοποίησης (χρησιμοποιώντας εντολές γραφικών που υποστηρίζει η HTML5, στην οποία εισάγεται το αντικείμενο canvas). Στο εργαστήριο θα παρουσιαστούν παραδείγματα από τις ταλαντώσεις, τα κύματα και την κύλιση τροχού. γ) Στο τρίτο στάδιο γίνεται επίδειξη λογισμικού μεγαλύτερης έκτασης και οι μαθητές καλούνται είτε να επισημάνουν σφάλματα της προσομοίωσης και ακολούθως να προτείνουν τρόπους διόρθωσης, μελετώντας και σχολιάζοντας τον πηγαίο κώδικα, ή να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό για να διερευνήσουν πλευρές του φυσικού φαινομένου που δεν καλύπτονται από το σχολικό βιβλίο. Στο εργαστήριο θα παρουσιαστούν παραδείγματα από τις ταλαντώσεις (σχέση με περιστρεφόμενο διάνυσμα), το στάσιμο κύμα και τη συμβολή κυμάτων, τις κρούσεις (ελαστικές και πλαστικές) και το φαινόμενο Doppler.
Οι συμμετέχοντες στο εργαστήριο θα έχουν την ευκαιρία να υλοποιήσουν την προτεινόμενη προσέγγιση εφοδιασμένοι α) με αρχεία Excel που παρουσιάζουν τα επί μέρους στάδια υπό

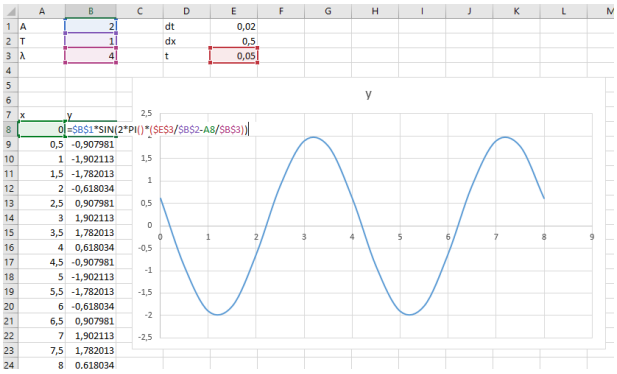
μορφή διαδοχικών Φύλλων Εργασίας, β) με αρχεία πηγαίου κώδικα Javascript που υλοποιεί τον μηχανισμό κλήσης υποπρογραμμάτων προσομοίωσης και οπτικοποίησης, γ) αποσπάσματα αρχείων πηγαίου κώδικα Visual BASIC, τα οποία θα κληθούν να σχολιάσουν και να διορθώσουν. Τέλος θα παρουσιαστούν ενδιαφέρουσες παραλλαγές που έχουν δημιουργηθεί από τους ίδιους τους μαθητές κατά τα δύο σχολικά έτη (2015-2016 και 2016-2017) εφαρμογής της διδακτικής προσέγγισης, αλλά και σκέψεις επέκτασης της μεθόδου στα μαθηματικά.

Δραστηριότητες εργαστηρίου

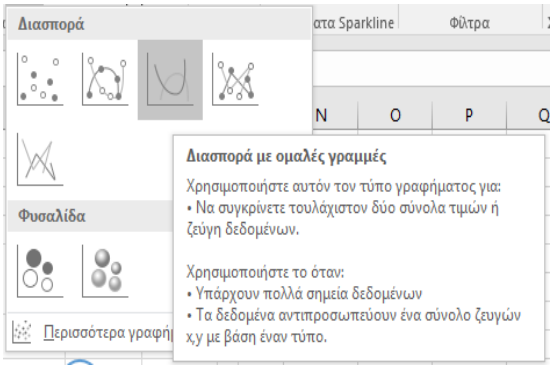
α) Προγραμματισμός στο περιβάλλον του Excel

Η παρουσίαση ξεκινά με τη δημιουργία γραφικής παράστασης της κυματικής εξίσωσης, την οποία οι μαθητές καθιστούν σταδιακά παραμετροποιήσιμη και αλληλεπιδραστική. Μέσω της αναβάθμισης του υπολογιστή σε εργαλείο έρευνας / μετρήσεων / πειραματισμού στις Φυσικές Επιστήμες, εισάγονται η έννοια της δειγματοληψίας, η Δομή Επιλογής (σε απλή και εμφωλευμένη μορφή), η Δομή Δεδομένων του δισδιάστατου πίνακα, η έννοια του προγραμματιστικού αντικειμένου, των Ιδιοτήτων και των Συμβάντων που υποστηρίζει, τα υποπρογράμματα, η επιμέλεια των παραγόμενων εικόνων, κ.λπ.

Εικόνα 1: Βασικό γράφημα



Εικόνα 2: Επιλογή τύπου γραφήματος



Η άσκηση ξεκινά με τη δημιουργία πίνακα τιμών για την αποτύπωση του στιγμιότυπου ενός αρμονικού κύματος που διαδίδεται σε ελαστικό μέσο. Επιλέγονται αυθαίρετα οι τιμές των παραμέτρων του προβλήματος (Περιοχή1 A1:E3) συμπληρώνεται ο πίνακας τιμών (Περιοχή2 A7:B24) με χρήση των αντίστοιχων τύπων, οι οποίοι αντλούν δεδομένα από την Περιοχή1 και σχεδιάζεται η γραφική παράσταση (Εικόνα 1) με επιλογή του μαθηματικού μοντέλου προσαρμογής καμπύλης (Εικόνα 2).
Στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να τροποποιήσουν τις τιμές των παραμέτρων (Περιοχή 1) και να παρατηρήσουν τις αλλαγές στη μορφή του γραφήματος. Δεδομένου ότι το Excel εξ ορισμού ρυθμίζει το εύρος των αξόνων x και y βάσει των πεδίων ορισμού και τιμών αντίστοιχα, ζητάμε από τους μαθητές να “κλειδώσουν” το εύρος του y-άξονα ώστε οι διαδοχικές εικόνες να είναι συγκρίσιμες.

Ακολούθως, τους ζητούμε να εισάγουν στο κελί Ε3 την τιμή 1 (s) και να παρατηρήσουν το γράφημα. Αν κανείς δε διαπιστώσει την ασυνέπεια, τους ζητάμε να εντοπίσουν το *σφάλμα*. Σύντομα, κάποιο παιδί θα διαπιστώσει ότι για t = 1s = T το κύμα στο στιγμιότυπο θα έπρεπε να έχει διανύσει μήκος στο ελαστικό μέσο ίσο προς λ και τα υπόλοιπα σημεία να βρίσκονται στις θέσεις ισορροπίας τους. Για περαιτέρω έμφαση τους ζητάμε να προσθέσουν μια στήλη με τις τιμές τις φάσης, όπου φαίνεται πλέον ξεκάθαρα ότι η φάση ξεκινά από μια μέγιστη θετική τιμή στο σημείο x=0 (για t=1s η τιμή αυτή ισούται με 2π) και μειώνεται γραμμικά μέχρι μηδενισμού (στο x=λ), ενώ ακολούθως λαμβάνει αρνητικές τιμές.

7	x	y	Φ
8	0	-4,9E-16	6,283185
9	0,5	-1,414214	5,497787
10	1	-2	4,712389
11	1,5	-1,414214	3,926991
12	2	2,45E-16	3,141593
13	2,5	1,4142136	2,356194
14	3	2	1,570796
15	3,5	1,4142136	0,785398
16	4	0	0
17	4,5	-1,414214	-0,7854
18	5	-2	-1,5708
19	5,5	-1,414214	-2,35619
20	6	-2,45E-16	-3,14159
21	6,5	1,4142136	-3,92699
22	7	2	-4,71239
23	7,5	1,4142136	-5,49779
24	8	4,901E-16	-6,28319

Το σημείο αυτό αποτελεί αφορμή:

α) Για να γίνει διαχωρισμός στο μυαλό των μαθητών ανάμεσα στα θεωρητικά και τα εφαρμοσμένα μαθηματικά. Πιστεύουμε ότι ζητάμε από το Excel να σχεδιάσει το στιγμιότυπο κύματος, ενώ στην πραγματικότητα του ζητάμε να σχεδιάσει τη γραφική παράσταση της συνάρτησης με τύπο f(x)=Α·ημ[2π(t/T-x/λ)], ανεξάρτητα από το πρόσημο του ορίσματος!

και

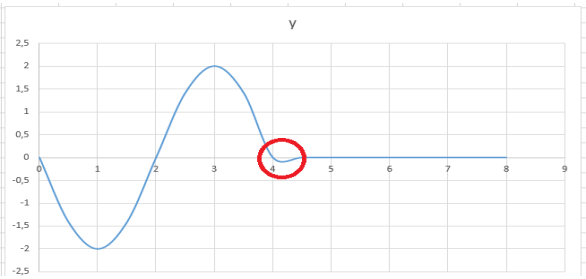
β) Για να εισαχθεί η Δομή Επιλογής με τη μορφή της Συνάρτησης if του Excel, ώστε να μετατραπεί η μαθηματική συνάρτηση "ημίτονο" σε εργαλείο *Προσομοίωσης*. Ο αλγόριθμος που χρησιμοποιούμε εδώ ελέγχει το πρόσημο τη φάσης και, αν αυτό είναι θετικό, βρίσκει την τιμή της απομάκρυνσης από την κυματική εξίσωση. Διαφορετικά θέτει το y ίσο με μηδέν. Με τον τρόπο αυτό εισάγουμε τους κλάδους της συνάρτησης στο Φύλλο Εργασίας και έχουμε μια ακριβέστερη σχεδίαση του στιγμιότυπου η οποία αναδεικνύει το λάθος στην επιλογή του τύπου γραφήματος, όπως φαίνεται στην εικόνα 3. Λόγω της εφαρμογής του αλγόριθμου προσαρμογής καμπύλης, η απότομη αλλαγή στη μονοτονία της συνάρτησης οδηγεί σε μη ρεαλιστική αναπαράσταση του στιγμιότυπου.

7	x	y	Φ
8	0	=IF(C8>=0;B1*SIN(C8);0)	
9	0,5	-1,414214	5,497787
10	1	-2	4,712389
11	1,5	-1,414214	3,926991
12	2	2,45E-16	3,141593
13	2,5	1,4142136	2,356194
14	3	2	1,570796
15	3,5	1,4142136	0,785398
16	4	0	0
17	4,5	0	-0,7854
18	5	0	-1,5708
19	5,5	0	-2,35619
20	6	0	-3,14159
21	6,5	0	-3,92699
22	7	0	-4,71239
23	7,5	0	-5,49779
24	8	0	-6,28319

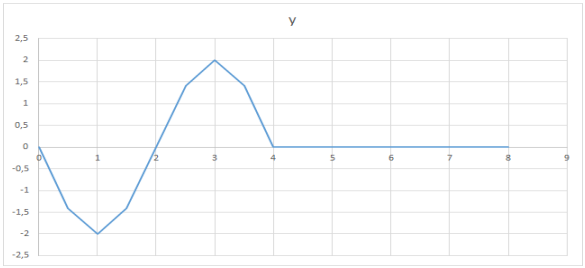
Αλλάζοντας τον τύπο γραφήματος, βλέπουμε ότι το αποτέλεσμα είναι πάλι μη ικανοποιητικό, αφού αντί καμπύλης, έχουμε μια τεθλασμένη (Εικόνα 4).

Χάρη στις δυνατότητες του υπολογιστή, το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται απλά αυξάνοντας το πλήθος των σημείων δειγματοληψίας από 17 σε 161 και τροποποιώντας κατάλληλα το βήμα σάρωσης του πεδίου ορισμού (κελί Ε2) από 0,5 σε 0,05, ώστε τα σημεία να είναι πυκνότερα (Εικόνα 5). Τέλος, με αλλαγή του τύπου γραφήματος σε *Ομαδοποιημένη Στήλη*, καταφέρνουμε να απεικονίσουμε τα διανύσματα μετατόπισης χωρίς να παραλείψουμε την εμφάνιση της Θέσης Ισορροπίας, με εμφωλευμένη Δομή Επιλογής (Εικόνα 6).

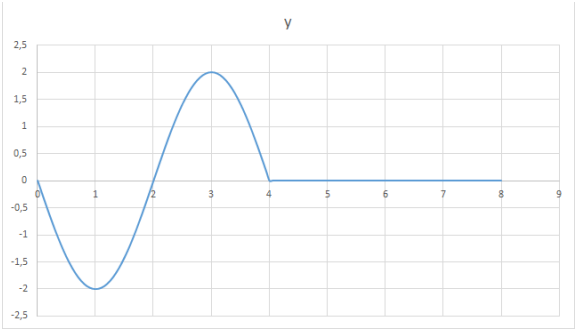
Εικόνα 3: Εσφαλμένος τύπος γραφήματος



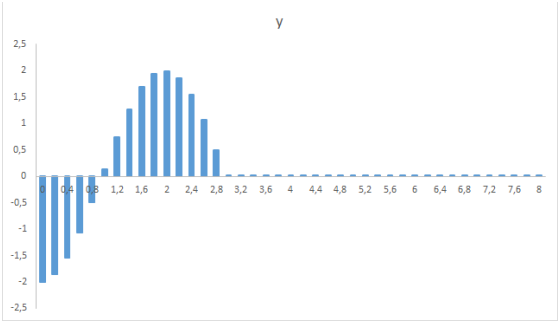
Εικόνα 4: Αλλαγή τύπου γραφήματος



Εικόνα 5*:* Αύξηση συχνότητας δειγματοληψίας

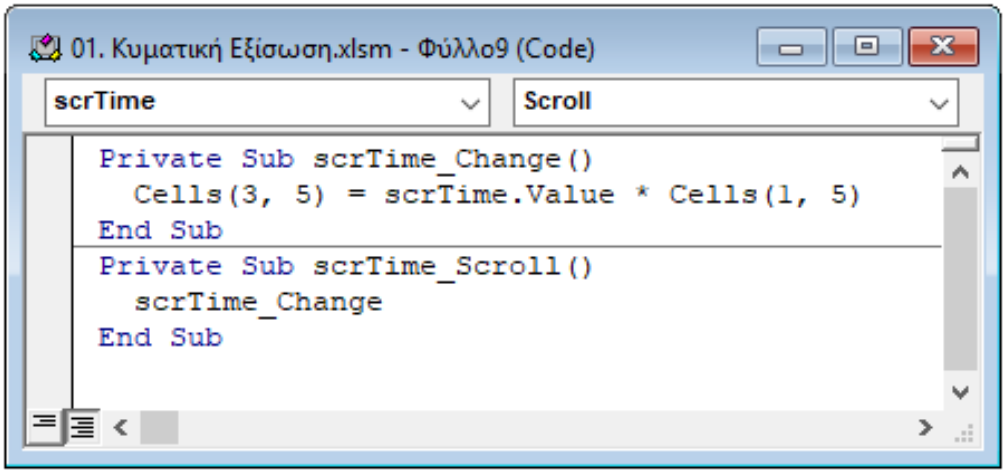


Εικόνα 6: Διάνυσμα μετατόπισης



Στο τελευταίο στάδιο της άσκησης, προσθέτουμε στην προσομοίωση πιο εύχρηστη αλληλεπιδραστικότητα στην αλλαγή της τιμής του t με χρήση μιας λωρίδας κύλισης (scroll bar) στην οποία καθορίζουμε τις Ιδιότητες: Name | scrTime , LargeChange | 10 , Max | 300 και τον σχετικό κώδικα:

Εικόνα 7: Προγραμματισμός του scrollbar

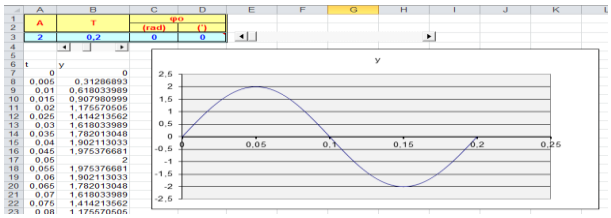


Άλλα παραδείγματα περιλαμβάνουν την εξίσωση απομάκρυνσης της ταλάντωσης, την αρχική φάση (η τιμή της οποίας εκφράζεται τόσο σε μοίρες όσο και σε ακτίνια, με χρήση του αλγόριθμου του Ευκλείδη για την εύρεση του ΜΚΔ), τη φθίνουσα ταλάντωση, τη σύνθεση

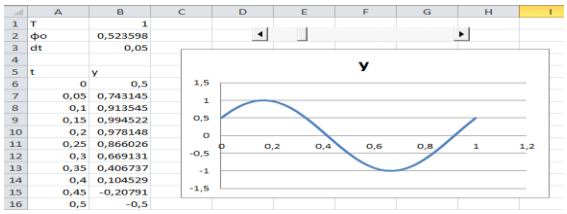
ταλαντώσεων (για οποιοδήποτε λόγο συχνοτήτων και όχι μόνο για $f_1 = f_2$ ή $f_1 \approx f_2$), τη διέλευση παλμού, την υπέρθεση παλμών, τη συμβολή κυμάτων σε δισδιάστατο ελαστικό μέσο, δείγματα των οποίων δίνονται στην εικόνα 8.

Εικόνα 8: Άλλα παραδείγματα

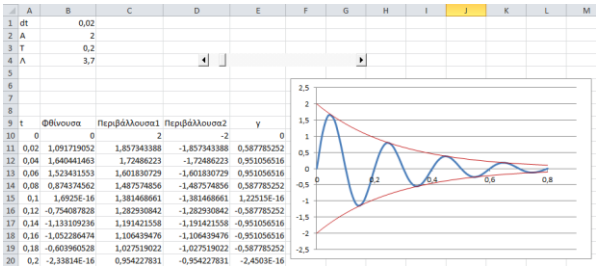
Ταλάντωση



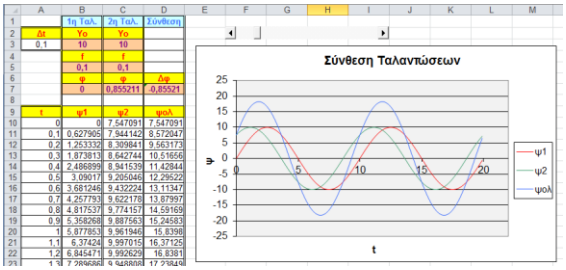
Αρχική Φάση



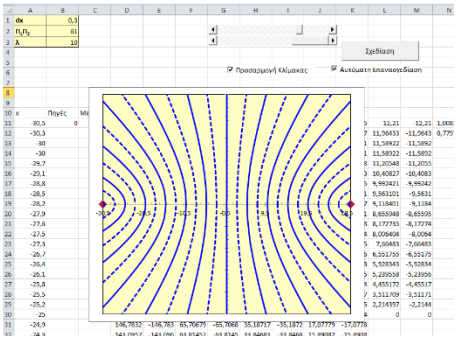
Φθίνουσα Ταλάντωση



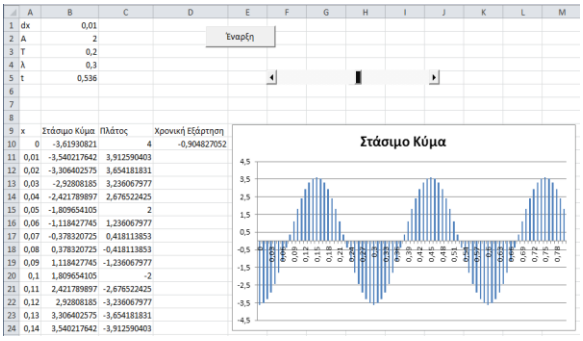
Σύνθεση Ταλαντώσεων



Συμβολή Κυμάτων



Στάσιμο Κύμα



β) Προγραμματισμός με Javascript

Η προτεινόμενη Τυποποιημένη Αρχιτεκτονική Εφαρμογών, γραμμένη σε Javascript, δομείται σε τρία μέρη υπό τη μορφή:

- ενός αρχείου υποτυπώδους HTML στο οποίο δημιουργείται ένας καμβάς σχεδίασης και ένα πλήθος από λωρίδες κύλισης και κουμπιά ενεργειών για την υλοποίηση της διεπαφής,
- του αρχείου CGI.js, όπου περιλαμβάνονται οι συναρτήσεις drawScreen (), για την οπτικοποίηση και simulate (), για τη χρονική εξέλιξη της προσομοίωσης,
- του αρχείου experiment.js, όπου υλοποιείται το υπολογιστικό μέρος της προσομοίωσης και απαιτεί τις πλέον εκτεταμένες παρεμβάσεις ανάλογα με το υπό μελέτη θέμα.

Στο επίπεδο αυτό, η ανάγκη παρεμβάσεων του διδάσκοντα δεν περιορίζεται μόνο στην τελική προγραμματιστική υλοποίηση, αλλά και στο πρώτο στάδιο της ανάπτυξης της αλγοριθμική λογικής. Αντιστάθμισμα αυτού αποτελεί το γεγονός ότι γίνεται αντιληπτή η αξία του Τμηματικού Προγραμματισμού.
Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές θα συνειδητοποιήσουν ότι στο πλαίσιο διδασκαλίας αυτής της μορφής ο Η/Υ ανάγεται σε ερευνητικό / πειραματικό εργαλείο (με όλους τους σχετικούς περιορισμούς, που δεν είναι τίποτε άλλο παρά αφορμή για τον πειραματιστή να επινοήσει μεθόδους ώστε να τους υπερβεί) το οποίο, ανάμεσα σε άλλες, παρέχει τη δυνατότητα:

- Ελέγχου του ρυθμού εξέλιξης του φαινομένου
- Εκτέλεσης “αδύνατων” πειραμάτων
- Πραγματοποίησης Αριθμητικών / στατιστικών υπολογισμών σε πραγματικό χρόνο
- Χάραξης γραφημάτων σε πραγματικό χρόνο
- Σύνδεση μακρόκοσμου – μικρόκοσμου

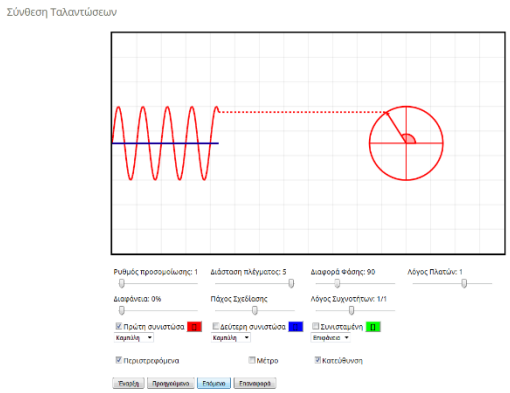
Οι κύριοι άξονες / στόχοι μιας τέτοιας διδακτικής παρέμβασης είναι:

- Εμπλουτισμός της διδασκαλίας Προγραμματισμού με “ρεαλιστικά” παραδείγματα
- Καλλιέργεια αλγοριθμικής σκέψης
- Μετατροπή του Προγραμματισμού σε *Περιβάλλον Μελέτης*
- Ανάδειξη του Η/Υ ως *Προγραμματιζόμενου* Εργαλείου Πειραματισμού
- Μελέτη / Εμβάθυνση σε ερωτήματα “εκτός βιβλίου”
- Αλλαγή στάσης απέναντι στο μάθημα της Αλγοριθμικής

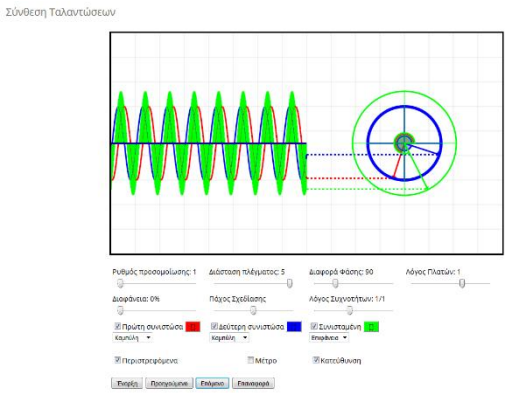
Τα παραδείγματα που θα παρουσιαστούν αναφέρονται σε ταλαντώσεις, κύματα και στερεό σώμα. Στιγμιότυπα των αντίστοιχων έτοιμων και online διαθέσιμων εφαρμογών, δίνονται στην εικόνα 9.

Εικόνα 9: Παραδείγματα υλοποιημένα σε Javascript

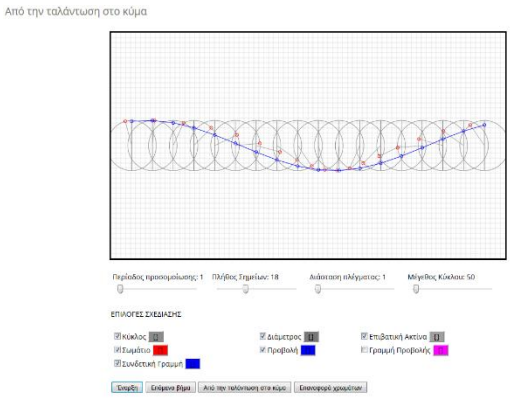
Περιστρεφόμενο Διάνυσμα και Ταλάντωση



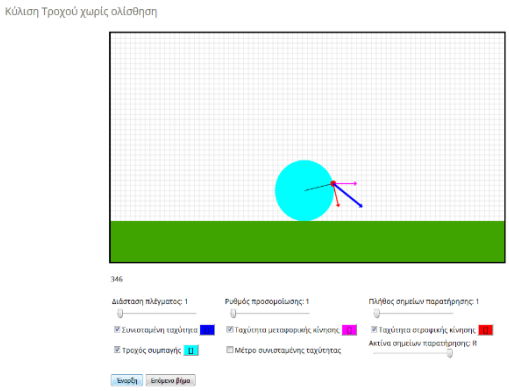
Σύνθεση Ταλαντώσεων



Ταλάντωση και Κύμα



Κύλιση τροχού



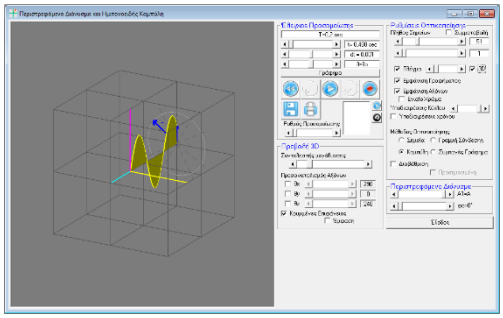
γ) Σχολιασμός / Χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού ανοικτού κώδικα

Παρουσιάζεται λογισμικό ανοικτού κώδικα για την προσομοίωση / οπτικοποίηση σε δύο και τρεις διαστάσεις φαινομένων που σχετίζονται με α) το περιστρεφόμενο διάνυσμα και την ημιτονοειδή καμπύλη, β) τη διάδοση παλμών και κυμάτων, γ) την υπέρθεση κυμάτων, δ) το στάσιμο κύμα, ε) την ανάκλαση κύματος, στ) τις ελαστικές και πλαστικές κρούσεις στερεών σωμάτων και ζ) το φαινόμενο Doppler (βλ. Εικόνα 10). Στη συνέχεια προτείνονται τρόποι αξιοποίησης του λογισμικού αυτού είτε με Φύλλα Εργασίας, είτε με άλλες δραστηριότητες που δίνονται στους μαθητές, με σκοπό να διερευνήσουν το αντίστοιχο φυσικό φαινόμενο και να αναδείξουν όψεις του που δεν καλύπτονται στο επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα, εκμεταλλευόμενοι το μεγάλο πλήθος παραμέτρων που ελέγχονται από τα χειριστήρια που κάθε εφαρμογή ενσωματώνει, αλλά και τις δυνατότητες ελέγχου της οπτικοποίησης, του ρυθμού προσομοίωσης κ.λπ.

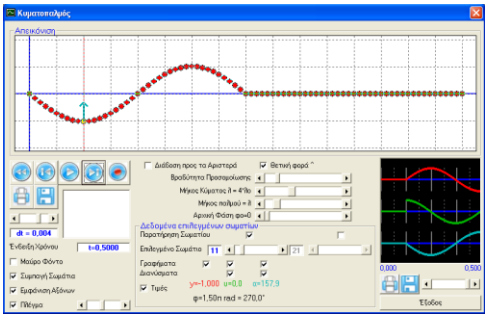
Μια από αυτές τις δραστηριότητες είναι η επισκόπηση των αποτελεσμάτων της οπτικοποίησης σε συνδυασμό με τη μελέτη του αντίστοιχου κώδικα, για να αναδειχθούν αδυναμίες και να προταθούν τρόποι βελτίωσης. Ως παράδειγμα αναφέρεται η περίπτωση της κρούσης, όπου στην αρχική εκδοχή, τα σώματα φαίνονται σε επικάλυψη κατά τη διάρκεια της κρούσης τους. Μέσω της συζήτησης επί του κώδικα, οι μαθητές διαπιστώνουν ότι υπεύθυνη για αυτό είναι η συνθήκη `x1-x2=0`, όπου `x1` και `x2` είναι οι μεταβλητές που αντιπροσωπεύουν τις θέσεις των σωμάτων. Η πρόταση για τροποποίηση της συνθήκης σε `x1-x2=R1+R2` δίνει καλύτερα αποτελέσματα, αλλά δεν εξασφαλίζει την *Περατότητα* του αλγόριθμου. Το επόμενο στάδιο είναι η μετατροπή της συνθήκης σε `A_T(x1-x2)<=R1+R2`, όπου με `A_T()` συμβολίζεται ο υπολογισμός της απόλυτης τιμής, και η διόρθωση του σφάλματος της τελικής φάσης οπτικοποίησης με την εντολή `x2 ← x1+R1+R2`.

Εικόνα 10: Παραδείγματα ανοικτού κώδικα (υλοποιημένα σε VB + WebGL)

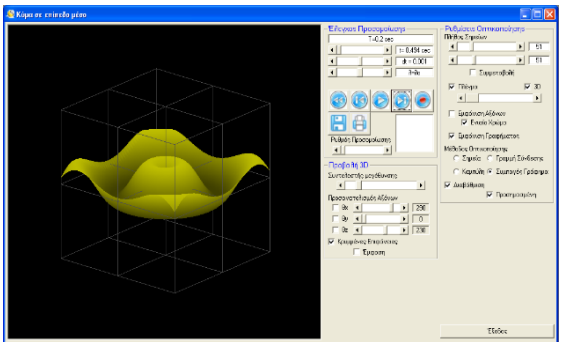
Περιστρεφόμενο Διάνυσμα και Ταλάντωση



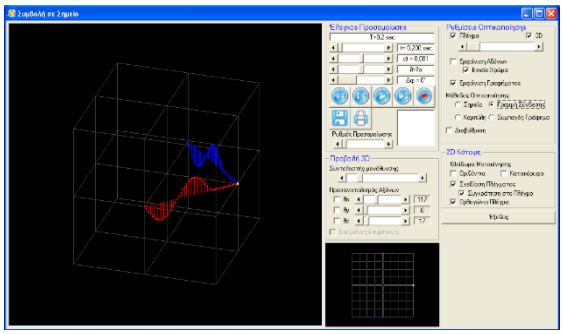
Διάδοση Παλμών / Κυμάτων σε μία διάσταση



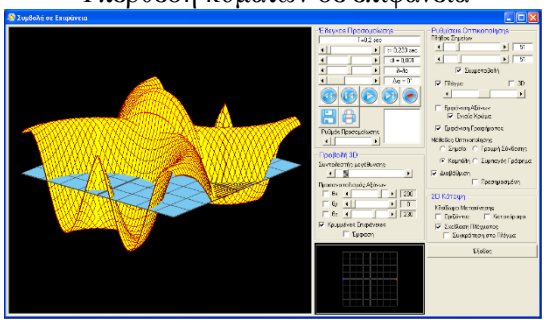
Διάδοση Κυμάτων σε δύο διαστάσεις



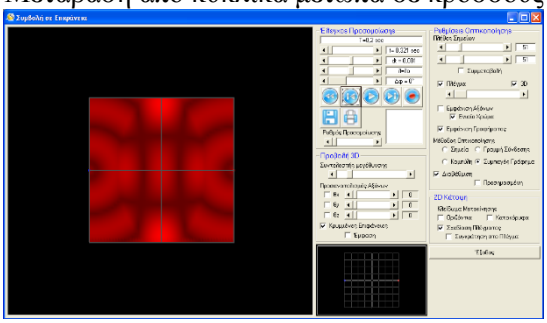
Υπέρθεση κυμάτων σε σημείο



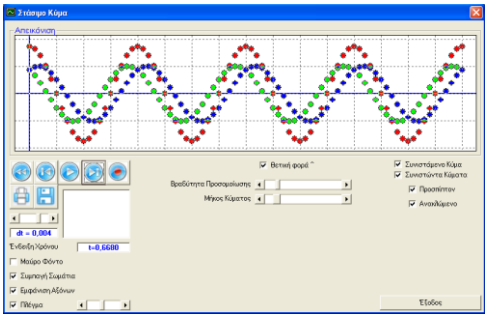
Υπέρθεση κυμάτων σε επιφάνεια



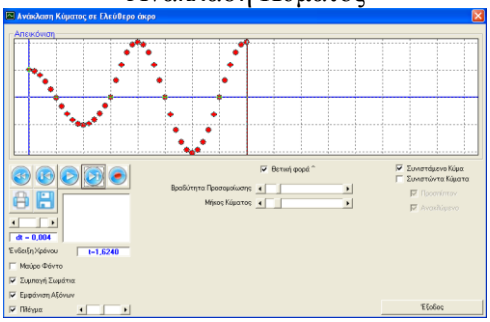
Μετάβαση από κυκλικά μέτωπα σε κροσσούς



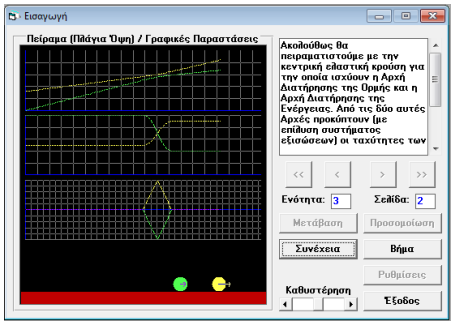
Στάσιμο Κύμα



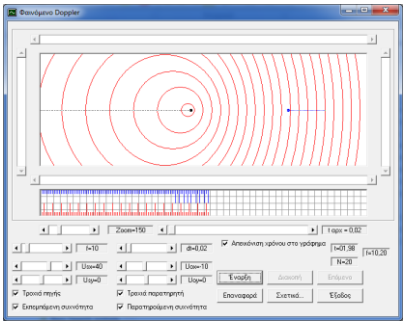
Ανάκλαση Κύματος



Κρούσεις



Φαινόμενο Doppler



ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Οργάνωση: Δημήτρης Σταύρου[1], Σίμος Αναγνωστάκης[1], Νίκος Χανιωτάκης[2]
Συμμετέχοντες: Αιμιλία Μιχαηλίδη[1], Αθανασία Κοκολάκη[1], Αργύρης Νιπυράκης[1], Δημήτρης Χοκούρογλου[1], Γεωργία Ηλιάκη[1], Μιχάλης Καλατζαντωνάκης[1], Μαρία Μαρκάκη[1], Πέτρος Παπαδάκης[1], Μανόλης Χαιρέτης[1], Στέλιος Σταυγιαννουδάκης[2], Ιωάννης Νικολάου[2] & Μανόλης Χανιωτάκης[2]

[1]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
[2]Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Σύνοψη εργαστηρίου

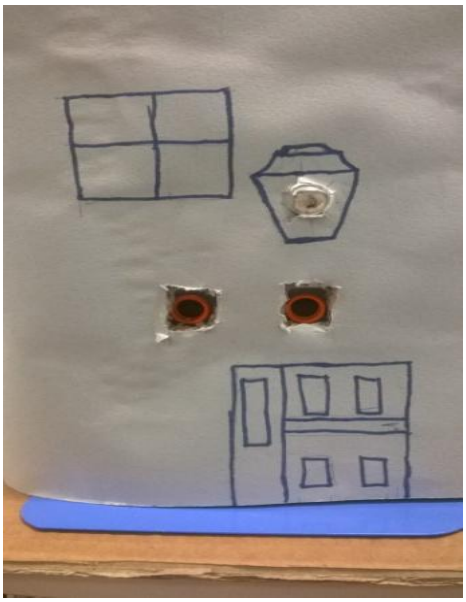
Τα τελευταία χρόνια τονίζεται η ιδιαίτερη σημασία που έχει για τους μαθητές ως μελλοντικούς πολίτες μια εκπαίδευση που τους βοηθάει να αποκτήσουν γνώσεις αλλά και να αναπτύξουν ικανότητες και δεξιότητες που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά (Science, Technology, Engineering & Mathematics, STEM). Πιο πρόσφατα συζητείται το πλαίσιο αυτό να διερευνηθεί, έτσι ώστε και άλλα επιστημονικά πεδία να ενταχθούν σε αυτή την εκπαίδευση με βασικό χαρακτηριστικό τη διεπιστημονικότητα (Science, Technology, Engineering, Arts & Mathematics, STEAM).
Έχοντας υπόψη το παραπάνω πλαίσιο, αξιοποιώντας πορίσματα από την έρευνα στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας, στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης και στο Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Κρήτης έχουν αναπτυχθεί μια σειρά από "καινοτόμες" πειραματικές δραστηριότητες με τη χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής και μικροϋπολογιστικών συστημάτων. Οι πειραματικές δραστηριότητες που παρουσιάστηκαν στο εργαστήριο έχουν αναπτυχθεί κατά κύριο λόγο από φοιτητές και έχουν διαπραγματευθεί με μαθητές όλων των βαθμίδων είτε στα σχολεία τους είτε κατά τη διάρκεια επισκέψεων σε εργαστηριακό χώρο στο Πανεπιστήμιο.
Το εργαστήριο επομένως είχε ως σκοπό να αναδείξει βασικές διαστάσεις της εκπαίδευσης STEM, όπως αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με βάση τις πειραματικές δραστηριότητες, οι οποίες συνοψίζονται ως ακολούθως: α) Πειράματα Φυσικών Επιστημών με τη χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής, β) Πειράματα Φυσικών Επιστημών σε πραγματικό χρόνο με τη χρήση Μικροϋπολογιστικών Συστημάτων, γ) Πειράματα Φυσικών Επιστημών με τη συνδυαστική χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και Μικροϋπολογιστικών Συστημάτων και δ) Πειράματα Φυσικών Επιστημών με ρομποτικό διαδραστικό σύστημα σε συνδυασμό με διαδραστικό διαδικτυακό βιβλίο.

Δραστηριότητες εργαστηρίου

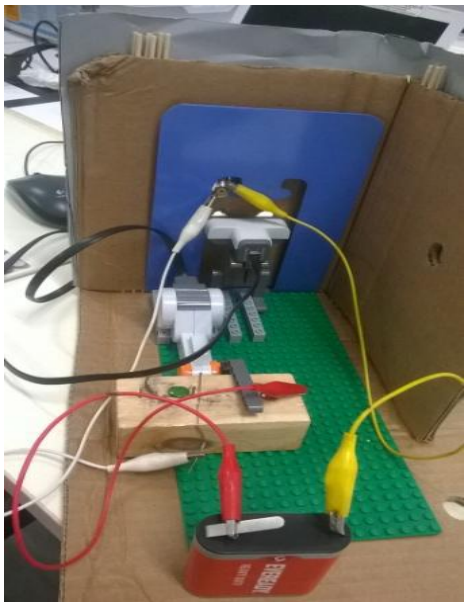
Πειράματα Φυσικών Επιστημών με τη χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής

Στην ενότητα της εκπαιδευτικής ρομποτικής αξιοποιήθηκαν τα ρομποτικά συστήματα Lego Mindstorms NXT για τη δημιουργία πειραμάτων. Πιο συγκεκριμένα το εργαστήριο επικεντρώθηκε στη δημιουργία ρομποτικών πειραμάτων για τη διδασκαλία φυσικών φαινομένων, αξιοποιώντας τους αυτοματισμούς της εκπαιδευτικής ρομποτικής. Για κάθε πείραμα αξιοποιήθηκαν οι αντίστοιχοι αισθητήρες μέτρησης, κατασκευάστηκε η απαραίτητη διάταξη, ενώ έγινε και ο αναγκαίος προγραμματισμός για τις ανάγκες του εκάστοτε πειράματος. Συνολικά παρουσιάστηκαν τρία πειράματα επίδειξης από τις ενότητες: ηλεκτρομαγνητισμός, μηχανική, χημεία.
Το πρώτο πείραμα προσομοιάζει ένα σπίτι, του οποίου το εξωτερικό φως ανάβει με φωτοκύτταρο. Το σπίτι αυτό έχει ήδη προκατασκευαστεί (Εικόνα 1). Στο εσωτερικό του υπάρχει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα σε σειρά με ένα διακόπτη που ανοίγει και κλείνει με τη βοήθεια ενός αυτοματισμού (Εικόνα 2). Επίσης έχει τοποθετηθεί ένας αισθητήρας απόστασης ακριβώς πάνω από τη ζωγραφισμένη πόρτα του σπιτιού. Μόλις ένα αντικείμενο πλησιάσει τον αισθητήρα σε απόσταση μικρότερη από 5 εκ, ο αυτόματος διακόπτης κλείνει και το λαμπάκι ανάβει. Ύστερα από 5 δευτερόλεπτα ο διακόπτης ανοίγει ξανά. Σκοπός αυτού του πειράματος είναι ο μαθητής να διαπιστώσει τη λειτουργία του διακόπτη και στη συνέχεια του φωτοκύτταρου.

Εικόνα 1:Εξωτερική όψη του σπιτιού



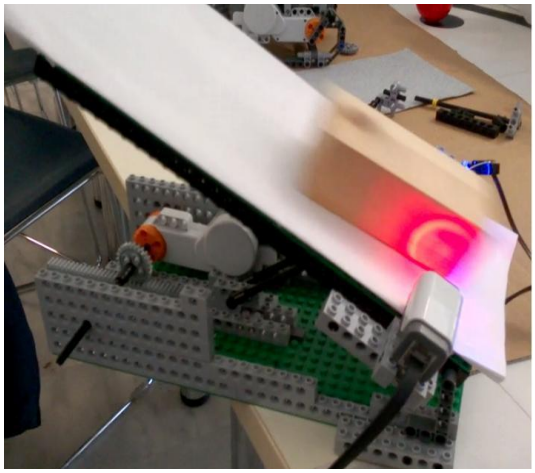
Εικόνα 2: Εσωτερική όψη του σπιτιού



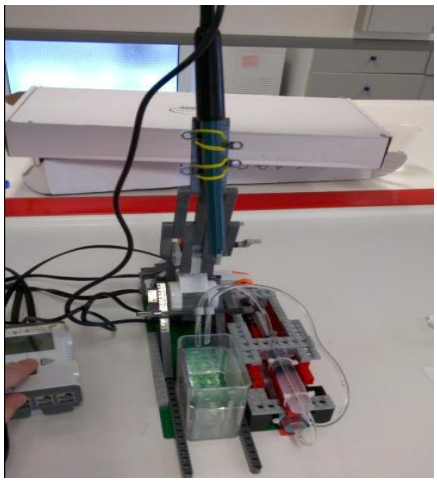
Το δεύτερο πείραμα επικεντρώνεται στη σχέση της τριβής με την επιφάνεια των σωμάτων που βρίσκονται σε επαφή. Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιείται μια ρομποτική κατασκευή, που αποτελεί ένα κεκλιμένο με ανατροπή. Με τη χρήση κόλλας σε μορφή πλαστελίνης κολλάμε πάνω στην πλαστική βάση σμυριδόχαρτο ή κόλλα αναφοράς. Έτσι δίνεται η δυνατότητα να αλλάζει ο συντελεστή τριβής. Ταυτόχρονα, τοποθετούμε ένα ξύλινο τουβλάκι πάνω στην επιφάνεια. Στο κεκλιμένο επίπεδο έχουμε προσαρμόσει ένα αισθητήρα φωτός και ένα μικρό λαμπάκι led που συνεχώς φωτοβολεί δημιουργώντας μια φωτοπύλη, η οποία μόλις διαταραχθεί σταματάει το πείραμα (Εικόνα 3). Χρησιμοποιούμε το κεκλιμένο για να δείξουμε

ότι ανάλογα με την επιφάνεια το τουβλάκι πέφτει σε διαφορετικό ύψος. Σκοπός του πειράματος είναι οι μαθητές να διαπιστώσουν ότι το είδος της επιφάνειας είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει τη τριβή.

Εικόνα 3: Η φωτοπύλη σε λειτουργία



Εικόνα 4: Το ρομπότ με τον αισθητήρα pH

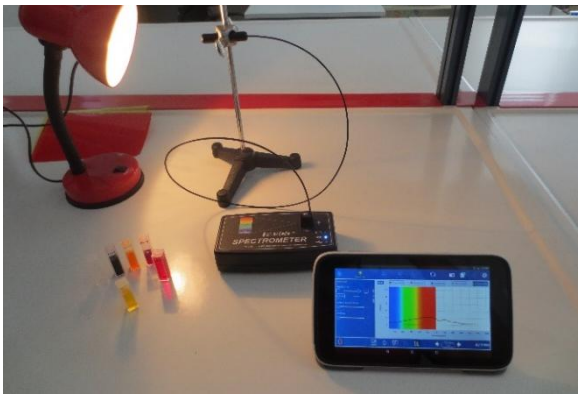


Η τελευταία δραστηριότητα εισάγει τους μαθητές στην έννοια της εξουδετέρωσης Σε αυτό το πείραμα το ρομπότ αρχικά δείχνει το ph του διαλύματος που βρίσκεται μέσα στο πλαστικό δοχείο. Στη συνέχεια ανάλογα το διάλυμα ρίχνει σταδιακά μικρή ποσότητα οξέος ή βάσης και συνεχώς δείχνει τη μεταβολή του ph μέσα από την οθόνη του έξυπνου τούβλου (Εικόνα 4). Το πείραμα ολοκληρώνεται όταν το διάλυμα έχει ουδέτερο ph..

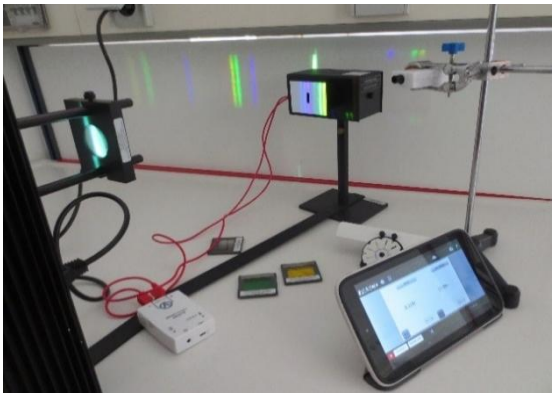
Πειράματα Φυσικών Επιστημών σε πραγματικό χρόνο με τη χρήση Μικροϋπολογιστικών Συστημάτων

Τα πειράματα της κατηγορίας αυτής χρησιμοποιούν Μικροϋπολογιστικά Συστήματα (ΜΥΣ) για την real-time συλλογή δεδομένων στα πειράματα. Τα συστήματα αυτά αποτελούντα από ασύρματα tablets ή/και κινητά τηλέφωνα (smartphones) και φορητούς υπολογιστές τα οποία με τη χρήση του απαραίτητου λογισμικού σε συνδυασμό με ηλεκτρονικούς αισθητήρες (ενσύρματους, ασύρματους και ενσωματωμένους) αξιοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων από τα πειράματα.

Εικόνα 5: Ανάλυση λευκού φωτός και φάσματος απορρόφησης διαλυμάτων

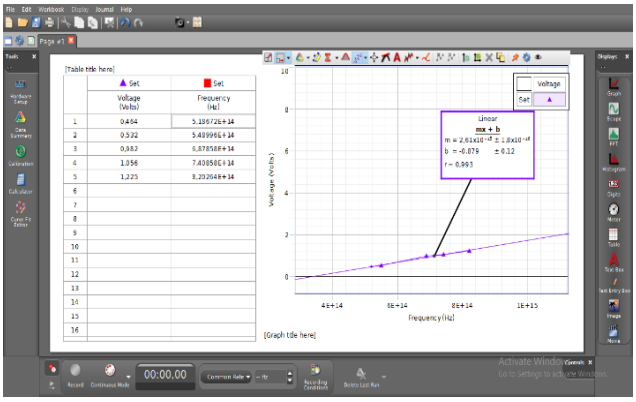


Εικόνα 6: Ανάλυση λευκού φωτός και φάσματος απορρόφησης διαλυμάτων



Στο εργαστήριο αυτό, χρησιμοποιήσαμε ασύρματο φασματόμετρο για την ανάλυση φάσματος λευκού φωτός, όπως φαίνεται στην εικόνα 5, καθώς και την ανάλυση φάσματος ακτινοβολίας διαφόρων χρωμάτων. Το φασματόμετρο έστελνε τα δεδομένα σε tablet όπου οι συμμετέχοντες μπορούσαν να παρατηρήσουν γραφικά τα εκάστοτε φάσματα. Επίσης οι συμμετέχοντες μπορούσαν να παρατηρήσουν το φάσμα απορρόφησης και φάσμα μετάδοσης ακτινοβολίας διαφόρων χρωματισμένων υγρών διαλυμάτων και έτσι να συμπεράνουν γενικά για το χρώμα των αντικειμένων. Ακόμα, οι συμμετέχοντες μπορούσαν να δουν το φαινόμενο φθορισμού διαφόρων ουσιών, όπως το φλουορεσκεϊνικό νάτριο και να δουν γραφικά στο tablet την μετατόπιση της φασματικής κατανομής στο ορατό φάσμα. Επίσης οι συμμετέχοντες είχαν την ευκαιρία να δουν το γραμμικό φάσμα εκπομπής ατμών Hg καθώς και του Na. Συγκεκριμένα, στο γραμμικό φάσμα Hg,όπως φαίνεται στην Εικόνα 6, υπήρχε η δυνατότητα να μετρήσουν την ένταση ακτινοβολίας κάθε φασματικής γραμμής με τον αντίστοιχο αισθητήρα έντασης φωτός, καθώς επίσης και να μετρήσουν την κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων που εξάγονται λόγω πρόσπτωσης ακτινοβολίας στην κάθοδο της φωτοδιόδου μέσω της μέτρησης της τάσης αποκοπής με το ασύρματο βολτόμετρο. Οι μετρήσεις από το βολτόμετρο και τον αισθητήρα έντασης συλλέγονται ταυτόχρονα στο tablet έτσι ώστε ο παρατηρητής να συγκρίνει τις τιμές για κάθε φασματική γραμμή και να συμπεράνει ότι η ενέργεια των εκάστοτε φωτονίων είναι συνάρτηση μόνο της συχνότητας της ακτινοβολίας και ανεξάρτητη της έντασής της, σύμφωνα με την κβαντική θεωρία. Επιπλέον, με χρήση του αντίστοιχου λογισμικού στον υπολογιστή, από την γραφική παράσταση κινητικής ενέργειας φωτονίων και συχνότητας μπορεί να υπολογιστεί η σταθερά του Planck από την κλίση της ευθείας, σύμφωνα με την φωτοηλεκτρική εξίσωση του Einstein, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.
Με τη βοήθεια ασύρματου ηλεκτρονικού πεχάμετρου, οι συμμετέχοντες μπορούσαν, ακόμα, να μετρήσουν το pH διαλυμάτων οξέων-βάσεων καθώς και διαλυμάτων μετά από αντιδράσεις εξουδετέρωσης, όπως βλέπουμε στην Εικόνα 8. Παράλληλα, μπορούσε να γίνει μελέτη της σύστασης και της ποιότητας του νερού με τη βοήθεια αισθητήρα αγωγιμότητας.

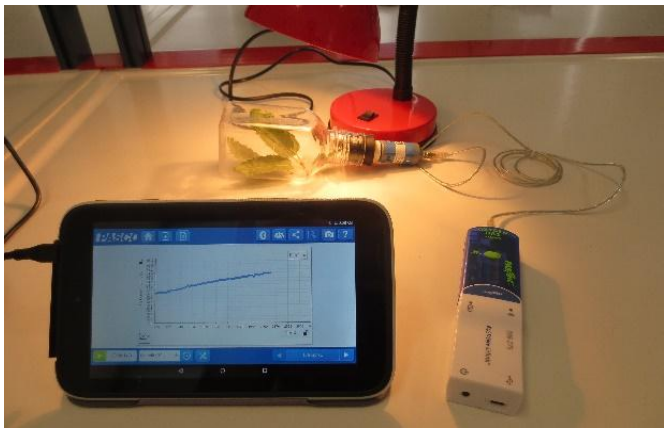
Εικόνα 7: Υπολογισμός σταθεράς h



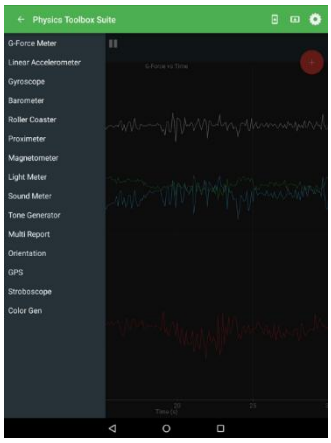
Εικόνα 8: Μέτρηση pH,αγωγιμότητας διαλυμάτων

Οι συμμετέχοντες μπόρεσαν, επίσης, να παρατηρήσουν την αύξηση της κατ' όγκου περιεκτικότητας οξυγόνου σε ένα πείραμα φωτοσύνθεσης, όπου κάναμε χρήση του αισθητήρα μέτρησης οξυγόνου σε ένα δοχείο, όπου είχαμε τοποθετήσει φύλλα βελανιδιάς και τα είχαμε εκθέσει σε τεχνητό φως, όπως βλέπουμε στην Εικόνα 9. Τα δεδομένα συλλέγονταν σε tablet για την παραγωγή της γραφικής παράστασης της % κατ' όγκου περιεκτικότητας οξυγόνου συναρτήσει του χρόνου.

Εικόνα 9: Φωτοσύνθεση-μέτρηση περιεκτικότητας O_2



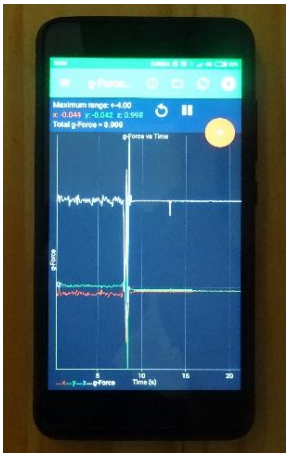
Εικόνα 10: Ενσωματωμένοι Αισθητήρες σε smartphone



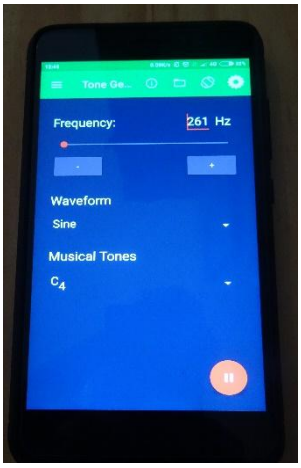
Στο εργαστήριο παρουσιάστηκαν, επίσης, πειράματα με τη χρήση κινητών τηλεφώνων (smartphones). Τα κινητά τηλέφωνα νέας γενιάς είχαν ενσωματωμένους αισθητήρες, όπως αισθητήρες κίνησης, επιτάχυνσης, θερμοκρασίας, έντασης ακτινοβολίας, έντασης μαγνητικού πεδίου, γυροσκόπιο κτλ, όπως μπορούμε να δούμε στην Εικόνα 10. Με τη χρήση αυτών, μπορούσε ο χρήστης σε ένα πείραμα να υπολογίσει τη γωνία κλίσης ενός κεκλιμένου επιπέδου στο οποίο το κινητό ισορροπούσε οριακά και έτσι να υπολογίσει από αυτό τον συντελεστή στατικής τριβής, όπως για παράδειγμα έχουμε στην Εικόνα 11. Σε ένα πείραμα ελεύθερης πτώσης του κινητού, ο χρήστης θα μπορούσε να μετρήσει την επιτάχυνση της βαρύτητας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 12. Ο χρήστης μπορούσε επίσης να μετρήσει το μαγνητικό πεδίο ενός ρευματοφόρου αγωγού, καθώς επίσης και την ένταση ακτινοβολίας από φωτεινή πηγή και να δει ότι αυτή φθίνει αντιστρόφως ανάλογα με το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή. Ακόμα, ο χρήστης θα μπορούσε να ρυθμίσει το κινητό του να παράγει ήχο γνωστής συχνότητας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 13 και έτσι να ακούσει διακροτήματα με τη βοήθεια δύο κινητών που θα είχαν ρυθμιστεί να παράγουν ήχο παραπλήσιας συχνότητας.

Εικόνα 11: Μέτρηση συντελεστή στατικής τριβής

Εικόνα 12: Μέτρηση g



Εικόνα 13: Παραγωγή ήχου γνωστής συχνότητας

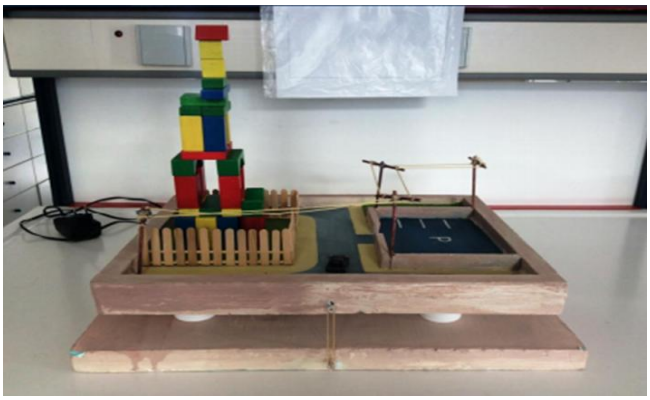


Επιπλέον, όπως βλέπουμε στην Εικόνα 14, με τη βοήθεια του κινητού θα μπορούσε να γίνει βίντεο-καταγραφή της κίνησης ενός αντικειμένου και μετέπειτα μελέτη αυτής μέσω του βίντεο, μετά από την απαραίτητη βαθμονόμηση της κλίμακας μεγέθους αρχικά.

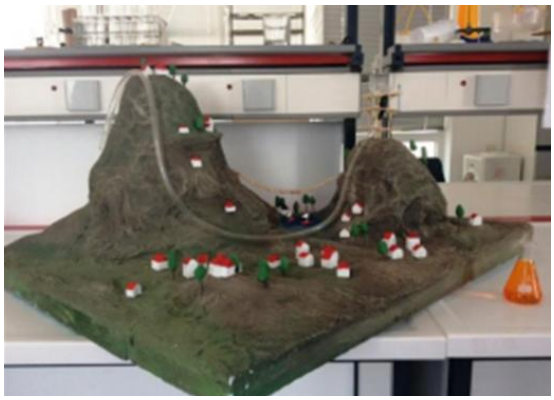
Εικόνα 14: Βίντεο-καταγραφή και μελέτη πειράματος ελεύθερης πτώσης

Στο εργαστήριο υπήρχε επίσης η δυνατότητα στους συμμετέχοντες να δουν τη συνδυαστική χρήση μικροϋπολογιστικών συστημάτων με διαδραστικά εκθέματα. Συγκεκριμένα, οι χρήστες μπορούσαν μέσω εφαρμογής σε tablet να παρατηρήσουν γραφικά τη δόνηση σε ένα σύστημα τεχνητού σεισμού (Εικόνα 15), καθώς και να συνδέσουν το πλάτος της ταλάντωσης της σεισμικής δόνησης με το πλάτος της απομάκρυνσης στη γραφική παράσταση, οπτικοποιώντας έτσι το φαινόμενο.

Εικόνα 15: Ο τεχνητός σεισμός



Εικόνα 16: Το έκθεμα της υδροστατικής πίεσης

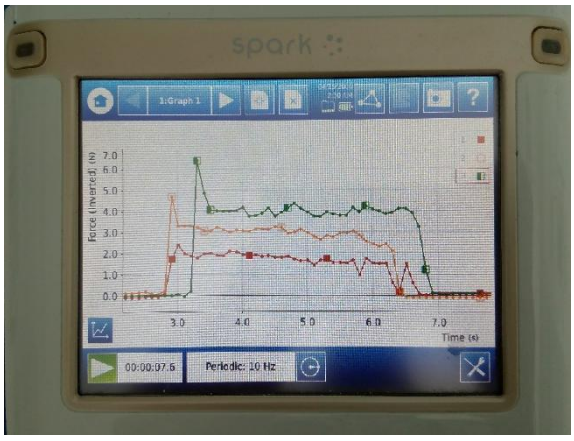


Επίσης, σε ένα άλλο έκθεμα αναπαριστανόταν το σύστημα ύδρευσης σε μια κατοικημένη περιοχή (Εικόνα 16), με στόχο να μάθουν τα παιδιά για την υδροστατική πίεση σε συγκοινωνούντα δοχεία. Σε αυτό, με τη χρήση αντίστοιχης εφαρμογής στο tablet τα παιδιά θα μπορούσαν, μέσω ψηφιακής σχεδίασης πάνω σε φωτογραφία του εκθέματος, να διατυπώσουν τις αρχικές αντιλήψεις τους για την τελική στάθμη του νερού στους σωλήνες και να τις συγκρίνουν με το τελικό αποτέλεσμα του πειράματος στην ίδια εικόνα.

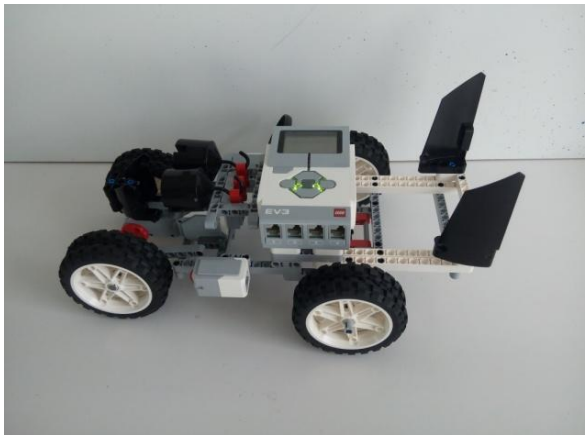
Πειράματα Φυσικών Επιστημών με τη συνδυαστική χρήση Εκπαιδευτικής Ρομποτικής και Μικροϋπολογιστικών Συστημάτων

Τα πειράματα της ενότητας αυτής, χαρακτηρίζονται από την συνδυαστική χρήση των Μικροϋπολογιστικών Συστημάτων (ΜΥΣ), με την Εκπαιδευτική Ρομποτική (Ε.Ρ.). Κατά αυτόν το τρόπο, αξιοποιώντας τα θετικά χαρακτηριστικά που προσφέρει το κάθε μέσο, κατασκευάστηκαν πειράματα ενταγμένα στην ενότητα της μηχανικής. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τα ΜΥΣ, χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι αισθητήρες μέτρησης (π.χ. ταχύτητας, δύναμης κτλ) και το Pasco Spark το οποίο περιλαμβάνει το λειτουργικό σύστημα, και ταυτόχρονα αποτελεί την οθόνη διαγραμματικής αναπαράστασης των δεδομένων (Εικόνα 17). Όσον αφορά την Ε.Ρ., χρησιμοποιήθηκε το εκπαιδευτικό πακέτο Lego Mindstorms EV3. Έτσι λοιπόν, κατασκευάστηκε ένα ρομποτικό όχημα (Εικόνα 18), το οποίο μπορούσε να εκτελέσει διάφορες κινήσεις, ανάλογα πάντοτε με τον προγραμματισμό που του δινόταν στην κεντρική μονάδα (έξυπνο τούβλο) που ουσιαστικά αποτελεί τον «εγκέφαλο» το ρομπότ. Την Ε.Ρ. συνόδευαν οι αντίστοιχοι αισθητήρες (π.χ. θέσης, κίνησης κτλ).

Εικόνα 17: Η διαγραμματική αναπαράσταση των δεδομένων στο Pasco Spark



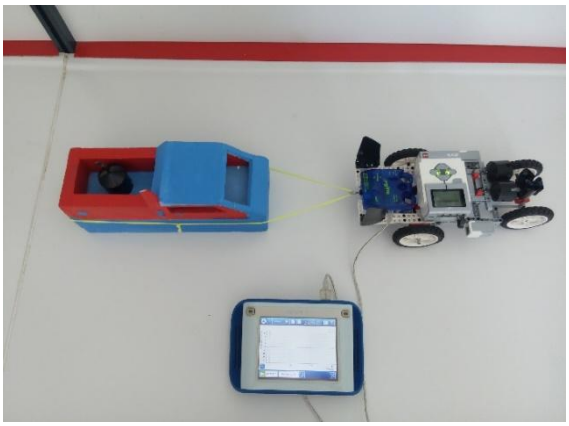
Εικόνα 18: Το ρομποτικό όχημα



Ένα από τα πειράματα που παρουσιάστηκαν, αφορούσε την σχέση ταχύτητας και επιτάχυνσης. Ξεκινώντας με την Ε.Ρ., το όχημα έχει προγραμματιστεί να κινηθεί αρχικά με σταθερή ταχύτητα μέτρου 0,1m/s, έπειτα με σταθερή ταχύτητα μέτρου 0,4 m/s και τέλος με ευθύγραμμα ομαλά επιταχυνόμενη κίνηση. Οι τρεις κινήσεις που προαναφέρθηκαν, πέρασαν με τον κατάλληλο προγραμματισμό στο έξυπνο τούβλο. Όσον αφορά τα ΜΥΣ, τοποθετήθηκε ένας αισθητήρας κίνησης ο οποίος παρέχει διαγραμματικά δεδομένα για την ταχύτητα και την επιτάχυνση του σώματος απέναντι από το όχημα. (Εικόνα 19). Συνεπώς, οι συμμετέχοντες στο εργαστήριο μπορούσαν να παρατηρήσουν την διαγραμματική σχέσης της ταχύτητας με την επιτάχυνση και στις τρεις διαφορετικές κινήσεις.

Εικόνα 19: Το πείραμα σχέσης ταχύτητας και επιτάχυνσης

Εικόνα 20: Μελέτη των παραγόντων της τριβής

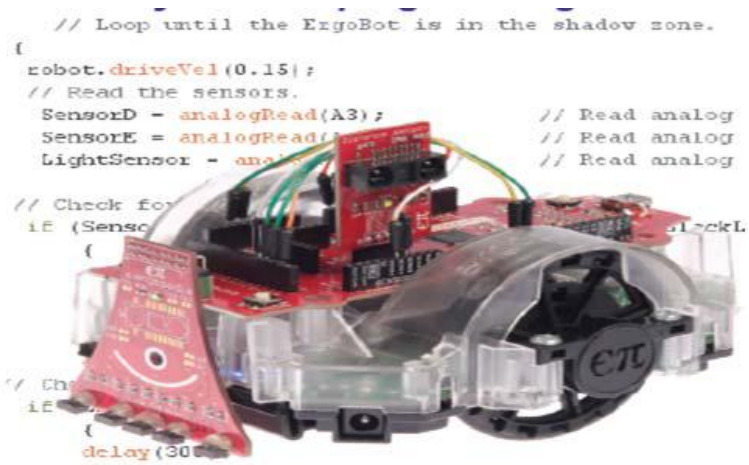


Ένα ακόμη πείραμα το οποίο αναπτύχθηκε, αφορούσε την μελέτη των παραγόντων της τριβής. Για το πείραμα αυτό, χρησιμοποιήθηκε το ρομπότ που προαναφέρθηκε παραπάνω. Βέβαια, για τις ανάγκες του πειράματος, είχε προγραμματιστεί κατάλληλα ώστε να εκτελεί κίνηση με σταθερή ταχύτητα. Πάνω στο ρομπότ αυτό, υπήρχε κατάλληλη θέση πάνω στην οποία είχε τοποθετηθεί ένας αισθητήρας δύναμης ο οποίος εμφάνιζε τα δεδομένα στην οθόνη του Pasco Spark. (Εικόνα 20). Κατά αυτόν τον τρόπο, δινόταν η δυνατότητα μελέτης παραγόντων που είτε επηρέαζαν την τριβή είτε όχι, όπως η ταχύτητα του κινούμενου σώματος, το βάρος του αντικειμένου, η επιφάνεια επαφής με το έδαφος κτλ. Συνεπώς, στο πείραμα αυτό, η Ε.Ρ. έδινε την κίνηση στο σύστημα, ενώ τα ΜΥΣ εμφάνιζαν τα δεδομένα στον παρατηρητή.

Πειράματα Φυσικών Επιστημών με ρομποτικό διαδραστικό σύστημα σε συνδυασμό με διαδραστικό διαδικτυακό βιβλίο

Εδώ παρουσιάστηκαν οι βασικές ιδέες που βρίσκονται πίσω από την ανάπτυξη και χρήση ενός ρομποτικού διαδραστικού συστήματος (Εικόνα 21) σε συνδυασμό με διαδραστικό διαδικτυακό βιβλίο καθώς ο τρόπος διαπραγμάτευσης συγκεκριμένων γνωστικών στόχων στον τομέα της κινηματικής και εκπαιδευτικής ρομποτικής. Με το σύστημα αυτό παρέχεται η δυνατότητα διαδραστικής διδασκαλίας της φυσική και γενικά της μηχανικής με ενεργή συμμετοχή των μαθητών.

Εικόνα 21: Ρομποτικό διαδραστικό σύστημα



ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΕΝΝΟΙΩΝ ΠΟΛΥΠΛΟΚΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΦΥΣΗ, ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΣΤΟ ΠΟΛΥΠΡΑΚΤΟΡΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΤΗΣ NETLOGO

Άνθιμος Χαλκίδης[1], Αριστοτέλης Γκιόλμας[1], Αρτεμησία Στούμπα[1], Μαρία Κονταξή[1], Κωνσταντίνος Σκορδούλης[2]

[1] Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2] ΠΤΔΕ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Σύνοψη εργαστηρίου

Τα τελευταία χρόνια αναδεικνύεται όλο και περισσότερο η σημασία της ένταξης της διδασκαλίας των Πολύπλοκων Συστημάτων (Complex Systems) στην Εκπαίδευση (Jacobson & Wilensky 2006, Wilensky & Reisman 2006, Wilkerson-Jerde & Wilensky 2015). Η άσκηση – μάθηση – διδασκαλία σε θέματα πολυπλοκότητας είναι μια διαδικασία που προωθεί τον ολιστικό τρόπο σκέψης και τη συστημική αντιμετώπιση του κόσμου και των φαινομένων του. Οι μαθητές εξοικειώνονται με τις σχέσεις των φαινομένων σε διάφορα επίπεδα, τη μη προβλεψιμότητα κλπ. Οι προεκτάσεις της προσέγγισης ξεπερνούν τα φυσικά οικοσυστήματα και τα θέματα περιβάλλοντος και αγγίζουν - εφαρμόζονται σε ποικίλα θέματα από μια πληθώρα των φυσικών αλλά και των κοινωνικών επιστημών.
Στην εργαστηριακή συνεδρία, θα παρουσιαστεί μια συγκεκριμένη εφαρμογή - διδακτική παρέμβαση (σχεδιασμός, ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού, εφαρμογή, ευρήματα και σχεδιαζόμενες επεκτάσεις) που σχεδιάστηκε από μέλη του Εργαστηρίου Διδακτικής και Επιστημολογίας Φυσικών Επιστημών & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας του ΠΤΔΕ/ΕΚΠΑ και εφαρμόστηκε στο 2ο Πειραματικό Γυμνάσιο Αθήνας. Από τις έννοιες της πολυπλοκότητας στη συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση εστιάζουμε στις έννοιες της κρίσιμης κατάστασης (Scheffer 2009) και της μη προβλέψιμης συμπεριφοράς. Αξιοποιείται μια εξελληνισμένη εκδοχή του μοντέλου «Fire» της βιβλιοθήκης μοντέλων της NetLogo (Wilensky 1997, 1999, Wilensky & Rand 2015). Στην αρχική θεωρητική του μορφή, ως μοντέλο πολύπλοκης συμπεριφοράς, το μοντέλο είχε δομηθεί από τον Per Bak (Bak et al. 1990). Η όλη προσέγγιση και ο σχεδιασμός των μοντέλων στο πολυπρακτορικό περιβάλλον της NetLogo εντάσσεται στο πλαίσιο του constructionism, πάντα με τα όρια και τις ειδικές προϋποθέσεις κάθε επιμέρους εφαρμογής (υλοποίηση μοντέλου και διδακτική παρέμβαση).
Βασικός σκοπός της εργαστηριακής συνεδρίας είναι να ενημερωθούν οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί για τη σημασία της διδασκαλίας εννοιών πολυπλοκότητας, για τις δυνατότητες αξιοποίησης των βιβλιοθηκών μοντέλων του περιβάλλοντος της NetLogo μέσω της ενεργού εμπλοκής τους.
Στο κυρίως μέρος της εργαστηριακής συνεδρίας οι συνάδελφοι, ακολουθούν φύλλα εργασίας σχεδιασμένα για μαθητές, στη λογική της καθοδηγούμενης διερεύνησης (inquiry based approach) (Bybee 2006). Παράλληλα αναλύεται ο σχεδιασμός των φύλλων εργασίας.
Επιπλέον, καθώς εκτιμάται ότι είναι σημαντικό οι μαθητές να έρχονται σε επαφή με τον πηγαίο κώδικα των αλγορίθμων που υλοποιούν τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται, να

κατανοούν τη δόμησή τους και να παρεμβαίνουν σε αυτόν τροποποιώντας τη συμπεριφορά του μοντέλου, γίνεται σύντομη αναφορά στις δυνατότητες επέμβασης στον πηγαίο κώδικα του μοντέλου και στη διαμόρφωση του user interface.
Επίσης γίνονται αναφορές και παρουσιάζονται ευρήματα και συμπεράσματα από πιλοτική εφαρμογή της μεθοδολογίας εφαρμογής και των φύλλων εργασίας σε μαθητές Γυμνασίου που έγινε σε σχολείο της Αθήνας το σχολικό έτος 2015-2016 (Χαλκίδης κ.α. 2016).
Ακολουθεί συζήτηση, συμπεράσματα και ιδέες για προεκτάσεις.

Δραστηριότητες εργαστηρίου

Δραστηριότητα: Γιατί Πολυπλοκότητα; Γενικά χαρακτηριστικά της. [Παρουσίαση]

Όλο και περισσότερα συστήματα από τις Φυσικές, τις Περιβαλλοντικές, τις Κοινωνικές, τις Οικονομικές, τις Γεω-επιστήμες κ.α. εντάσσονται στα Πολύπλοκα Συστήματα (Complex Systems). Τα γενικά χαρακτηριστικά (καλύτερα παράμετροι ή εκδηλώσεις της πολυπλοκότητας καθώς υπάρχει γενικά δυσκολία ενός και μόνο ορισμού ή συγκεκριμένων χαρακτηριστικών) είναι (Cilliers 1998, Nicolis & Prigogine 1989):

- Εξάρτηση από την παρατήρηση (observation-dependence)
- Αυτο-οργάνωση (self-organization)
- Ανάδυση (μορφών και προτύπων) (emergence)
- Ύπαρξη βρόχων ανάδρασης (feedback loops)
- Αυτοποίηση (autopoiesis)
- Μετάβαση από ευστάθεια σε αστάθεια και αντίστροφα

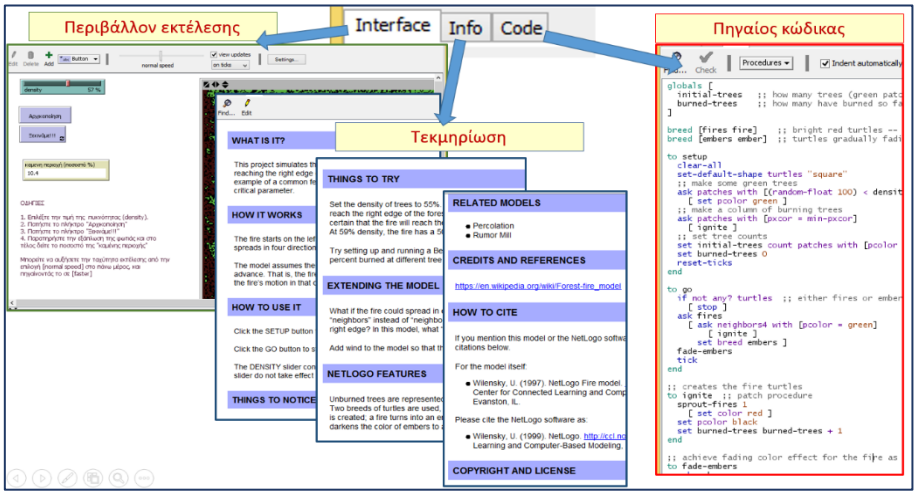
Δραστηριότητα: Γιατί NetLogo; [Παρουσίαση – Hands on Δραστηριότητα]

Το περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε είναι ένα περιβάλλον προγραμματισμού και παράλληλα ένα περιβάλλον προσομοιώσεων φυσικών και κοινωνικών φαινομένων που υποστηρίζει την υλοποίηση πολυπρακτορικών συστημάτων (multi-agent environments). Στηρίζεται στην γλώσσα προγραμματισμού NetLogo, της οικογένειας των Logo-like γλωσσών προγραμματισμού και είναι αποδεκτό ως κατάλληλο περιβάλλον για μοντελοποίηση σύνθετων φαινομένων τα οποία εξελίσσονται στο χρόνο. Η γλώσσα προγραμματισμού και η Βιβλιοθήκη Μοντέλων που τη συνοδεύει, έχει αναπτυχθεί από το Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, που δημιουργήθηκε το 1995 στοTufts University και μεταφέρθηκε το 2000 στο Northwestern University.
Η βιβλιοθήκη μοντέλων που αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του λογισμικού προσομοίωσης, περιέχει μια πολύ πλούσια συλλογή ελεγμένων και τεκμηριωμένων μοντέλων, οργανωμένων ανά γνωστικό πεδίο.
Με την επιλογή και εκτέλεση κάποιου μοντέλου, ο χρήστης έχει στη διάθεσή του τρεις καταστάσεις (εικόνα 1):

- περιβάλλον εκτέλεσης της προσομοίωσης (καρτέλα “interface”), όπου επιλέγει τις τιμές των μεταβλητών εισόδου και βλέπει τα αποτελέσματα (στις μεταβλητέ εξόδου), έχοντα παράλληλα και την οπτικοποίηση εκτέλεσης της προσομοίωσης
- πλήρη και δομημένη τεκμηρίωση (καρτέλα “info”), με δυνατότητα συμπλήρωσης (τοπικά)

- πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα της προσομοίωσης (καρτέλα “code”), με δυνατότητα αλλαγών (τοπικά)

Εικόνα 1: Οι τρεις καταστάσεις λειτουργίας / δυνατότητες, που συνοδεύουν κάθε μοντέλο της NetLogo



Δραστηριότητα: Διδακτική προσέγγιση [Παρουσίαση – Συζήτηση]

Σε όλα τα περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης που στηρίζονται σε Logo like περιβάλλοντα, η θεωρία μάθησης που αποτελεί το γενικότερο πλαίσιο είναι ο κατασκευαστικός εποικοδομητισμός (Constructionism) όπου επικρατεί η λογική ο μαθητής να οικοδομεί μόνος του τη γνώση και μάλιστα δομώντας ένα αντικείμενο / τέχνημα (artifact) είτε σε πραγματικό είτε σε υπολογιστικό περιβάλλον (Papert 1991,1993). Ειδικότερα για τα πολύπλοκα συστήματα η Cindy Hmelo-Silver στηριγμένη σε πρότερες δουλειές του Goel, θεωρεί ότι ένας μαθητής μπορεί να διδαχτεί και να κατανοήσει ένα Πολύπλοκο Σύστημα σε τρία επίπεδα: Δομής - Συμπεριφοράς - Λειτουργίας (Structure – Behavior – Function / Θεωρία SBF) (Hmelo-Silver et al. 2000, Hmelo-Silver & Azevedo 2006). Συνήθως από το 1^{ο} προς το 3^{ο} επίπεδο η δυσκολία αυξάνει, χωρίς να είναι απαραίτητο. Δίνεται ως παράδειγμα, το Πολύπλοκο Σύστημα ενός ενυδρείου!
Γενικότερα αναμένεται ότι η προσέγγιση θα συμβάλει στην ενίσχυση της ολιστικού τρόπου σκέψης, αναιρώντας αναγωγιστικές λογικές και μεταβαίνοντας από μία αντίληψη του κόσμου «τύπου ωρολογιακού μηχανισμού» σε μία πιο σύνθετη αντίληψη. Έχει επιλεγεί στην συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση η εστίαση στα χαρακτηριστικά της μη επαναλήψιμης και μη προβλέψιμης συμπεριφοράς καθώς μικρές αλλαγές στο αίτιο μπορούν να επιφέρουν τεράστιες (ή πολύ μικρές αντίστοιχα) και γενικά απρόβλεπτες αλλαγές στο άμεσα σχετιζόμενο αποτέλεσμα (Cilliers 1998, Jensen 1998, Jørgensen 2009), και στην αναγνώριση της «Κρίσιμης Συμπεριφοράς» ή «Κρίσιμης κατάστασης».

Δραστηριότητα: Γιατί στο Γυμνάσιο; [Παρουσίαση – Συζήτηση]

Σκοπός της διδακτικής παρέμβασης είναι να διερευνηθεί η δυνατότητα να αντιληφθούν οι μαθητές κάποιες βασικές έννοιες της πολυπλοκότητας, όπως είναι αυτή της «κρίσιμης κατάστασης» και της «μη προβλέψιμης συμπεριφοράς» μέσα από διερευνητικού τύπου προσέγγιση και σε πραγματικές σχολικές συνθήκες. Στο πλαίσιο αυτό σχεδιάστηκαν όλα τα

φύλλα εργασίας που θα κληθούν να χρησιμοποιήσουν –ως μαθητές- οι συμμετέχοντες στην εργαστηριακή συνεδρία.

Δραστηριότητα: Στα ίχνη των μαθητών – Ανάδειξη ιδεών [Hands on Δραστηριότητα]

Φάση 1: Αρχική αποτύπωση προϋπαρχουσών ιδεών/απόψεων των μαθητών (οι φάσεις αναφέρονται στη δομή των φύλλων εργασίας τα οποία έχουν διανεμηθεί στους συμμετέχοντες).

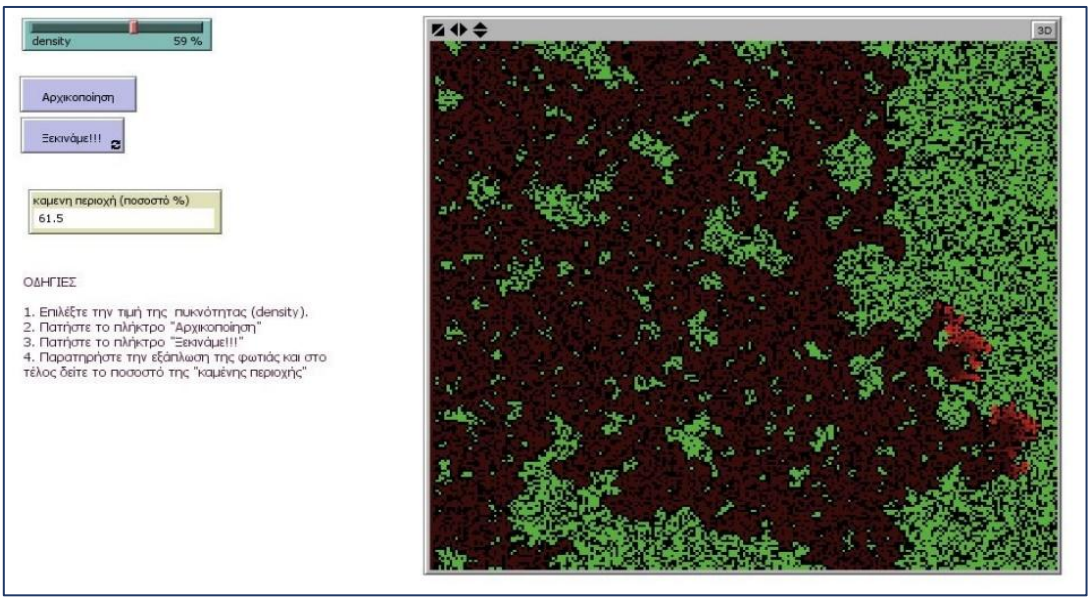
Στη φάση αυτή οι μαθητές (αντίστοιχα οι συμμετέχοντες στο εργαστήριο) καλούνται να τοποθετηθούν σε κάποιες προτάσεις, με σκοπό να αναδειχθούν κάποιες αρχικές ιδέες τους που στην πορεία θα είναι αντικείμενο συζήτησης και επανεξέτασης.

- Τα φαινόμενα στη φύση διέπονται από σταθερούς νόμους, που εκφράζονται από συγκεκριμένες μαθηματικές σχέσεις / τύπους
- Αν σε κάποια στιγμή όλες οι αρχικές συνθήκες που αφορούν ένα φαινόμενο στη φύση (π.χ. η εξάπλωση μιας φωτιάς στο δάσος) είναι ίδιες το ίδιο φυσικό φαινόμενο θα έχει την ίδια ακριβώς εξέλιξη.
- Αν εκτελέσουμε δυο φορές το ίδιο μοντέλο στον υπολογιστή (δηλαδή μια εφαρμογή λογισμικού) αν οι αρχικές συνθήκες είναι ίδιες, θα έχουμε τα ίδια αποτελέσματα
- Όσο πιο πυκνό είναι ένα δάσος τόσο μεγαλύτερος/μικρότερος είναι ο κίνδυνος να αφανισθεί από πυρκαγιά (δηλαδή να καεί ολοκληρωτικά σε περίπτωση που κάποιος βάλει φωτιά σε ένα σημείο του). Εξηγήστε σύντομα την επιλογή σας.

Δραστηριότητα: Στα ίχνη των μαθητών – Εξοικείωση με το περιβάλλον [Hands on Δραστηριότητα]

Φάση 2: Οι μαθητές (αντίστοιχα οι συμμετέχοντες στο εργαστήριο) έρχονται σε μια πρώτη επαφή με το λογισμικό του συγκεκριμένου μοντέλου. Το περιβάλλον είνι εξελληνισμένο και περιέχει τις βασικές οδηγίες (εικόνα 2).

Εικόνα 2: Το εξελληνισμένο περιβάλλον λειτουργίας του μοντέλου Fire της NetLogo



Μετά την κατανόηση της λειτουργίας του μοντέλου, επιδιώκεται η διερεύνηση και η αποτύπωση της βασικής ιδέας των μαθητών για την σχέση πυκνότητας βλάστησης – ποσοστού καμένου δάσους. Η διαδικασία περιλαμβάνει και τη σχεδίαση ενός γραφήματος (ουσιαστικά αναζητείται η πρόβλεψη για την εξέλιξη ενός φαινομένου).
Ενδεικτικές ερωτήσεις / δραστηριότητες:

- Κάθε φορά που βάζουμε την ίδια τιμή πυκνότητας βλάστησης στο δάσος, η φωτιά καίει το ίδιο ποσοστό δέντρων;
- Στις περιπτώσεις που βάζουμε δύο (ή παραπάνω) φορές την ίδια τιμή πυκνότητας βλάστησης, η μορφή του καμένου μέρους του δάσους είναι ίδια;
- Αφού έχετε κάνει τις παραπάνω δοκιμές, ας σκεφτούμε και ας απαντηθεί μετά από μεταξύ σας συζήτηση: «Τι σχέση περιμένετε να συνδέει την πυκνότητα βλάστησης (όσο αυξάνεται), με το πόσο μακριά φτάνουν οι φλόγες προς τα δεξιά και με το τι ποσοστό του δάσους καίγεται»;

Δραστηριότητα: Στα ίχνη των μαθητών – Πρώτα ίχνη αβεβαιότητας [Hands on Δραστηριότητα]

Φάση 3: Λήψη μετρήσεων σε μικρές και μεγάλες τιμές πυκνότητας δασοκάλυψης (δηλ. μιλώντας με ορολογία συστημάτων προσομοίωσης, εκτέλεση της προσομοίωσης με τις επιθυμητές τιμές στις μεταβλητές εισόδου και καταγραφή των τιμών των μεταβλητών εξόδου).
Αρχικά γίνονται πολλαπλές μετρήσεις στις «ακραίες» τιμές 40% και 70%.

Φάση 4: Λήψη μετρήσεων σε όλο το εύρος τιμών πυκνότητας δασοκάλυψης, ανά 5%, δημιουργία γραφικής παράστασης σε Excel, ζητείται ένας πρώτος επανέλεγχος της αρχικής πρόβλεψης των μαθητών.

Δραστηριότητα: Στα ίχνη των μαθητών – Πιθανή αναγνώριση κρίσιμης συμπεριφοράς [Hands on Δραστηριότητα]

Φάση 5: Λήψη μετρήσεων σε ενδιάμεσες τιμές πυκνότητας δασοκάλυψης (στην περιοχή εμφάνισης κρίσιμης συμπεριφοράς) - πιθανή αναγνώριση κρίσιμης συμπεριφοράς. Έχοντας διαπιστώσει μη αναμενόμενες συμπεριφορές, οι με τρήσεις εστιάζονται σε μια στενότερη περιοχή της πυκνότητας της βλάστησης, από 58% έως 61%. Σε κάθε μία τιμή από τις πυκνότητες αυτές κάνουμε τέσσερις δοκιμές του μοντέλου. Μετά από απλή επεξεργασία των μετρήσεων και αφού προσπαθήσουν να απεικονίσουν οι ίδιοι σε γράφημα τις μετρήσεις τους, αντιμετωπίζουν και τοποθετούνται στο ερώτημα:
Μήπως μπορείτε να διαβλέψετε, αν υπάρχει μία συγκεκριμένη «τιμή» ή μία ακόμη πιο στενή «περιοχή τιμών» για την πυκνότητα βλάστησης, όπου η φωτιά επιδεικνύει μία ιδιαίτερη συμπεριφορά; Ποια τιμή (ή ζώνη τιμών) είναι αυτή και τι παθαίνει εκεί το δάσος που καίγεται;

Δραστηριότητα: Στα ίχνη των μαθητών – Πιθανή αναγνώριση «περιοχών τιμών» κρισιμότητας [Hands on Δραστηριότητα]

Φάση 6: Η δραστηριότητα αυτή είναι η πρώτη ατομική δραστηριότητα (όλες οι προηγούμενες ήταν ομαδικές, σε ζεύγη ή τριάδες). Αφορά στην αποτύπωση της γνώμης κάθε μαθητή, την ανίχνευση διάκρισης τριών περιοχών διαφορετικής συμπεριφοράς του μοντέλου

και την πιθανή αντίληψη μη προβλεψιμότητας. Με τη φάση αυτή ολοκληρώνεται η βασική διδακτική παρέμβαση σε σχέση με τις έννοιες πολυπλοκότητας που διερευνώνται.

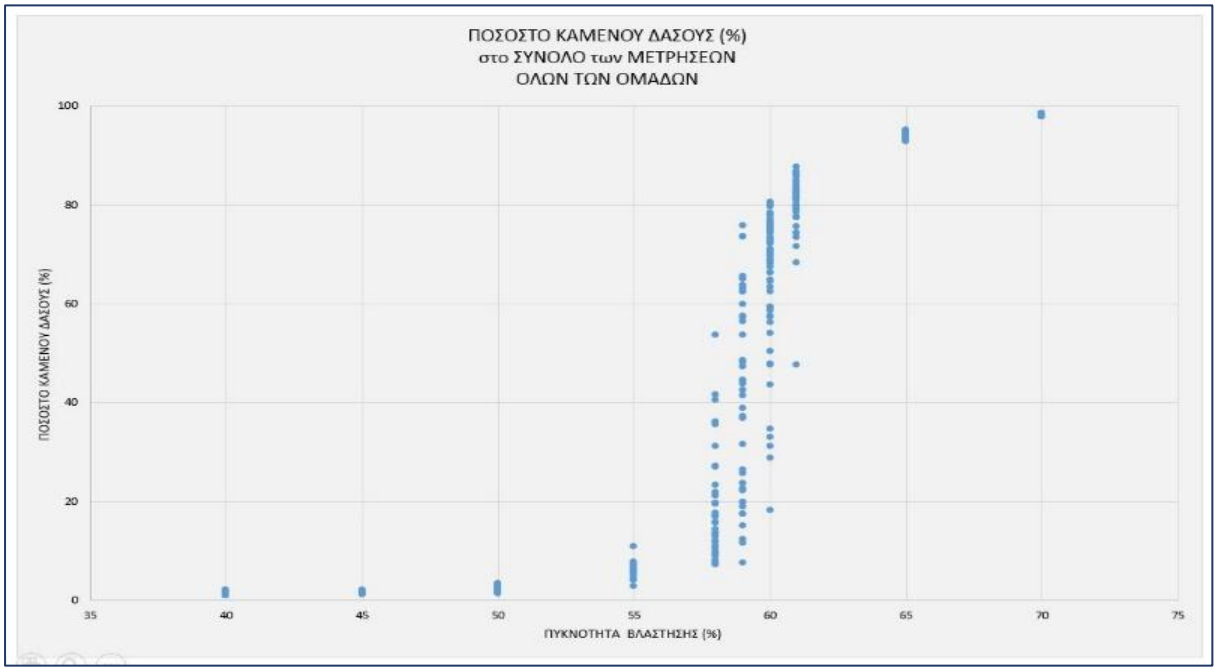
Δραστηριότητα: Στα ίχνη των μαθητών – Αναθεώρηση ιδεών [Hands on Δραστηριότητα]

Φάση 9: Οι μαθητές καλούνται να προσπαθήσουν να γενικεύσουν και επιπλέον βλέποντας συγκεντρωτικά όλες τις μετρήσεις του τμήματος σε γράφημα (εικόνα 3) τοποθετούνται με στόχο να εκμαιευτεί έμμεσα αν διακρίνουν:

- φάσεις στο φαινόμενο,
- κρίσιμη κατάσταση και
- μη προβλεψιμότητα.
-

Η φάση αυτή είναι ατομική και προβλέπεται να γίνει κάποιο χρονικό διάστημα μετά τις προηγούμενες (πιθανόν μετά μια εβδομάδα).

Εικόνα 3: Ένα παράδειγμα από ένα μεγάλο σύνολο μετρήσεων με τη χρήση του μοντέλου. Στον οριζόντιο άξονα είναι η «πυκνότητα βλάστησης» και στον κατακόρυφο το «ποσοστό του καμένου δάσους». Σε κάθε τελεία (ειδικά στις μικρές και τις μεγάλες τιμές δασοκάλυψης, μπορεί να αντιστοιχούν πολλές ίδιες μετρήσεις.



Δραστηριότητα: Επεμβάσεις στον κώδικα [Παρουσίαση - Hands on Δραστηριότητα]

Παρουσιάζονται οι δυνατότητες παρέμβασης στο περιβάλλον εργασίας του χρήστη, αλλά και στον πηγαίο κώδικα της εφαρμογής (εικόνα 4). Η προσέγγιση έχει τη λογική της υποβοηθούμενης μοντελλοποίησης (scaffolding modelling) με τη σειριακή προσέγγιση «χρήση – αλλαγή – δημιουργία» (use-modify-create).

Εικόνα 4: Ένα απόσπασμα από τον πηγαίο κώδικα του μοντέλου. Η δομή του είναι κατανοητή και μη προγραμματιστές και οι μαθητές μπορούν να κάνουν (δοκιμάζοντας) μικρές αλλαγές στο κώδικα για να δουν τυχόν αλλαγές στη συμπεριφορά.

```
globals [
  initial-trees   ;; how many trees (green patches) we started with
  burned-trees    ;; how many have burned so far
]

breed [fires fire]    ;; bright red turtles -- the leading edge of the fire
breed [embers ember]  ;; turtles gradually fading from red to near black

to setup
  clear-all
  set-default-shape turtles "square"
  ;; make some green trees
  ask patches with [(random-float 100) < density]
    [ set pcolor green ]
  ;; make a column of burning trees
  ask patches with [pxcor = min-pxcor]
    [ ignite ]
  ;; set tree counts
  set initial-trees count patches with [pcolor = green]
  set burned-trees 0
  reset-ticks
end
```

Δραστηριότητα: Ευρήματα από μια εφαρμογή [Παρουσίαση – Συζήτηση]

Από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης και την πρώτη διερεύνηση των ευρημάτων προκύπτουν, ικανοποιητικά θετικά στοιχεία (Χαλκίδης κ.ά., 2016). Αρχικά ανιχνεύτηκε όπως ήταν αναμενόμενο πως «αυθορμήτως» οι μαθητές περιμένουν μια (εσφαλμένη) γραμμική εξάρτηση των δυο παραμέτρων που εξετάστηκαν ενώ αρκετοί μαθητές διατηρούν για αρκετό διάστημα τις λανθασμένες προαντιλήψεις. Εν τέλει όμως οι μαθητές σε σημαντικό βαθμό συγκρότησαν και αποκόμισαν σωστή αίσθηση για τα θέματα πολυπλοκότητας με τα οποία ασχολήθηκαν. Είναι εύλογο να υποθέσουμε ότι η όλη διαδικασία τροποποίησε ή τουλάχιστον άφησε ικανοποιητικά ίχνη «αμφιβολίας» σε σχέση με τις αρχικές αυθόρμητες πεποιθήσεις των μαθητών.
Επιπλέον οι μαθητές ανταποκρίθηκαν στις απαιτήσεις της διαδικασίας, αναγνώρισαν τη λειτουργία και επέδειξαν επάρκεια στο χειρισμό της εφαρμογής. Επιβεβαιώθηκε η λειτουργικότητα της συνεργασίας σε ομάδες και φάνηκε η ορθότητα της επιλογής για συζήτηση μέσα στην ομάδα. Η επιλεγμένη μεθοδολογία άφησε θετική αίσθηση, όπως δήλωσαν ότι αποκόμισαν οι μαθητές στη διαδικασία ανατροφοδότησης.
Εντοπίστηκαν δυσκολίες στην κατανόηση κάποιων σημείων στα ερωτηματολόγια, στην ανάγνωση και ερμηνεία δεδομένων από γραφικές παραστάσεις που θα αντιμετωπιστούν με τροποποιήσεις (γλωσσικές, διευκρινήσεις κ.α.) στο εκπαιδευτικό υλικό και τη μεθοδολογία εφαρμογής. Άρα επιβεβαιώνεται πως έχει νόημα η επέκταση της έρευνας στην ηλικιακή αυτή ομάδα και σε έκταση (μεγαλύτερο δείγμα με επανασχεδιασμένη – βελτιωμένη μεθοδολογία) και παράλληλα σε άλλες έννοιες που σχετίζονται με τη θεματική της πολυπλοκότητας.

Δραστηριότητα: Συζήτηση ολοκλήρωσης [Συζήτηση]

Με την ολοκλήρωση του εργαστηριακού τμήματος ακολουθεί διάλογος με τους συμμετέχοντες, αναμένοντας με τη συζήτηση να αναδυθούν σκέψεις και προτάσεις για προεκτάσεις και εναλλακτικές χρήσεις.

Βιβλιογραφία

Χαλκίδης, Α., Γκιόλμας, Α., Στούμπα, Α., Κονταξή, Μ., Σκορδούλης, Κ. (2016). Μπορούν μαθητές Γυμνασίου να προσεγγίσουν έννοιες πολυπλοκότητας εργαζόμενοι με τη βιβλιοθήκη μοντέλων της NetLogo; Ευρήματα από μια πρώτη διερεύνηση. στο *Proceedings of the 10th Pan-Hellenic and International Conference "ICT in Education",* Ioannina: HAICTE. pp. 419-426

Bak, P., Chen, K. & Tang, C., (1990). A forest-fire model and some thoughts on turbulence. *Phys. Lett. A 147*, 297–300.

Bybee, R. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In: L. Flick & Lederman, N. (Eds), *Scientific Inquiry and Nature of Science*. Kluwer Academic Publishers.

Cilliers, P. (1998). *Complexity and Postmodernism*. Routledge, London.

Hmelo-Silver, C. E., Holton, D., L. & Kolodner, J., L. (2000) Designing to Learn about Complex Systems. *The Journal of the Learning Sciences, 9 (3)*, 247-298.

Hmelo-Silver, C., E. & Azevedo, R. (2006). Understanding Complex Systems: Some Core Challenges. *Journal of the Learning Sciences, 15(1)*, 53-61.

Jacobson, M. J. & Wilensky, U. (2006). Complex systems in education: Scientific and educational importance and implications for the learning sciences. *The Journal of the Learning Sciences,* 15 (1), 11–34.

Jensen, H.J. (1998). *Self-Organized Criticality: Emergent Complex Behavior in Physical and Biological Systems.* Cambridge University Press, New York, USA

Jørgensen, S. E. (2009). *Ecosystem Ecology*. Copenhagen: Elsevier.

Nicolis, G. & Prigogine, I. (1989). *Exploring Complexity*. W. H. Freeman and Co., NY

Papert, S. (1991). Situating Constructionism. In: S. Papert & I. Harel (Eds), *Constructionism*, pp. 1-11. Norwood, New Jersey: Ablex.

Papert, S. (1993), *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, 2nd Edition.

Scheffer, M. (2009). *Critical transitions in nature and society*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.

Wilensky, U. (1997). *NetLogo Fire model.* http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Fire. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

Wilensky, U. (1999). *NetLogo.* http://ccl.northwestern.edu/netlogo/. Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.

Wilensky, U. & Rand, W. (2015). *An introduction to agent-based modeling: modeling natural, social and engineered complex systems with NetLogo.* MIT Press, Cambridge Massachusetts.

Wilensky, U. & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories. An embodied modeling approach. *Cognition and Instruction, 24(2)*, 171-209.

Wilkerson-Jerde, M.H. & Wilensky, U. (2015). Patterns, probabilities, and people: making sense of quantitative change in complex systems. *Journal of the Learning Sciences, 24(2),* 204-251

ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Κωνσταντίνος Βενέτης[1], *Μιλτιάδης Τσίγκρης*[2]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ρεθύμνου

Σύνοψη εργαστηρίου

Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ), στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, δεν πρέπει εξαντλείται στην απαγωγική προσέγγιση μέσα από την διατύπωση και χρήση των νόμων που αποτελούν τη σύγχρονη, καλύτερα τεκμηριωμένη άποψη για τις ιδιότητες της φύσης. Αναπόσπαστο στοιχείο της διδασκαλίας των ΦΕ πρέπει να είναι και η επαγωγική πειραματική-εργαστηριακή προσέγγιση τους. Ταυτόχρονα, ιδιαίτερη αξία έχει η προσέγγιση των ΦΕ μέσα από την ιστορική τους διαδρομή. Ο κύριος στόχος της ιστορικής προσέγγισης είναι να καταδείξει στους μαθητές ότι οι υπάρχουσες θεωρίες και φυσικοί νόμοι έχουν προκύψει μέσα από πολλές αλλαγές και επαναδιατυπώσεις (Αθανασίου 2015). Σε αυτή την διαδικασία, υπάρχουν πειράματα που αποτέλεσαν σημεία αναφοράς για τη μετέπειτα πορεία της επιστήμης και που στην παρούσα εργασία ονομάζονται "ιστορικά". Πρόκειται για εργασίες, κατά τις οποίες οι ερευνητές αξιοποίησαν την ως τότε υπάρχουσα επιστημονική γνώση και άνοιξαν νέους ορίζοντες σε κάποιο άλλο πεδίο της επιστήμης, όχι πολύ ανεπτυγμένο ως τότε.

Για τους λόγους αυτούς, τα λεγόμενα ιστορικά πειράματα έχουν ιδιαίτερη αξία στη διδασκαλία, καθώς οι μαθητές απομακρύνονται από μία στατική θέαση της επιστήμης και κατανοούν καλύτερα τη φύση της. Μπορούν να σκεφτούν τις προκλήσεις που έπρεπε να αντιμετωπίσουν και τις δυσκολίες που έπρεπε να ξεπεράσουν οι επιστήμονες προκειμένου να απαντήσουν στα ερωτήματά τους.

Ταυτόχρονα, δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να αντιληφθούν το πώς διασυνδέονται όλοι οι κλάδοι των επιστημών. Είναι μία ευκαιρία να διδαχθούν τις ΦΕ έξω από τα στεγανά των κλάδων τους που υπάρχουν με βάση τα αναλυτικά προγράμματα των μαθημάτων, καθώς βλέπουν ότι οι ήδη υπάρχουσες γνώσεις σε ένα πεδίο της επιστήμης μπορούν να αξιοποιηθούν για την προαγωγή ενός άλλου, νέου πεδίου.

Η Βιολογία είναι ένας κλάδος των ΦΕ που γνώρισε ραγδαία πρόοδο κατά τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα. Οι περισσότερες έννοιες της Βιολογίας που διδάσκονται στα σχολεία βασίζονται σε σχετικά πρόσφατες επιστημονικές ανακαλύψεις. Αρκεί να σκεφτούμε ότι η δομή της διπλής έλικας του DNA και ο ρόλος του ως γενετικού υλικού ανακαλύφθηκαν μόλις τη δεκαετία του '50. Για το λόγο αυτό, στη Βιολογία υπάρχουν άφθονα παραδείγματα αξιοποίησης του γνωστικού υποβάθρου άλλων κλάδων των ΦΕ για την ταχύτατη ανάπτυξη της βιολογικής γνώσης, μέσα από πειράματα που άνοιξαν νέους ορίζοντες. Έτσι, υπάρχουν αρκετά ιστορικά πειράματα για να υποστηριχθεί μία τέτοια προσέγγιση της διδασκαλίας των ΦΕ. Στην παρούσα εργασία περιγράφονται τέσσερα τέτοια πειράματα, που μπορούν να πραγματοποιηθούν, να αναλυθούν και να συζητηθούν στο σχολικό εργαστήριο:

1. Χρησιμοποίηση ελατηρίου και laser-pointer, για τη μελέτη πτυχών των πειραμάτων και των ερμηνειών τους, που οδήγησαν στην ανακάλυψη της δομής του DNA. Οι

μαθητές συζητούν για τη φύση του φωτός και πώς τα φαινόμενα περίθλασης, που διδάσκονται στη Φυσική, αξιοποιήθηκαν για τη διαλεύκανση ενός βασικού προβλήματος της Βιολογίας, της δομής του DNA.

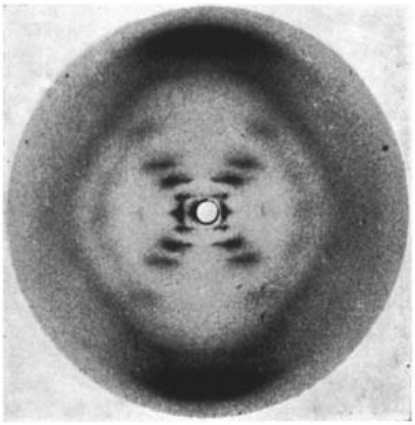
2. Ανάπτυξη μικροβίων σε στερεές καλλιέργειες, με τη χρήση πατάτας ως θρεπτικό υλικό. Οι μαθητές καλούνται να αντιμετωπίσουν το πρόβλημα της απομόνωσης των μικροβίων και την αναγκαιότητα ανάπτυξης κατάλληλου (στερεού) θρεπτικού υλικού για αυτό το σκοπό. Έτσι, αναπαράγονται κάποια από τα πειράματα του Koch που έδωσαν ώθηση στην ανάπτυξη της μικροβιολογίας.
3. Μετασκευή με απλά υλικά των σχολικών μικροσκοπίων, ώστε να είναι ικανά για μικροσκοπία σκοτεινού πεδίου. Οι μαθητές ανακαλύπτουν πώς η εκμετάλλευση των ιδιοτήτων του φωτός μπορεί να παράγει μία ποικιλία τεχνικών μικροσκοπίας, όπως η μικροσκοπία σκοτεινού πεδίου, οι οποίες με τη σειρά τους έδωσαν ώθηση στη Βιολογία.
4. Κατασκευή θερμιδομέτρου με απλά υλικά και μέτρηση-σύγκριση της θερμιδικής αξίας διαφόρων ουσιών. Οι μαθητές κατανοούν ότι η έννοια της καύσης που μαθαίνουν στο μάθημα της Χημείας δε διαφέρει από την καύση των θρεπτικών ουσιών στους ζωντανούς οργανισμούς. Έτσι αντιλαμβάνονται ότι μπορούν να μετρήσουν τη θερμιδική αξία των τροφών βλέποντας τις σχετικές αντιδράσεις ως εξώθερμες χημικές αντιδράσεις. Ταυτόχρονα, παρατηρούν, με δυνατότητα ποσοτικοποίησης των σχέσεων, ότι δεν έχουν όλα τα θρεπτικά συστατικά το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο. Παράλληλα, βλέπουν άλλο ένα παράδειγμα όπου η χρήση κλασσικών τεχνικών Χημείας μπορεί να βοηθήσει στη διερεύνηση σύγχρονων Βιολογικών προβλημάτων (ζητήματα διατροφής).

Δραστηριότητες εργαστηρίου

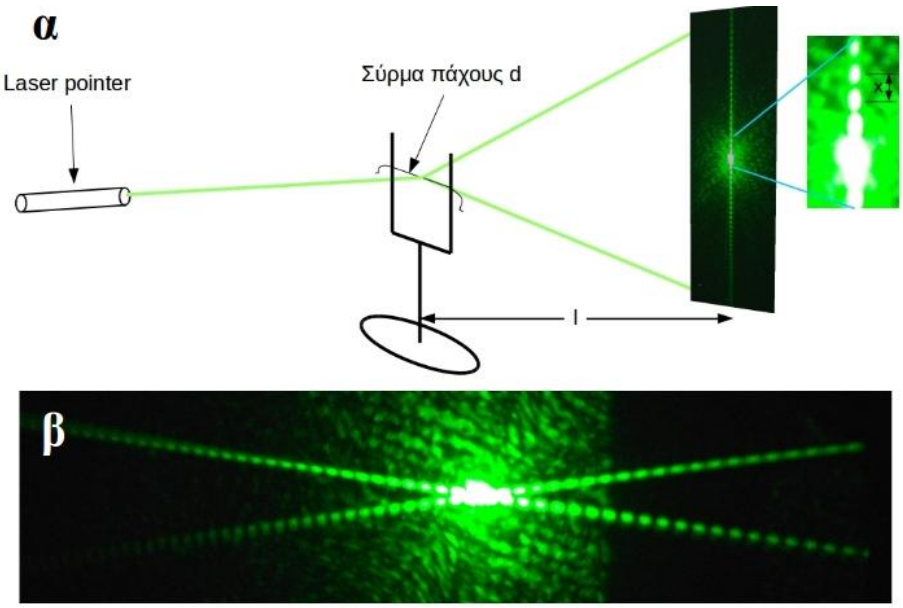
Α. Η ανακάλυψη της δομής του DNA

Τα πειράματα που οδήγησαν στην ανακάλυψη της δομής του DNA ήταν κυρίως πειράματα κρυσταλλογραφίας και τα πιο κρίσιμα από αυτά έγιναν το 1952 από τη Rosalind Franklin και το Raymond Gosling. Εκείνοι χρησιμοποίησαν ακτίνες Χ, με τις οποίες ακτινοβόλησαν κρυστάλλους DNA και ανέλυσαν τις εικόνες περίθλασης που πήραν σε φωτογραφίες, όπως αυτή της εικόνας 1, που έχει γίνει διάσημη ως φωτογραφία 51.

Εικόνα 1: Η φωτογραφία 51 των Franklin και Gosling.



Εικόνα 2α: Απεικόνιση της διάταξης για την παρουσίαση της περίθλασης του φωτός σε λεπτό σύρμα.
Εικόνα 2β: Περίθλαση του φωτός σε ελατήριο.



Στο σχολικό εργαστήριο μπορούμε να δούμε κάποιες από τις πτυχές αυτών των πειραμάτων, αναλύοντας φαινόμενα περίθλασης του φωτός, απλά και με καθημερινά υλικά, με βάση τα πειράματα των Braun et al. (2011). Όταν μία δέσμη φωτός (πχ. από ένα laser-pointer) πέσει πάνω σε ένα λεπτό σύρμα, θα δημιουργηθούν δύο πηγές κύματος, μία στην πάνω επιφάνεια του σύρματος και μία στην κάτω. Το αποτέλεσμα είναι να γίνει σύνθεση των κυμάτων, οπότε, σε μία επιφάνεια πίσω από το σύρμα, θα βλέπουμε ενισχυτικές συμβολές και αποσβέσεις, όπως η γραμμή της εικόνας 2α. Οι συμβολές είναι σε διεύθυνση κάθετη από τον προσανατολισμό του σύρματος που χρησιμοποιήσαμε. Μάλιστα, από την απόσταση ανάμεσα στις συμβολές, μπορούμε να υπολογίσουμε το πάχος του σύρματος, σύμφωνα με τη σχέση

$$d\, x/l = \lambda \qquad (1)$$

όπου,
d = το πάχος του σύρματος
l = η απόσταση ανάμεσα στο σύρμα και στον απέναντι τοίχο
x = η απόσταση ανάμεσα σε δύο φωτεινές κηλίδες στον τοίχο (σημεία ενισχυτικής συμβολής)
λ = το μήκος κύματος του laser (532 nm, για την περίπτωση του πράσινου laser, που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία).

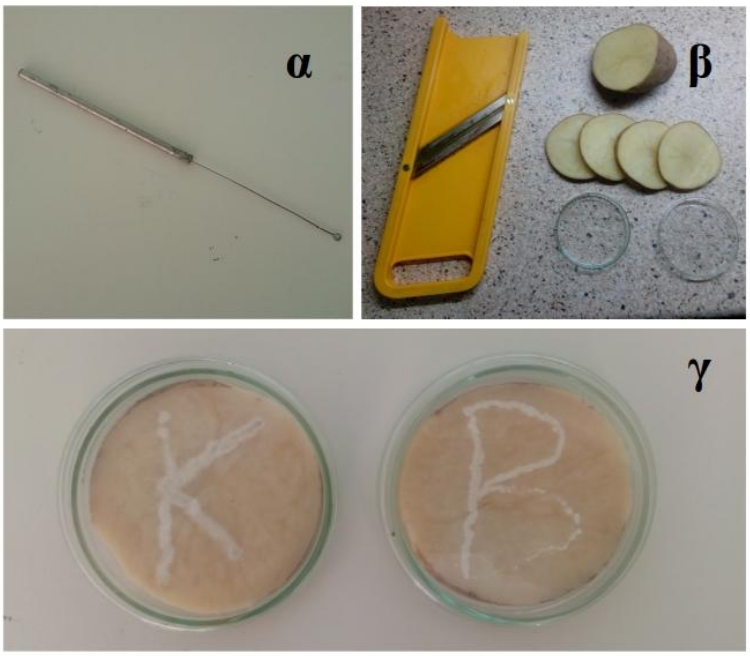
Αν αντί για λεπτό σύρμα χρησιμοποιήσουμε ελατήριο, θα πάρουμε στην επιφάνεια πίσω από το ελατήριο ένα σχήμα "Χ", που είναι χαρακτηριστικό της ελικοειδούς δομής του ελατηρίου (εικόνα 2β). Η γωνία που σχηματίζουν οι δύο γραμμές είναι ίδια με τη γωνία που σχηματίζουν οι σπείρες του ελατηρίου και έτσι, μπορούμε να εκτιμήσουμε το βήμα της έλικας.

Β. Οι στερεές καλλιέργειες του Koch

Ο Robert Koch είχε σημαντική συμβολή στην πρόοδο της μικροβιολογίας. Κατά τις μελέτες του για την καθιέρωση αυτών που έμειναν στην ιστορία ως "τα κριτήρια του Κοχ"

εμφανίστηκε η ανάγκη απομόνωσης μικροβίων και ανάπτυξης σε μία καλλιέργεια μόνο του υπό μελέτη στελέχους. Το αποτέλεσμα ήταν η ανάπτυξη και η καθιέρωση των στερεών θρεπτικών υλικών, για την απομόνωση μικροβίων. Το πρώτο βήμα στην πορεία αυτή ήταν καλλιέργειες σε λεπτές φέτες από πατάτες. Εκεί ο Koch πρωτοπαρατήρησε αποικίες βακτηρίων. Στη συνέχεια, εξαιτίας του γεγονότος ότι στην πατάτα δεν αναπτύσσονταν πολλά είδη βακτηρίων, προχώρησε σε λύσεις που περιελάμβαναν τη ζελατίνη και αργότερα, το άγαρ (Madigan et al. 2012).

Εικόνα 3α: Αυτοσχέδιο εργαλείο για εμβολιασμό μικροβίων.
Εικόνα 3β: Απλό εργαλείο για την κοπή της πατάτας σε φέτες.
Εικόνα 3γ: Δημιουργία σχεδίων με εμβολιασμό με κατάλληλο τρόπο σε στερεές καλλιέργειες με πατάτα.

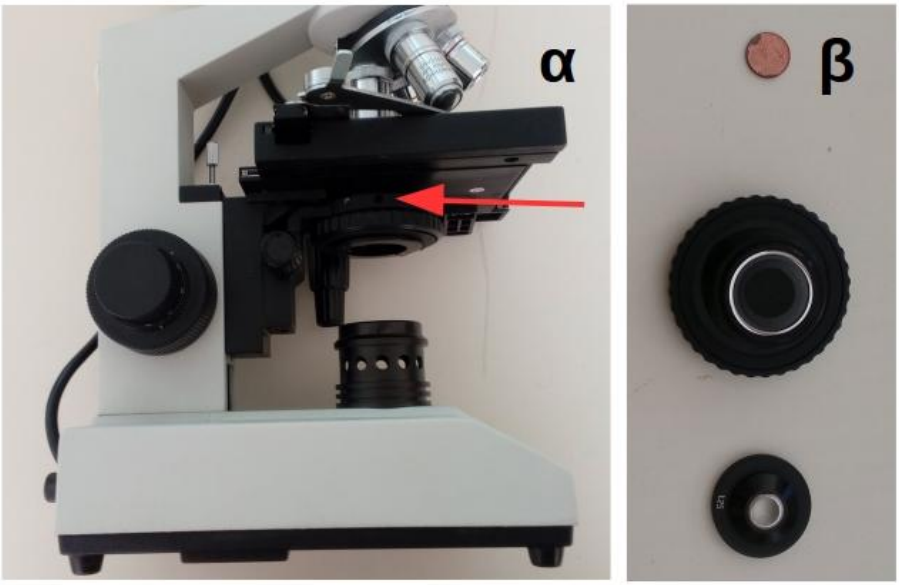


Στο σχολικό εργαστήριο μπορούμε να αναπαράγουμε τα πρώτα βήματα αυτής της πορείας. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε γυάλινα τρυβλία, στα οποία τοποθετούνται λεπτές φέτες πατάτας. Ένας εύκολος τρόπος κοπής της πατάτας είναι με το κατάλληλο σκεύος της κουζίνας (εικόνα 3β). Στη συνέχεια, τα τρυβλία με τις φέτες πατάτας αποστειρώνονται σε χύτρα. Οι μαθητές μπορούν να εμβολιάσουν τις στερεές καλλιέργειες με κάποιον κοινό μικροοργανισμό (η μούχλα από φρούτα είναι μία πολύ εύκολη λύση). Ο εμβολιασμός απαιτεί τη χρήση κατάλληλου εργαλείου (όπως το αυτοσχέδιο εργαλείο της εικόνας 3α), που να είναι λεπτό στην άκρη του, ώστε η μεταφορά μικροοργανισμών να γίνεται με ακρίβεια, αλλά όχι πολύ αιχμηρό, για να μην τραυματίζει την επιφάνεια της πατάτας. Οι μαθητές μπορούν μετά από λίγες ημέρες (για την περίπτωση των μυκήτων που αναπτύσσονται σε φρούτα) να παρατηρήσουν την ανάπτυξη μεμονωμένων αποικιών σε ορισμένες περιοχές του τρυβλίου. Μπορούν βέβαια, να "ζωγραφήσουν" σχήματα στο τρυβλίο, τα οποία δε θα φαίνονται αμέσως, αλλά θα φανούν όταν πολλαπλασιαστούν τα μικρόβια, ύστερα από μερικές μέρες (εικόνα 2γ). Η "ζωγραφική" στα τρυβλία μπορεί να δώσει μία ευχάριστη νότα στην εργαστηριακή δραστηριότητα, παράλληλα όμως θα εξοικειώσει τους μαθητές με τον αόρατο μικρόκοσμο.

Γ. Μικροσκοπία σκοτεινού πεδίου

Ο πιο κοινός τύπος μικροσκοπίας και αυτός που χρησιμοποιούν οι μαθητές στο σχολικό εργαστήριο είναι η μικροσκοπία φωτεινού πεδίου. Είναι όμως σημαντικό να αντιληφθούν οι μαθητές ότι εφαρμόζοντας τις ιδιότητες του φωτός μπορούμε αναπτύξουμε διάφορες τεχνικές μικροσκοπίας. Μία από αυτές είναι η μικροσκοπία σκοτεινού πεδίου. Η τεχνική αυτή αναπτύχθηκε το 19^{ο} αιώνα και καθιερώθηκε σε Βιολογικές εφαρμογές στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, με τη μελέτη παθογόνων μικροοργανισμών, όπως του *Spirochaeta pallida* (Gage 1920).
Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται είτε για αντικείμενα που εκπέμπουν τα ίδια ακτινοβολία (πχ. φθορισμός) ή για αντικείμενα που φωτίζονται υπό γωνία. Στην τελευταία περίπτωση, το φως φτάνει στο παρασκεύασμα υπό γωνία, οπότε σκεδάζεται σε αυτό και κατευθύνεται προς τον οφθαλμό του παρατηρητή. Απουσία κάποιου παρασκευάσματος, το πεδίο φαίνεται σκοτεινό. Η παρουσία του παρασκευάσματος προκαλεί τη σκέδαση του φωτός, με αποτέλεσμα το αντικείμενο να φαίνεται φωτεινό.

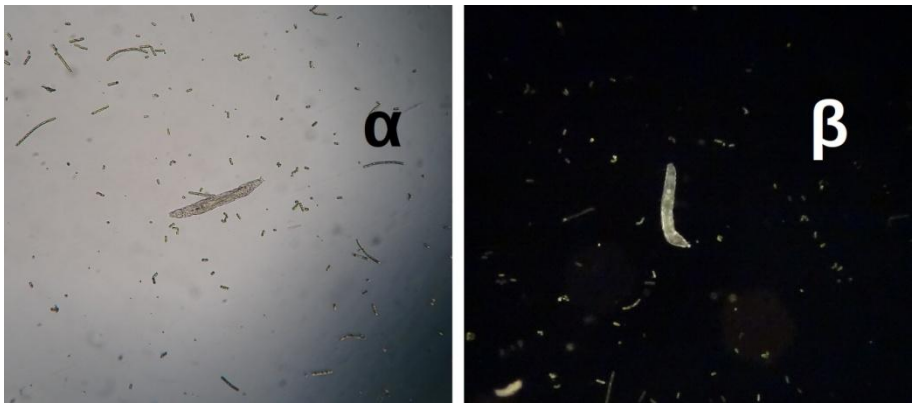
Εικόνα 4α: Η θέση του συγκεντρωτή στο μικροσκόπιο SERICO XSP 121.
Εικόνα 4β: Τοποθέτηση μαύρου δίσκου μεγέθους ενός λεπτού του ευρώ στην επιφάνεια κάτω από το συγκεντρωτή.



Είναι πολύ εύκολη η μετατροπή ενός σχολικού μικροσκοπίου σε μικροσκόπιο σκοτεινού πεδίου, με την τοποθέτηση ενός μαύρου δίσκου (από χαρτόνι, μεγέθους κέρματος του ενός λεπτού) στην επιφάνεια κάτω από το συγκεντρωτή. Στην εικόνα 4α φαίνεται με βέλος η θέση του συγκεντρωτή και η βίδα που τον συγκρατεί στον κορμό του μικροσκοπίου. Η εικόνα αφορά στο μοντέλο SERICO XSP 121, που είναι το κοινό μικροσκόπιο που συναντάμε σε πολλά σχολικά εργαστήρια. Με παρόμοιο τρόπο μπορούμε να εργαστούμε σε κάθε τύπο μικροσκοπίου. Ξεβιδώνοντας τη βίδα μπορούμε να αφαιρέσουμε τη διάταξη με το συγκεντρωτή και το διάφραγμα. Στη συνέχεια, ξεβιδώνουμε το συγκεντρωτή και τοποθετούμε στο φακό κάτω από αυτόν το μαύρο δίσκο από χαρτόνι, όπως φαίνεται στην εικόνα 4β.
Στην εικόνα 5 φαίνεται η διαφορά ανάμεσα στην εικόνα που παίρνουμε παρατηρώντας ένα παρασκεύασμα με μικροσκόπιο φωτεινού πεδίου (5α), σε σχέση με εκείνη που βλέπουμε με

μικροσκόπιο σκοτεινού πεδίου (5β). Η αξία της τεχνικής αναδεικνύεται στην περίπτωση που οι μαθητές παρατηρούν ζωντανά κινούμενα παρασκευάσματα (πχ. πρωτοζώων ή τροχοζώων).

Εικόνα 5α: Εικόνα μικροβίων με μικροσκοπία φωτεινού πεδίου
Εικόνα 5β: Εικόνα μικροβίων με μικροσκοπία σκοτεινού πεδίου.



Δ. Εκτίμηση της θερμιδικής αξίας των τροφίμων

Ο παραδοσιακός τρόπος εκτίμησης της θερμιδικής αξίας των τροφών είναι ο άμεσος, με τη μέτρηση της θερμότητας που εκλύεται κατά την πλήρη καύση ζυγισμένης ποσότητάς τους σε ένα θερμιδόμετρο τύπου οβίδας. Η θερμότητα που εκλύεται θερμαίνει μία ορισμένη ποσότητα νερού και από την αύξηση της θερμοκρασίας υπολογίζεται το θερμιδικό περιεχόμενο του δείγματος που κάηκε (Καλογερόπουλος 2006).
Οι μαθητές μπορούν με απλά υλικά να κατασκευάσουν ένα τέτοιο θερμιδόμετρο (εικόνα 6). Συνοπτικά, τα βήματα κατασκευής μίας τέτοιας διάταξης είναι τα εξής:
Παίρνουμε ένα κυλινδρικό κουτί από καφέ και στον πυθμένα του ανοίγουμε μία τρύπα τέτοιας διαμέτρου, ώστε να εφαρμόζει το μαύρο δοχείο μέτρησης της απορρόφησης ακτινοβολίας (υπάρχει στα περισσότερα σχολικά εργαστήρια), ή κάποιο αντίστοιχο δοχείο. Καλύπτουμε τις πλευρικές επιφάνειες του κουτιού του καφέ με μονωτικό υλικό, ώστε να είναι μικρές οι απώλειες θερμότητας. Πάνω από το άνοιγμα του μαύρου δοχείου τοποθετούμε κάλυμμα με μονωτικό υλικό, το οποίο έχει άνοιγμα στο κέντρο, ώστε να διέρχεται στο εσωτερικό του δοχείου ένα θερμόμετρο και ένα κεκαμμένο σύρμα ανάδευσης. Στο εσωτερικό του δοχείου τοποθετούμε 100 ml νερού. Η όλη διάταξη τοποθετείται πάνω σε τρίποδο, ώστε κάτω από το δοχείο να γίνει μία αντίδραση καύσης. Η θερμότητα που εκλύεται από την καύση του αντικειμένου ανεβάζει τη θερμοκρασία του νερού που βρίσκεται μέσα στο μαύρο δοχείο.
Η διάταξη αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές για να μετρήσουν τη διαφορά της θερμιδικής αξίας ανάμεσα σε διάφορους τύπους τροφών – ενδεικτικά, τη διαφορά ανάμεσα στα λίπη και τους υδατάνθρακες. Η πιο απλή πηγή λίπους για την πραγματοποίηση του πειράματος μπορεί να είναι το ελαιόλαδο, ενώ πηγή υδατάνθρακα που θα χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο, μπορεί να είναι ένα κομμάτι ξύλο. Έτσι, κάτω από την πειραματική διάταξη τοποθετείται ορισμένη ποσότητα λαδιού (που έχει ζυγιστεί σε ζυγό ακριβείας), στην οποία έχουμε προσαρμόσει κάποιο φιτίλι. Αφού καεί κάποια ποσότητα λαδιού, μπορούμε να μετρήσουμε τη διαφορά της θερμοκρασίας του νερού στο δοχείο και να κάνουμε αναγωγή στη μονάδα μάζας. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και για τον υδατάνθρακα. Οι μαθητές μπορούν εύκολα να διαπιστώσουν τη μεγάλη διαφορά ανόδου της θερμοκρασίας ανάμεσα σε ένα γραμμάριο λίπους και ένα γραμμάριο υδατάνθρακα.

Εικόνα 6. Κατασκευή θερμιδόμετρου με το μαύρο δοχείο μέτρησης της απορρόφησης ακτινοβολίας, κουτί από καφέ, σύρμα για ανάδευση και μονωτικό υλικό.

Βιβλιογραφία

Αθανασίου, Κ. (2015). *Διδακτική της Βιολογίας.* Αθήνα: Εκδόσεις Κάλλιπος.

Καλογερόπουλος Ν. (2006). Η δημιουργία βάσεων δεδομένων σύνθεσης τροφίμων. Στο Παναγιωτάκος, Δ (Επιμ.), *Μεθοδολογία της Έρευνας και της Ανάλυσης Δεδομένων για τις Επιστήμες της Υγείας,* 231-263. Αθήνα: Εκδόσεις Κωστάκη.

Braun, G., Tierney, D. & Schmitzer, H. (2011). How Rosalind Franklin Discovered the Helical Structure of DNA: Experiments in Diffraction. *The Physics Teacher*, *49*, 140-143.

Gage, S. H. (1920). Modern dark-field microscopy and the history of its development. *Transactions of the American Microscopical Society*, *39*, 95-141.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D. A. & Clark, D. P. (2012). *Brock Biology of Microorganisms* (12th ed.). San Francisco: Benjamin Cummings.

ΕΡΓΑΣΙΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ "BOX OF EXPERIMENTS" ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΑΠΛΑ ΥΛΙΚΑ ΜΕ ΣΚΟΠΟ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΝΝΟΙΩΝ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑΣ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΧΟΛΕΙΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ

Ελένη Κορακάκη [1], Μαρία Μακρυδάκη [1], Saso Zigon[2]

[1] Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]www.sciencebox.eu

Περίληψη

Η εργασία αυτή παρουσιάζει το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα "Box of Experiments". Το συγκεκριμένο πρότζεκτ βασίστηκε στην πρωτότυπη ιδέα της δημιουργίας ενός κουτιού με περιεχόμενο είκοσι απλά υλικά. Τα υλικά χρησιμοποιούνταν για την πραγματοποίηση πειραμάτων κοινών για όλες τις χώρες συνεργασίας. Κάθε πείραμα συνοδευόταν από φύλλο εργασίας με αναλυτικές οδηγίες και επεξηγήσεις. Στόχος του προγράμματος ήταν αφενός η επισήμανση των προβλημάτων που παρουσιάζουν οι μαθητές Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην κατανόηση φυσικών εννοιών και στην εκτέλεση συλλογισμών και αφετέρου η καταγραφή των εμπνευσμένων ιδεών των μαθητών. Επιπλέον ζητούμενο ήταν η διεύρυνση της σκέψης και η ανάπτυξη της κριτικής ικανότητας των συμμετεχόντων.

Abstract

The European program "Box of Experiments" is based on the original idea of creating a box containing twenty simple materials, which served to the realization of many experiments common for all participating countries. There were instructions in detail, describing the method for the experiments and explanations. The primary purpose of the program was the registration of the problems that appear to have pupils of elementary and high-school Education in understanding physical concepts and their ability to approach reasoning. The program also serves to register inspired ideas of pupils, in addition to upgraded ability of participants in interpretation.

1. Εισαγωγή

Κατά το σχολικό έτος 2014-15 μαθητές της Α΄ Λυκείου του ΓΕΛ Γαζίου του Ηρακλείου Κρήτης συμμετείχαν στο Ευρωπαϊκό πρόγραμμα "Box of Experiments". Στο πρόγραμμα συμμετείχαν μαθητές από 22 χώρες που ανήκαν στην Πρωτοβάθμια ή /και στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Όλες οι χώρες πραγματοποιούσαν κοινά πειράματα φυσικών επιστημών. Στόχος ήταν μέσω της ενεργητικής – δημιουργικής συμμετοχής οι μαθητές να διευρύνουν την σκέψη τους και να αναπτύξουν την κριτική τους ικανότητα. Επίσης έγινε προσπάθεια δημιουργίας βάσης δεδομένων στην οποία κατεγράφησαν οι πρωτότυπες ιδέες αλλά και τα προβλήματα που αντιμετώπισαν οι μαθητές στην ερμηνεία εννοιών ώστε να χρησιμοποιηθεί για περαιτέρω μελέτη.

2. Μεθοδολογία

Κατά την διάρκεια του προγράμματος διατέθηκε στους μαθητές το «Κουτί των Πειραμάτων» με είκοσι απλά υλικά και σαφείς οδηγίες για την εκτέλεση μιας σειράς πειραμάτων (Saso Zigon 2017). (Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Αναλυτικές οδηγίες εκτέλεσης πειραμάτων

Τα πειράματα άπτονταν του τομέα των Φυσικών Επιστημών και κάλυπταν ύλη που οι μαθητές είχαν διδαχθεί στο Δημοτικό και στο Γυμνάσιο (Αποστολάκης κ.α. 2014, Αντωνίου, κ.α. 2007). Στο πρώτο στάδιο του προγράμματος δεν δόθηκε στους μαθητές καμιά εξήγηση ούτε έγινε ανάκληση προηγούμενων γνώσεων τους. Ομάδα μαθητών εκτελούσε τα πειράματα και ακολούθως οι συμμετέχοντες ερμήνευαν αυτό που παρακολούθησαν με βάση τις προϋπάρχουσες γνώσεις τους. (Εικόνα 2).

Εικόνα 2: Εκτέλεση πειραμάτων από μαθητές

Στο δεύτερο στάδιο ακολουθήθηκε καθοδηγούμενη ανακάλυψη (Ματσαγγούρας 2004, Μαυρόπουλος 1997, Fontana 1981), Στο στάδιο της εμπέδωσης εφαρμόστηκαν διάφοροι

μέθοδοι συνεργατικής μάθησης όπως: της στρογγυλής τράπεζας και της νοητικής θύελλας (Κόμης κ.α. 2015). Οι ερμηνείες των μαθητών και από τα δύο στάδια συλλέγονταν και καταγράφονταν σε βάση δεδομένων κοινή για όλες τις χώρες συνεργασίας.

3. Αποτελέσματα

Οι μαθητές εκτέλεσαν πειράματα φυσικής σχετικά με: ατμοσφαιρική πίεση, υδροστατική πίεση, βαρύτητα, τριβή, νόμους του Νεύτωνα, παραμορφώσεις, άνωση, επιφανειακή τάση κ.α.. Από την καταγεγραμμένη ερμηνεία των μαθητών στο πρώτο στάδιο της εκτέλεσης των πειραμάτων -αυτό χωρίς προηγούμενα καμία θεωρητική προσέγγιση- έγινε φανερό ότι υπήρχε σύγχυση στην κατανόηση εννοιών όπως για παράδειγμα από πού προέρχεται η πίεση, αν η πίεση είναι ατμοσφαιρική ή υδροστατική, πώς λειτουργεί η άνωση, ποια είναι η κατεύθυνση των δυνάμεων καθώς και στα περισσότερα πειράματα έκαναν απλή περιγραφή χωρίς εμβάθυνση στην ερμηνεία τους. Διαπιστώθηκε πρόβλημα στις πρωτογενείς αντιλήψεις τους σχετικά με τις φυσικές έννοιες ακόμα και σε μαθητές «υψηλού» επιπέδου. Επίσης, οι συμμετέχοντες παρουσίασαν μεγάλη δυσκολία στην διατύπωση συλλογισμών, όμως σταδιακά παρατηρήθηκε βελτίωση στην ερμηνεία πειραματικών δεδομένων. Παρόμοια προβλήματα παρατηρήθηκαν και στους μαθητές από τις άλλες χώρες. Τα αποτελέσματα από το δεύτερο στάδιο που εφαρμόστηκε η διερευνητική μέθοδος ήταν σαφώς καλύτερα χωρίς όμως να παρουσιάζεται μεγάλη διαφορά σε σχέση με τις παρατηρήσεις του πρώτου σταδίου. Υπήρχε μια μικρή βελτίωση στην ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων καθώς και πολύ σημαντικό ήταν το γεγονός ότι οι μαθητές πρότειναν πειράματα προς εκτέλεση.

4. Συμπεράσματα

Από την καταγραφή των αποκρίσεων των Ελλήνων μαθητών στα πειράματα διαπιστώθηκε δυσκολία στην σύνδεση των θεωρητικών γνώσεων με την ερμηνεία των πειραμάτων. Το ίδιο πρόβλημα παρουσιάστηκε και στους μαθητές από τις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες συνεργασίας, γεγονός που αποδεικνύει ότι το πρόβλημα αυτό δεν έχει σχέση με τον τρόπο διδασκαλίας που εφαρμόζει κάθε εκπαιδευτικό σύστημα αλλά κυρίως με την νοητική ανάπτυξη των μαθητών. Επίσης η μέθοδος της ανάκλησης γνώσεων μέσω του πειραματισμού αποδείχθηκε πολύ δύσκολη στην πράξη. Αντίθετα η μέθοδος της καθοδηγούμενης διερεύνησης με χρήση συνεργατικής μάθησης είχε σαφώς καλύτερα αποτελέσματα.

5. Βιβλιογραφία

Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π.,Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ. & Παπατσίμπα, Λ.(2007). *Φυσική Β΄ Γυμνασίου*, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου,Ε., Σάββας, Στ., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β. & Τσαγκογέωργα, Α. (2014). *Φυσικά Δημοτικού.*, ΙΤΥΕ-ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Κόμης Β., Κορδάκη Μ., Νταραντούμης Θ., Παπανικολάου Σ., Μπράτιτσης Θ.(2015). *Πληροφορική στην Εκπαίδευση*. Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

Ματσαγγούρας, Η. (2004). *Στρατηγικές Διδασκαλίας. Η Κριτική Σκέψη στη Διδακτική Πράξη*, Gutenberg, Αθήνα

Μαυρόπουλος, Μ. (1997). *Διδάσκω Χημεία*. Εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα.

Fontana, D. (1981). *Psychology for teachers*. Macmillan.

Saso Zigon (2017). http://www.sciencebox.eu/

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΤΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΔΙΑΔΟΣΗ, ΤΗΝ ΑΝΑΚΛΑΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΤΟΥ ΦΩΤΟΣ, ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ειρήνη Ματαλλιωτάκη
Πρωτοβάθμια εκπαίδευση

Περίληψη

Στην συγκεκριμένη διδακτική πρακτική, προσεγγίζονται με βιωματικό τρόπο η ευθύγραμμη διάδοση, η ανάκλαση και η απορρόφηση του φωτός, με μέσον την ίδια τη σχολική αίθουσα, που μετατρέπεται σε μια μεγάλη πειραματική διάταξη και συσκοτίζεται απόλυτα, προκειμένου να μπορούν να αναδειχθούν τα φαινόμενα του φωτός και να λειτουργήσει σαν καλλιτεχνική εγκατάσταση. Στόχος είναι, μέσω διαθεματικών πρακτικών, να κατανοηθούν σε βάθος οι έννοιες και να υπάρξει μια πολύπλευρη ενεργοποίηση των μαθητών.

Abstract

In this project, the rectilinear diffusion, the reflection and absorption of light are approached through experience. The actual classroom is totally obscured, converted into a large experimental device and thus the light phenomena can be observed and act as artistic installation. The goal is the deep understanding of the relative concepts through interdisciplinary practices that stimulate children.

1. Εισαγωγή

Βασικό στοιχείο της συγκεκριμένης πρακτικής είναι ότι αναβαθμίζεται το μαθησιακό περιβάλλον (Γερμανός 2015), ώστε να βιώνεται σαν καλλιτεχνική εγκατάσταση και να αποτελεί ερέθισμα μάθησης και ισχυρό κίνητρο για την περαιτέρω διερεύνηση των φαινομένων. Το πειραματικό υλικό είναι μεγάλων διαστάσεων και κατάλληλα επιλεγμένο ώστε να μετατρέπεται σε δυναμική οντότητα στην αντίληψη των παιδιών. Η ίδια η αίθουσα λειτουργεί σαν πειραματική διάταξη και σε κάποια φάση της διδασκαλίας μετατρέπεται σε Camera Obscura. Ως κατάλληλο μέσο διαθεματικής προσέγγισης επιλέχθηκε η τέχνη, καθώς είναι φορέας γνώσης όσο και η επιστήμη (Σπανός 2014). Επίσης λόγω της βιωματικής της φύσης, μπορεί να οδηγήσει τα παιδιά στο να βιώσουν πολλές διαφορετικές πλευρές του εαυτού τους και μέσα από τη μαγεία και την ομορφιά, να ξυπνήσει τη δημιουργικότητά τους. Έτσι η μακριά κουρτίνα από τούλι, οι μεγάλοι πλαστικοί καθρέπτες, τα μεγάλα χρωματιστά χαρτιά, η ακτίνα του laser που διατρέχει όλη την αίθουσα, η προσπίπτουσα και η ανακλώμενη που κινούνται στο χώρο από το ύψος των θρανίων ως το ταβάνι, μπορούν να λειτουργήσουν ως ισχυρά εικαστικά εκφραστικά μέσα. Οι εκπαιδευτικές τεχνικές που αξιοποιούνται είναι ποικίλες και περιλαμβάνουν εποπτικά μέσα, εικονικά πειράματα, πλούσιο εκπαιδευτικό υλικό και ποικίλες διαθεματικές-βιωματικές δραστηριότητες. Σκοπός είναι να οδηγηθούν οι μαθητές σε μια πολύπλευρη εμπειρία, συνδέοντας διαφορετικές περιοχές της γνώσης.

2. Μεθοδολογία

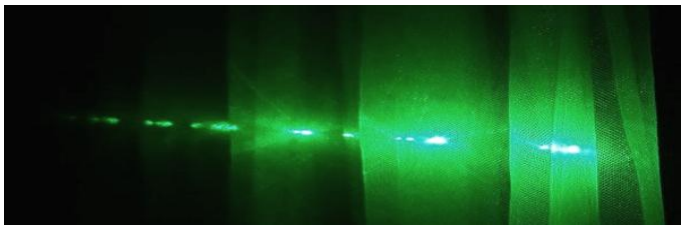
Προετοιμασία του χώρου

Ο χώρος συσκοτίζεται πλήρως με μαύρα χαρτόνια, σακούλες σκουπιδιών ή με οποιοδήποτε άλλο τρόπο, με σκοπό την αλλαγή στην ατμόσφαιρα. Το σκοτάδι βοηθά να αναδειχθούν τα φαινόμενα του φωτός, και κατά κάποιο τρόπο γίνεται δομικό μέρος των πειραματικών διατάξεων.

Ευθύγραμμη διάδοση του φωτός

Τα όργανα που χρειάζονται είναι ένας φακός laser και μια κουρτίνα από τούλι, η οποία μπορεί να κρεμαστεί από ψηλά με ένα σπάγκο κατά μήκος της αίθουσας. Στη σκοτεινή αίθουσα και καθώς η ακτίνα του laser περνά μέσα από την κυματιστή κουρτίνα, παρατηρούμε πως σχηματίζεται μια διάστικτη φωτεινή γραμμή που αποκαλύπτει την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός στο χώρο (εικόνα 1).

Εικόνα 1. Η διάδοση του φωτός στο χώρο



Διαθεματική δραστηριότητα 1

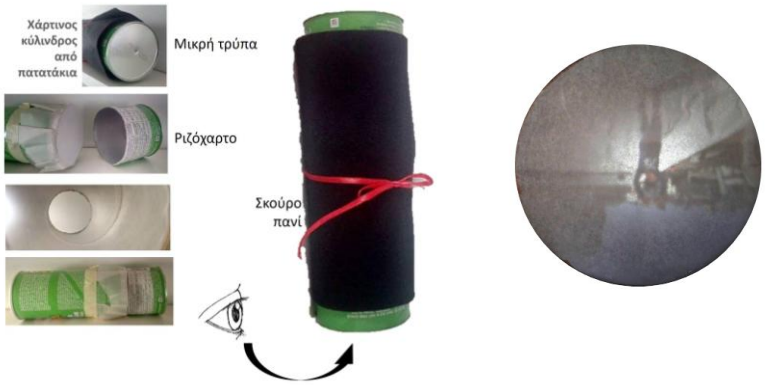
Η αίθουσα μετατρέπεται σε σκοτεινό θάλαμο και βιώνεται σαν καλλιτεχνική εγκατάσταση. Μια μικρή οπή σε ένα από τα μαύρα χαρτόνια που χρησιμοποιήθηκαν για τη συσκότιση, επιτρέπει στο φως που εισέρχεται, να εμφανίζει στους τοίχους τα είδωλα των παιδιών της αυλής να τρέχουν αντεστραμμένα (εικόνα 2). Τα παιδιά παίζουν, κάποια βγαίνουν έξω στην αυλή και τα υπόλοιπα βλέπουν τα είδωλα τους στους τοίχους και στην οροφή. Έτσι διασκεδάζοντας βιώνουν το φαινόμενο. Ποιος θα μπορούσε να πιστέψει, ότι μέσα σε έναν τόσο μικρό χώρο, θα χωρούσε η εικόνα όλου του σύμπαντος! Αναρωτιόμαστε και εμείς μαζί με το Leonardo da Vinci!
Μετά το «θαύμα» τα ερωτήματα γεννιούνται πολύ έντονα. Πως γίνεται αυτό; Γιατί τα βλέπουμε ανάποδα; Αναφέρουμε ότι τα σώματα, αυτόφωτα ή ετερόφωτα, εκπέμπουν ή επανεκπέμπουν αντίστοιχα φως προς όλες τις κατευθύνσεις και ότι από κάθε σημείο τους φεύγουν άπειρες φωτεινές ακτίνες. Μερικές από τις φωτεινές ακτίνες, που εκπέμπονται από τα πράγματα του εξωτερικού χώρου, περνούν από τη μικρή οπή και επειδή ακολουθούν ευθύγραμμη πορεία η εικόνα τους αντιστρέφεται, με αυτόν τον τρόπο ο «σκοτεινός θάλαμος» παρουσιάζεται σαν μια απόδειξη της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός. Επίσης, γίνεται αναφορά στον μαθηματικό της αρχαιότητας Ευκλείδη που τον αναφέρει στην «Οπτική» του, στον αρχαίο κινέζο φιλόσοφο Μόζι, ο οποίος μιλά για πρώτη φορά για το *κλειδωμένο δωμάτιο θησαυρού*, όπως ονόμαζε το σκοτεινό θάλαμο, καθώς και στον Αριστοτέλη ο οποίος γνώριζε το φαινόμενο και το αναφέρει στα κείμενά του. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται μια σύνδεση του θέματος μέσα στην ιστορία και τονίζεται ότι και εκείνοι είχαν βιώσει την ίδια εμπειρία με μας. Μέσα από αυτό το ίδιο βίωμα, που αποτελεί τον κοινό τόπο σύνδεσης, καταλύεται η γραμμικότητα και μπορούμε να βιώσουμε έναν απόλυτο χρόνο.
Ο Μόζι από την Κίνα, ο Leonardo, από την Ιταλία, ο Αριστοτέλης από την Αθήνα, ο Ευκλείδης από την Αλεξάνδρεια, τα είδωλα των παιδιών της αυλής και εμείς βρισκόμαστε ταυτόχρονα στον ίδιο χώρο. Παράλληλα τα παιδιά βλέπουν έργα σύγχρονων καλλιτεχνών που έχουν ως μέσον την camera obscura, και τους δίνουμε την ευκαιρία να μιλήσουν και να εκφραστούν σχετικά με το φαινόμενο. Οπτικοποιούμε τη διαδικασία φτιάχνοντας ένα μοντέλο από χαρτόνι με μια μικρή τρύπα

στη μέση, με κίτρινες τεντωμένες κλωστές που παριστάνουν τις φωτεινές ακτίνες. Μιλούμε για τον ανθρώπινο οφθαλμό και για τη φωτογραφική μηχανή, συσχετίζοντάς τα με το σκοτεινό θάλαμο.

Εικόνα 2: Η αίθουσα ως camera obscura

Φτιάχνουμε στη συνέχεια μια μικρή camera obscura με ανακυκλώσιμα υλικά ακολουθώντας τις υποδείξεις του βιβλίου του δασκάλου της ΣΤ΄ δημοτικού του Ερευνώ και Ανακαλύπτω (σελ. 213-5) και τέλος φωτογραφίζουμε μέσα από αυτήν (εικόνα 3).

Εικόνα 3. Μικρή camera obscura με ανακυκλώσιμα υλικά



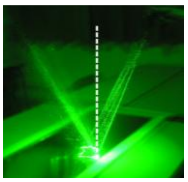
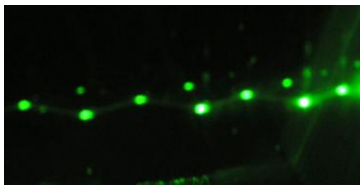
Μετά τη μαγεία της μεγάλης κάμερας με την κατασκευή της μικρής επιχειρείται να νοιώσει το κάθε παιδί σαν ένας μικρός Προμηθέας που «κλέβει» τη «φωτιά». Αυτό το γεγονός συσχετιζόμενο με τα ευτελή υλικά μπορεί εκτός των άλλων να υποβάλλει την ιδέα ότι το μυστήριο μπορεί να αποκαλυφθεί ακόμη και μέσα από τα πιο μικρά και καθημερινά πράγματα.

Ανάκλαση

Τα όργανα που χρειάζονται είναι δυο μεγάλοι πλαστικοί καθρέπτες, τσαλακωμένο αλουμινόχαρτο, μεταλιζέ χαρτί και φακός laser. Τοποθετούμε πάνω σε ένα θρανίο έναν καθρέπτη και στέλνοντας την ακτίνα του laser από ψηλά (προσπίπτουσα), αυτόματα κάνει την εμφάνισή της και η ανακλώμενη, έτσι ο χώρος γεμίζει με την παρουσία τους. Συμπεραίνουμε ότι όταν το φως πέφτει σε μια λεία και γυαλιστερή επιφάνεια αλλάζει πορεία και επιστρέφει στο μέσον από το οποίο προήλθε, δίνοντας έτσι τον ορισμό της ανάκλασης. Καθώς αλλάζουμε την γωνία πρόσπτωσης παρατηρούμε την αλλαγή και στη γωνία ανάκλασης (εικόνα4α). Κατόπιν ρίχνοντας πλάγια την ακτίνα στο εσωτερικό ενός κρύσταλλου πάχους 5mm, μιλούμε για τις οπτικές ίνες, η λειτουργία των οποίων βασίζεται στην ανάκλαση, σχολιάζοντας τις διαδοχικές ανακλάσεις στο εσωτερικό του (εικόνα 4β). Εναλλακτικά, μπορούμε να τοποθετήσουμε παράλληλα δυο μεγάλους πλαστικούς καθρέπτες και με τη βοήθεια της ακτίνας του laser, που ρίχνουμε πλάγια πάνω στον έναν, παρατηρούμε τις συνεχόμενες ανακλάσεις ανάμεσά τους. Βλέπουμε έργα καλλιτεχνών που κάνουν χρήση του

φαινομένου της ανάκλασης (όπως π.χ. στην εικόνα 4γ το έργο του Anish Kapoor, Cloud Gate). Μοιράζονται στην τάξη μεταλιζέ χαρτιά τα οποία μπορούν να μετατραπούν σε επίπεδα, κυρτά ή κοίλα κάτοπτρα. Τα παιδιά παρατηρούν και σχολιάζουν τα είδωλα που σχηματίζονται, αναφέρουν τις παρατηρήσεις τους και τα βοηθάμε να περιγράψουν πως αλλάζει ο χώρος καθώς βλέπουν μέσα από αυτά.

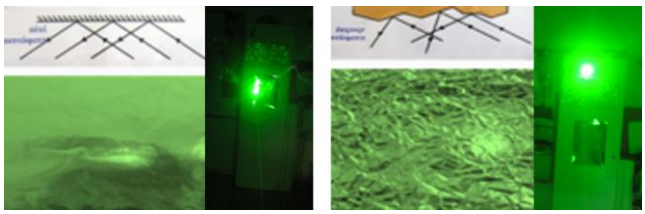
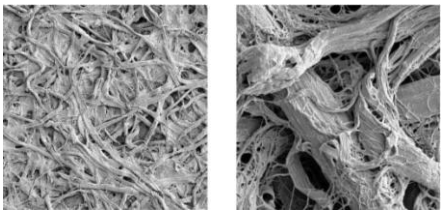
Εικόνα 4. Ανάκλαση

α)  β)  γ)

Διάχυτη ανάκλαση

Τα όργανα που χρειάζονται είναι τσαλακωμένο αλουμινόχαρτο, λείο μεταλιζέ χαρτί ή καθρέπτης και φακός laser. Τοποθετούμε σε έναν τοίχο το λείο μεταλιζέ χαρτί και ψηλότερα το τσαλακωμένο αλουμινόχαρτο. Στη σκοτεινή αίθουσα (εικόνα 5α) ρίχνουμε την ακτίνα του laser στο λείο μεταλιζέ χαρτί και παρατηρούμε ότι αλλάζει κατεύθυνση. Στη συνέχεια ρίχνουμε την ακτίνα laser στο τσαλακωμένο αλουμινόχαρτο και μέσα στο σκοτάδι γίνεται άμεσα εμφανές ότι η ακτίνα ανακλάται σε πολλές κατευθύνσεις και ότι η αίθουσα γίνεται φωτεινότερη από πριν. Τέλος ρίχνουμε την ακτίνα στο λευκό τοίχο όπου διασκορπίζεται εντελώς. Οι ανακλάσεις δεν είναι πλέον ορατές αλλά η αίθουσα γίνεται ακόμα πιο φωτεινή. Συζητάμε για τις λείες και τις τραχιές επιφάνειες των αντικειμένων, δείχνουμε εικόνες χαρτιού μεγεθυσμένες από μικροσκόπιο (εικόνα 5β) και αν διαθέτουμε μικροσκόπιο μπορούμε να σκίσουμε ένα κομμάτι χαρτί και να το δούμε.

Εικόνα 5. Διάχυτη Ανάκλαση

α)  β) 

Διαθεματική δραστηριότητα 2

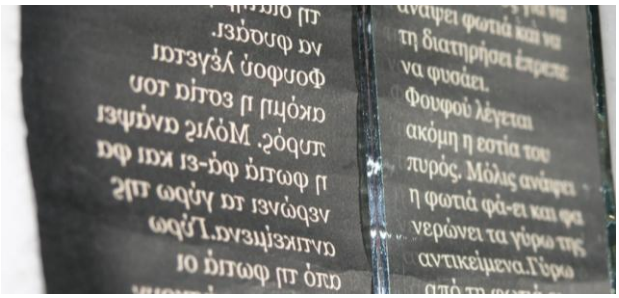
Στη δραστηριότητα αυτή, χρησιμοποιώντας σαν μέσο την ανάκλαση του φωτός και τη δημιουργία ειδώλων μέσα σε επίπεδους καθρέπτες, επιχειρούμε να φέρουμε σε επαφή τα παιδιά με την επιστήμη της Γλωσσολογίας και της Ετυμολογίας ώστε να αποκτήσουν μια πρώτη εικόνα για το πως δημιουργούνται οι γλώσσες και τον τρόπο που σχετίζονται με τον ανθρώπινο νου και με την κοινωνία. Για το σκοπό αυτό:

- Γράφουμε ένα κείμενο στο οποίο είναι γραμμένες σαν παραμύθι δυο θεωρίες που είναι σχετικές με την προέλευση της λέξης «φως» και επίσης ομόρριζες λέξεις. Η μία είναι αυτή του Σ. Βασδέκη που αναφέρει ότι η ελληνική γλώσσα γεννήθηκε από τη ζύμωση των φθόγγων που εκφωνούσαν οι πρώτοι άνθρωποι για να εκφράσουν τα αισθήματα και τα συναισθήματα τους ή το πλάσιμο των ήχων που άκουγαν από τα στοιχεία της φύσης, τα ζώα και τα εργαλεία τους. Αναφέρεται ότι το γράμμα *φ* δηλώνει το φύσημα και ότι απ' αυτό δημιουργήθηκε και η λέξη «φως». Παράλληλα τα παιδιά βλέπουν τον πίνακα του Μποτιτσέλι «Η γέννηση της Αφροδίτης» και παρατηρούν τον Αίολο

να φυσά προς το μέρος της. Ο Σ. Βασδέκης επίσης συνδέει το ρήμα φημί (ομιλώ) της αρχαίας Ελληνικής με τη λέξη «φως», αναφέροντας ότι η ομιλία ρίχνει φως στα σκοτάδια του μυαλού, όπως το φως καθιστά ορατά τα αντικείμενα. Η άλλη θεωρία που είναι γραμμένη στο κείμενο αναφέρεται στην προέλευση της λέξης φως από την πρωτοϊνδοευρωπαϊκή γλώσσα. από την οποία προέρχονται και τα αρχαία ελληνικά. Σύμφωνα με αυτήν, η ρίζα -pha- (λαμπρός, φωτεινός) είναι η ρίζα της λέξης φως όπως επίσης και του ρήματος φημί (ομιλώ) της Αρχαίας Ελληνικής.

- Αντιστρέφουμε το κείμενο (κατοπτρική γραφή), το εκτυπώνουμε και το τυλίγουμε. Το δίνουμε στα παιδιά λέγοντας ότι είναι ένας χάρτης θησαυρού θέλοντας να τονίσουμε την αξία αυτού που είναι γραμμένο (εικόνα 6).
- Τα παιδιά το ανοίγουν και το διαβάζουν μέσα από ένα καθρέπτη και στη συνέχεια μιλούμε στην τάξη για την κατοπτρική γραφή.

Εικόνα 6. Χάρτης θησαυρού – κατοπτρική γραφή



Διαθεματική δραστηριότητα 3

Χρησιμοποιώντας μεταλλικά κουτιά γάλακτος σαν κυλινδρικούς καθρέπτες, παίζουμε και σχηματίζουμε αναμορφικές εικόνες (εικ.7). Εξηγούμε στα παιδιά ότι αναμορφική ονομάζεται μια εικόνα που μπορεί να γίνει αντιληπτή, μόνο όταν την κοιτάμε από μια συγκεκριμένη γωνία ή μέσω κάποιας οπτικής συσκευής, όπως για παράδειγμα μέσω ενός κυλινδρικού καθρέπτη. Αναφέρεται ότι η Αναμόρφωση (Anamorphosis) ήταν μια τεχνική στη ζωγραφική που εμφανίστηκε στην Ευρώπη γύρω στο 18^{ο} αιώνα και τέλος βλέπουμε και σχολιάζουμε παλιά και σύγχρονα αναμορφικά έργα τέχνης.

Εικόνα 7: Αναμορφικά έργα παιδιών (χταπόδι με τα δάκτυλα, ο Μπάτμαν κλπ.)

Απορρόφηση του φωτός

Τα όργανα που χρειάζονται είναι ο φακός laser και μεγάλα κάνσον σε διάφορα χρώματα Σε έναν τοίχο της αίθουσας τοποθετούμε τα χρωματιστά κάνσον από το πιο ανοιχτόχρωμο προς το πιο σκούρο (εικόνα 8). Παρατηρούμε πως σκοτεινιάζει ή φωτίζεται η αίθουσα, όταν η ακτίνα του laser πέφτει στο μαύρο και στο άσπρο χαρτί αντίστοιχα. Στη συνέχεια, καθώς η ακτίνα φωτίζει διαδοχικά

τα χρωματιστά κάνσον, γίνεται αισθητή η διαφορά στην απορρόφηση του φωτός, που αυξάνεται καθώς το φως πέφτει από το ανοιχτό στο πιο σκούρο. Η αίθουσα έχει μεταμορφωθεί ξανά σε ένα είδος διαδραστικής καλλιτεχνικής εγκατάστασης.

Εικόνα 8. Χρώματα από το ανοικτόχρωμο στο σκουρόχρωμο

3. **Αποτελέσματα**

Με τη διαθεματική προσέγγιση οι μαθητές αντιλήφθηκαν τις συνδέσεις ανάμεσα σε διαφορετικά πεδία της γνώσης, κατανόησαν τις έννοιες και οικειοποιήθηκαν πειραματικές διαδικασίες. Αυτό άλλωστε που φανερώνει την ισχυρή επίδραση αυτής της προσέγγισης, είναι ότι πολλοί μαθητές, μετέτρεψαν το δωμάτιό τους σε σκοτεινό θάλαμο.

4. **Συμπεράσματα**

Οι προσεγγίσεις που επιτρέπουν στις έννοιες να βιωθούν με διαφορετικό τρόπο, μαγικό, διασκεδαστικό, πρακτικό κλπ., βοηθούν αποφασιστικά στην κατανόηση τους επειδή δημιουργούν ισχυρές εμπειρίες που συνδέουν πολλές πλευρές του εαυτού μας με πολλές διαφορετικές περιοχές της γνώσης. Παράλληλα η αναβάθμιση του μαθησιακού περιβάλλοντος και οι πολυεπίπεδες δραστηριότητες με μέσο την Τέχνη, δημιουργούν το πλαίσιο για να καλλιεργηθεί η δημιουργική και η κριτική σκέψη, να συνδεθεί η επιστημονική με τη βιωματική γνώση και την ομορφιά, δημιουργώντας μια ολοκληρωμένη, αδιάσπαστη, ολιστική εμπειρία.

5. **Βιβλιογραφία**

Γερμανός, Δ. (2010). Παιδαγωγικός ανασχεδιασμός του σχολικού χώρου. Στο Γερμανός, Δ., Κανατσούλη, Μ. (επιμ.), ΤΕΠΑΕ 09, Πρακτικά επιστημονικών εκδηλώσεων του ΤΕΠΑΕ ΑΠΘ, 2007-09, 2010,(σσ 21-54). Θεσσαλονίκη, εκδόσεις : ΑΠΘ/University Studio Press

Γεωργακάκος, Π., Σκαλωμένος, Α., Σφαρνάς, Ν. & Χριστακόπουλος, Ι. (2000). Φυσική Γενικής Παιδείας Γ΄ τάξης Ενιαίου Λυκείου. Έκδοση Β, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Ντούλια, Α. (2012). Δημιουργική μάθηση μέσα από την Τέχνη. Στο 6ο Παν.Συνέδριο ΕΛΛ.Ι.Ε.Π.ΕΚ, Πρακτικά του ΕΛΛ.Ι.Ε.Π.ΕΚ, 5-7 Οκτωβρίου 2012, Αθήνα.

Σπανός, Β. (2014).Η τέχνη και η επιστήμη ως αντικείμενα διδασκαλίας στο πλαίσιο της διαθεματικής προσέγγισης της γνώσης – Τα εκπαιδευτικά, τεύχος 101-102,(σσ. 151-158). Ανακτήθηκε 20 Ιανουαρίου, 2017, από http://www.taekpaideutika.gr/ekp_101-102/14.pdf

Φυσικά Δημοτικού ΕΡΕΥΝΩ ΚΑΙ ΑΝΑΚΑΛΥΠΤΩ.(2016), ΙΤΥΕ ¨Διόφαντος¨

Arons, A.,B.(1992). Οδηγός διδασκαλίας της Φυσικής, Τροχαλία, Αθήνα.

Hewitt, P. (2011). Οι έννοιες της φυσικής, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΦΥΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΟ ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Κωνσταντίνος Καράμπελας

Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.

Περίληψη

Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί μια έρευνα που εξετάζει τη δυνατότητα Διδασκαλίας της Φύσης των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό Σχολείο, που θεωρείται ότι βοηθά τους μαθητές να εμβαθύνουν περισσότερο στο συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο. Η διδασκαλία της επιτυγχάνεται με την εμπλοκή μαθητών σε εργασίες, που εστιάζουν στην εκμάθηση χαρακτηριστικών της επιστημονικής γνώση, της επιστημονικής διεργασίας, καθώς και της γενικότερης σχέσης των Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή ζωή. Μέσα από μια ποιοτική έρευνα σε 42 μαθητές δημοτικού που συμμετείχαν σε Όμιλο Φυσικών Επιστημών, έδειξε ότι οι μαθητές κατανόησαν μερικά στοιχεία της φύσης των Φυσικών Επιστημών, μέσα σε ένα ευέλικτο πλαίσιο διδασκαλίας

Abstract

This paper is a research examining the possibility to include teaching about the Nature of Science in Primary school, which is considered to assist pupils to deepen their knowledge in the specific subject. Teaching Nature of Science is achieved with the active involvement of pupils in projects focusing on science knowledge, science process as well as the relationship of Science with everyday life. Through a qualitative research into 42 primary school pupils, member of the Science Club, it was concluded that they achieved learning basic characteristics of the Nature of Science, within a flexible teaching context.

1. Εισαγωγή

Η σημασία της διδασκαλίας της Φύσης των Φυσικών Επιστημών

Σύγχρονες προσεγγίσεις της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών τονίζουν την ανάγκη έμφασης της διδασκαλίας στη Φύση των Φυσικών Επιστημών (ΦΦΕ), που αναφέρεται στον προσδιορισμό του γνωστικού χώρου, τα επιστημολογικά θεμέλια του, των προσεγγίσεων της επιστημονικής δουλειάς ως κοινωνική δραστηριότητα καθώς των αλληλεπιδράσεών της με το κοινωνικό σύνολο. Η προσέγγιση αυτή βοηθά την εξοικείωση με την επιστημονική διαδικασία, την επιστημονική γνώση, τον εντοπισμό επιστημονικών ερωτήσεων και την επιστημονική έρευνα. Παράλληλα, βοηθά τη γνωριμία με πολιτιστικές, δημοκρατικές και δεοντολογικές διαστάσεις του χώρου των Φυσικών Επιστημών. Αυτό είναι σημαντικό, καθώς οι μαθητές τείνουν να θεωρούν την επιστημονική γνώση ως οντότητα στατική και αμετάβλητη, που αφορά, ανακαλύπτεται και αξιοποιείται μόνο από επιστήμονες. Αυτές οι αντιλήψεις δυσκολεύουν τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν να εμβαθύνουν σε θέματα επιστημονικής γνώσης, διεργασίας καθώς και στη σχέση των Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή ζωή (Driver et al. 1996, Lederman 2007, Bell 2008).

Η διδασκαλία της ΦΦΕ, εστιάζεται στην κατανόηση των παρακάτω σημείων: 1) Η επιστημονική διερεύνηση στηρίζεται σε ποικίλες μεθόδους, 2) η επιστημονική γνώση στηρίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, 3) η επιστημονική γνώση, μπορεί να αναθεωρηθεί με αφορμή νέα δεδομένα, 4) τα επιστημονικά φαινόμενα ερμηνεύονται με τη βοήθεια σχέσεων θεωριών, νόμων, μοντέλων ή μηχανισμών, 5) οι φυσικές επιστήμες είναι μορφή γνώσης, 6) η επιστημονική γνώση ορίζει ότι υπάρχει τάξη και συνοχή στα φυσικά συστήματα, 7) οι Φυσικές Επιστήμες είναι αποτέλεσμα ανθρώπινης δράσης και προσπάθειας και 8) οι Φυσικές Επιστήμες στηρίζονται στον εντοπισμό ερωτήσεων για τον φυσικό και υλικό κόσμο.
Από τα χαρακτηριστικά αυτά ορισμένα αναφέρονται στην επιστημονική γνώση (scientific knowledge). Άλλα αναφέρονται στην επιστημονική διερευνητική διαδικασία (scientific investigation). Τέλος, άλλα αναφέρονται στο ρόλο των Φυσικών Επιστημών στην καθημερινή ζωή και την εξέλιξη. Αυτές είναι οι τρεις διαστάσεις στις οποίες πρέπει να εστιάζεται η διδασκαλία της ΦΦΕ (Hascunin et al. 2011, NGSS 2013).
Οι μαθητές ωστόσο έχουν διαμορφώσει αντιλήψεις γύρω από τη φύση των Φυσικών Επιστημών και τα χαρακτηριστικά της, που όπως συμβαίνει και με τα φυσικά φαινόμενα συντηρούνται βαθιά ριζωμένες, δύσκολα απορρίπτονται και εμποδίζουν την εξοικείωση των παιδιών μ' αυτήν. Αυτές οι αντιλήψεις ενδεχομένως να δυσκολεύουν την κατανόηση και εκμάθηση των παραπάνω χαρακτηριστικών (Driver κ.α. 1996).

Εφαρμοσμένη διδασκαλία της Φύσης των Φυσικών Επιστημών

Η εφαρμογή της διδασκαλίας της ΦΦΕ απαιτεί κατάλληλο σχεδιασμό πρακτικών, που θα βοηθήσουν τον εκπαιδευτικό. Οι Abd-El-Khalick et al. (1998) καθώς και ο Cibik (2016) υποστηρίζουν την ενεργό εμπλοκή των μαθητών σε εκπαιδευτικές δράσεις που περιλαμβάνουν επιστημονική διερεύνηση. Οι εκπαιδευτικοί που υλοποιούν αυτές τις δράσεις, οφείλουν να θέτουν σχετικούς στόχους και να σχεδιάζουν ανάλογες ασκήσεις και δραστηριότητες. Αυτό επιτυγχάνεται όταν στη διάρκεια της διδασκαλίας μιας ενότητας των Φυσικών Επιστημών, υπάρχουν ερωτήσεις ή άλλες δράσεις που εστιάζονται στα χαρακτηριστικά της ΦΦΕ, δηλαδή την επιστημονική γνώση, τη διερευνητική διαδικασία και τη σημασία των Φυσικών επιστημών στην καθημερινή ζωή.
Σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης, δράσης για την κατανόηση από την πλευρά των μαθητών ότι προέρχεται από ερευνητικά δεδομένα, μπορούν να γίνει στα πλαίσια πειραματικές δραστηριότητες. Δράσεις που δείχνουν ότι η επιστημονική γνώση αναθεωρείται, μπορεί να εστιάζονται στο πλαίσιο της ιστορίας των Φυσικών Επιστημών. Δράσεις που στοχεύουν στην κατανόηση της συνοχής και τάξης ανάμεσα στα συστήματα, μπορεί να γίνονται στα πλαίσια γενίκευσης πειραματικών ευρημάτων και συμπερασμάτων σε διαφορετικά πλαίσια ή φαινόμενα της καθημερινής ζωής (Hascunin et al. 2011, NGSS 2013).
Σε ότι αφορά τα χαρακτηριστικά της επιστημονικής διερεύνησης, δράσεις που αφορούν την προσέγγιση των Φυσικών Επιστημών, ως προϊόν ανθρώπινης ομαδικής προσπάθειας, μπορεί να γίνουν στο πλαίσιο οργάνωσης πειραματικών δραστηριοτήτων. Δράσεις που αφορούν την κατανόηση της μεθοδολογίας μπορεί να γίνουν στο πλαίσιο της εκτέλεσης και αναγνώρισης των βημάτων των πειραματικών δραστηριοτήτων. Δράσεις που αφορούν τη σημασία συμπερασμάτων, μπορεί να γίνουν παράλληλα με τη σύνταξη συμπερασμάτων και κανόνων.

Σε ότι αφορά τη σημασία και την εφαρμογή των Φυσικών Επιστημών στην καθημερινή ζωή, δράσεις που αφορούν την προσέγγιση των Φυσικών Επιστημών ως σύστημα κατανόησης του κόσμου μπορεί να εστιάζονται στην αξιοποίηση και εφαρμογή των επιστημονικών συμπερασμάτων. Δράσεις που αφορούν τον εντοπισμό των ερωτημάτων για περαιτέρω

έρευνα μπορεί να γίνονται στα πλαίσια ερωτήσεων επέκτασης των συμπερασμάτων αυτών (Hascunin et al. 2011, NGSS 2013).
Η εφαρμογή απαιτεί επίσης και αξιολόγηση των δράσεων. Καθώς η εκμάθηση της ΦΦΕ αφορά διαδικασίες, διεργασίες, δεξιότητες και στάσεις, εκτός από γνωστικό αντικείμενο, οι Hascunin κα (2011) θεωρούν ότι η πιο ενδεδειγμένη μέθοδος αξιολόγησης, στηρίζεται σε διαρκείς συζητήσεις με μαθητές καθώς και παρατηρήσεις, του τρόπου που οι μαθητές, εργάζονται, διατυπώνουν υποθέσεις, διερευνούν, ανταλλάσουν απόψεις και οικοδομούν νέα γνώση. Παράλληλα ενδείκνυται η συλλογή δράσεων και ασκήσεων σχετικά με τα χαρακτηριστικά της ΦΦΕ, σε ένα portfolio, στο οποίο αποτυπώνονται οι απαντήσεις των μαθητών που φανερώνουν κατά πόσο κατανόησαν τα χαρακτηριστικά της. Η χρήση τυπικών μεθόδων αξιολόγησης, όπως διαγωνίσματα, δεν κρίνεται πάντα απαραίτητη.
Η ΦΦΕ, γενικά δε φαίνεται να έχει ενταχθεί συστηματικά στο πλαίσιο της διδασκαλίας Φυσικών Επιστημών. Βασικός λόγος είναι η έλλειψη της έμφασης από τη μεριά των Αναλυτικών Προγραμμάτων και προγραμμάτων σπουδών (Abd-El-Khalick et al. 1998). Οι εκπαιδευτικοί μπορεί να ξεπεράσουν την πρόκληση αυτή, διαμορφώνοντας ανάλογους στόχους. Αυτό απαιτεί ευελιξία (Akerson & Hanuscin 2007).

2. Μεθοδολογία

Σχεδιασμός και Ερωτήσεις Έρευνας

Με βάση τα παραπάνω, σχεδιάστηκε η συγκεκριμένη έρευνα με σκοπό να διδάξει στοιχεία για τη ΦΦΕ, σε μαθητές δημοτικού σχολείου. Η έρευνα έγινε στα πλαίσια του Ομίλου Φυσικών Επιστημών, που απευθύνεται σε μαθητές με κλίση στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Στο σχολείο της έρευνας ο όμιλος λειτουργεί από το σχολικό έτος 2013-2014. Συνολικά 42 μαθητές έχουν συμμετάσχει στον όμιλο αυτό, που ως στόχο έχει να αξιοποιήσει το ενδιαφέρον και την κλίση των μαθητών για το συγκεκριμένο αντικείμενο και να τους βοηθήσει να εμβαθύνουν περισσότερο. Οι περισσότεροι μαθητές είναι στην Ε και Στ τάξη, που διδάσκονται το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο. Η συμμετοχή είναι εθελοντική (Νόμος 3966/2011).
Ο Όμιλος, ως πλαίσιο εφαρμογής, κρίθηκε κατάλληλος για διάφορους λόγους. Ο πρώτος ήταν το κίνητρο των μαθητών να εμβαθύνουν και να ασχοληθούν περισσότερο με τις Φυσικές Επιστήμες. Ο δεύτερος ήταν η ευελιξία που παρέχεται στον εκπαιδευτικό που διοργανώνει Όμιλο να επιλέγει στόχους και επιμέρους δράσεις που θα υλοποιηθούν (Νόμος 3966/2011). Αυτές οι παράμετροι αποτελούν βασική προϋπόθεση για να γνωρίσουν καλύτερα τη ΦΦΕ (Akerson & Hanuscin, 2007, Abd-El-Khalick et al. 1998).
Οι ερωτήσεις της έρευνας, που διαμορφώθηκαν με βάση τις διαστάσεις της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών ήταν: 1) Κατανόησαν οι μαθητές τα βασικά στοιχεία της επιστημονικής γνώσης; 2) Εξοικειώθηκαν οι μαθητές με τα βασικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής διαδικασίας; 3) Αναγνώρισαν οι μαθητές τη σχέση των Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή ζωή και εμπειρία;
Οι μαθητές του Ομίλου συμμετείχαν σε δράσεις που έδιναν έμφαση στις διαστάσεις της ΦΦΕ. Η θεματολογία των δράσεων προήλθε από κεφάλαια, όπως το περιβάλλον, τον ηλεκτρομαγνητισμό, αστρονομία, υλικά σώματα, ανατομία ανθρώπινου σώματος, ιστορία φυσικών επιστημών και ανακαλύψεων. Ο σχεδιασμός και υλοποίησή τους έγινε με βάση το επίπεδο των παιδιών και το γενικό σχολικό πλαίσιο. Δόθηκε έμφαση στα στοιχεία της επιστημονικής γνώση ως οντότητα, που προκύπτει από εμπειρικά δεδομένα και ορίζει ότι υπάρχει συνοχή και τάξη ανάμεσα σε φαινόμενα και συστήματα και μπορεί να αναθεωρηθεί. Επίσης δόθηκε έμφαση στη διερευνητική διαδικασία, ως προϊόν ανθρώπινης προσπάθειας και

ομαδικής δουλειάς, που στηρίζεται σε ποικίλες μεθοδολογίες, ενώ βασίζεται και καταλήγει στην οικοδόμηση νόμων, θεωριών ή μοντέλων. Δόθηκε και έμφαση στο ρόλο των Φυσικών Επιστημών, ως σύστημα γνώσεων ερμηνείας του Φυσικού Κόσμου και πλαίσιο εντοπισμού ερωτήσεων για έρευνα (Bell, 2008, Hascunin et al. 2011, NGSS 2013, Cibik 2016).

Συλλογή και Ανάλυση Αποτελεσμάτων

Η μεθοδολογία της έρευνας ήταν ποιοτική. Τα δεδομένα προήλθαν κυρίως από σημειώσεις των εργασιών, στο σχετικό portfolio και παρατηρήσεις των διδακτικών παρεμβάσεων όπου υλοποιούνταν οι παραπάνω δράσεις. Αυτή η μεθοδολογία ταιριάζει στην αποτίμηση δράσεων διδασκαλίας για τη ΦΦΕ (Abd-El-Khalick et al. 2002, Lederman 2007, Hascunin et al. 2011, Cohen et al. 2011). Τα δεδομένα αποδελτιώθηκαν. Συγκροτήθηκαν τρεις κατηγορίες δεδομένων, που περιλάμβαναν επιμέρους κώδικες. Τόσο οι κατηγορίες, όσο και οι κώδικες, συντάχθηκαν ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της φύσης των Φυσικών Επιστημών.

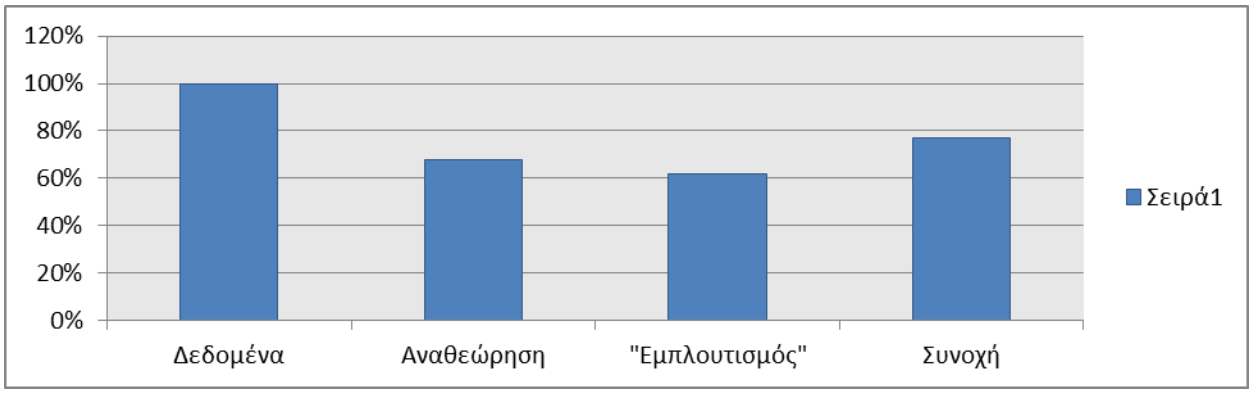
Οι κατηγορίες ήταν: επιστημονική γνώση, επιστημονική διερεύνηση και Εφαρμογή Φυσικών Επιστημών. Σε κάθε κατηγορία υπήρχαν επιμέρους κώδικες. Στην πρώτη κατηγορία υπήρχαν οι κώδικες όπως *Δεδομένα*, *Αναθεώρηση*, *Συνοχή*. Στη δεύτερη κατηγορία υπήρχαν οι κώδικες όπως *Μεθοδολογία*, *Ανθρώπινη Δραστηριότητα*, *Νόμοι-Κανόνες*. Τέλος, στην τρίτη κατηγορία, υπήρχαν οι κώδικες όπως *Σύστημα Ερμηνείας*, *Εντοπισμός Ερωτήσεων* (Cohen et al. 2011, NGSS, 2013).

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές κατάφεραν να κατανοήσουν ορισμένα βασικά στοιχεία από τις διαστάσεις της ΦΦΕ. Υπήρχαν όμως και βασικά στοιχεία από κάθε διάσταση που δεν φάνηκε από τα δεδομένα να έχουν γίνει κατανοητά.

Όλοι οι μαθητές κατανόησαν ότι η επιστημονική γνώση προέρχεται από εμπειρικά δεδομένα, που βασίζονται σε επεξεργασία, μετρήσεων ή παρατηρήσεων με σκοπό τον προσδιορισμό σχέσεων, καθώς τόσο στις ερωτήσεις ασκήσεων όσο και στη διάρκεια των συναντήσεων τόνιζαν ότι πρέπει να γίνονται μετρήσεις, να καταγραφούν παρατηρήσεις για να βγουν συμπεράσματα. Αρκετοί μαθητές κατανόησαν ότι τη σημασία της συνοχής της επιστημονικής γνώσης ανάμεσα στα συστήματα. Διατύπωσαν πως τα συμπεράσματα που βγάζουν μπορούν να εφαρμοστούν σε άλλα πλαίσια ή φαινόμενα. Αρκετοί μαθητές έδειξαν πως έχουν κατανοήσει ότι επιστημονική γνώση μπορεί να αναθεωρηθεί. Περισσότεροι από αυτούς όμως, αναγνώρισαν κυρίως ότι μπορεί να εμπλουτισθεί. Αυτό ενδεχομένως να συσχετίζεται με τις αντιλήψεις των μαθητών (Driver et al. 1996).

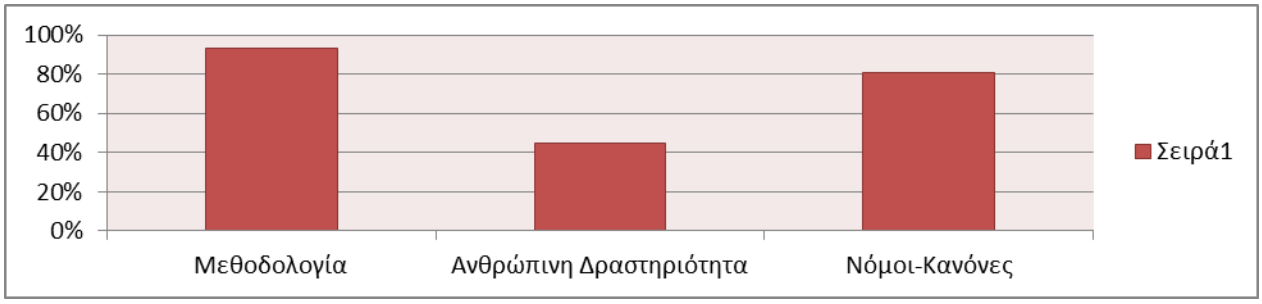
Σχεδιάγραμμα 1: Αποτελέσματα 1ης ερευνητικής ερώτησης (χαρακτηριστικά επιστημονικής γνώσης)



Σε ότι αφορά την επιστημονική, διερευνητική διαδικασία αναγνώρισαν ότι σε ανάλυση δεδομένων με διαφορετικούς τρόπους και κατάλληλη μεθοδολογία, καθώς απαντούσαν όταν χρειαζόταν πως υπάρχουν βήματα που ακολουθούνται. Ωστόσο, δεν τόνισαν ιδιαίτερα τη σημασία διατύπωσης υπόθεσης, την οποία μπορεί να διατύπωναν περιστασιακά.

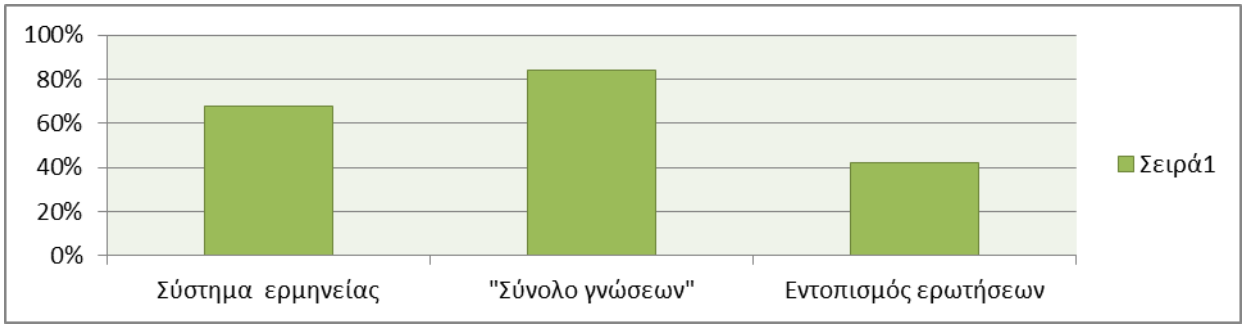
Αναγνώρισαν την αναγκαιότητα των κανόνων, νόμων ή θεωριών. Δεν αναγνώρισαν όμως τη σημασία του παράγοντα της ανθρώπινης προσπάθειας και ομαδικής δουλειάς. Όπως και στην περίπτωση της προηγούμενης ερευνητικής ερώτησης, φαίνεται και στην περίπτωση αυτή οι δυσκολίες αυτές συσχετίζονται με τις ριζωμένες εσφαλμένες αντιλήψεις των μαθητών (Driver et al. 1996).

Σχεδιάγραμμα 2: Αποτελέσματα 2ης ερευνητικής ερώτησης
(χαρακτηριστικά επιστημονικής διερεύνησης)



Τέλος, σε ότι αφορά τη σχέση των Φυσικών Επιστημών στην καθημερινή ζωή αναγνώρισαν ότι με αποτελούν ένα σύστημα με το οποίο ερμηνεύονται φαινόμενα του φυσικού κόσμου. Ωστόσο σε πολλές απαντήσεις έδειξαν ότι θεωρούν τις Φυσικές Επιστήμες ως σύνολο γνώσεων και εστιάστηκαν λιγότερο στην αναγκαιότητα που έχουν οι διαδικασίες. Παρόλο που, όπως φάνηκε στην προηγούμενη ερώτηση, τόνιζαν κατά τη διάρκεια μιας διερευνητικής δράσης ότι ακολουθούνται βήματα, δηλαδή διαδικασίες, όταν απαντούσαν σε ερωτήσεις για τη χρησιμότητα των Φυσικών Επιστημών, δεν τόνιζαν τις διαδικασίες τόσο. Δεν μπόρεσαν να αναγνωρίσουν τη σημασία της εντοπισμού ερωτήσεων για παραπάνω έρευνα. Αυτό μπορεί να συσχετίζεται με τη γενικότερη έλλειψη έμφασης από τη μεριά του Αναλυτικού προγράμματος στη διερευνητική μάθηση που επηρεάζει τις αντιλήψεις και στάσεις των μαθητών ακόμα και σε πλαίσια όπως ο Όμιλος (Abd-El-Khalick et al. 1998)

Σχεδιάγραμμα 3: Αποτελέσματα 3ης ερευνητικής ερώτησης (εφαρμογή των Φυσικών Επιστημών)



Γενικά οι μαθητές έδειξαν να κατανοούν βασικά στοιχεία της επιστημονικής γνώσης, διαδικασίας και της σχέσης των Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή ζωή. Παρόλα αυτά, φαίνεται ότι οι βασικές αντιλήψεις των μαθητών για τη ΦΦΕ είναι δύσκολο να αντικατασταθούν (Driver et al. 1996, Abd-El-Khalick et al. 2002, Lederman, 2007).

4. Συμπεράσματα

Η συγκεκριμένη εργασία εστιάστηκε στον εντοπισμό της δυνατότητας διδασκαλίας της Φύσης των Φυσικών Επιστημών σε παιδιά δημοτικού. Η διδασκαλία της ΦΦΕ επιτυγχάνεται με δραστηριότητες διερεύνησης που δίνουν έμφαση σε χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης, της επιστημονικής διεργασίας και της χρησιμότητας των Φυσικών Επιστημών (NGSS 2013). Ως πλαίσιο έρευνας επιλέχθηκε ο Όμιλος Φυσικών Επιστημών ενός δημοτικού σχολείου, που απευθύνεται σε μαθητές που έχουν κλίση στο συγκριμένο μάθημα (Νόμος 3966/2011).

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι με τη βοήθεια της διερευνητικής μάθησης σε ένα ευέλικτο πλαίσιο, οι μαθητές μπορούν να εμπεδώσουν αρκετά από τα βασικά στοιχεία για τη φύση των Φυσικών Επιστημών. Ο λόγος που κάποια από αυτά δε μπόρεσαν να τα εμπεδώσουν, μπορεί να σχετίζεται με το γενικότερο πλαίσιο σπουδών με το οποίο διδάσκονται οι μαθητές το μάθημα στη διάρκεια του σχολικού προγράμματος, που ίσως δε δίνει στα συγκεκριμένα στοιχεία την απαιτούμενη έμφαση, σε συνδυασμό με τη δυσκολία απόρριψης των εσφαλμένων αντιλήψεων από τη μεριά των μαθητών (Driver et al. 1996, Abd-El-Khalick et al. 1998, Akerson & Hanuscin, 2007, Cibik 2016).

Πριν γενικευτούν τα συμπεράσματα αυτά, αξίζει να τονισθούν ορισμένοι περιορισμοί αυτής της έρευνας, που εξέτασε ένα συγκεκριμένο ευέλικτο πλαίσιο, ενός συγκεκριμένου σχολείου και ένα συγκεκριμένο δείγμα μαθητών (Cohen et al. 2011).

5. Βιβλιογραφία

ΝΟΜΟΣ 3966/2011. Θεσμικό πλαίσιο των Πρότυπων Πειραματικών Σχολείων, Ίδρυση Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής, Οργάνωση του Ινστιτούτου Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ» και λοιπές διατάξεις. 24 Μαΐου 2011, Αρ. Φύλλου 188.

Akerson, V. L. & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: Results of a 3-year professional development program. *Journal of Research in Science Teaching, 44(5),* 653-680.

Bell, R.L. (2008). *Teaching the nature of science through process skills: Activities for grades 3-8*. New York: Allyn & Bacon/Longman.

Çıbık, A.S. (2016). The effect of project-based history and nature of science practices on the change of nature of scientific knowledge. *International Journal of Environmental and Science Education, 11(4)*, 453-472.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2011). *Research methods in education*. 7th Ed. London: Routledge.

Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Philadelphia: Open University Press

Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Lederman, N. G. (1998). The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural. *Science education*, 82(4), 417-436.

Abd-El-Khalick, F., Lederman, N. G., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire (VNOS): Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, *39(6*), 457-521 Hanuscin, D. L., Lee, M. H. & Akerson, V. L. (2011). Elementary teachers' pedagogical content knowledge for teaching the nature of science. *Science education*, 95(1), 145-167.

Lederman, N.G., (2007). Nature of science: past, present, and future. In S.K. Abell & N.G.

Lederman (Eds), *Handbook of research on science education* (pp. 831-880). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

NGSS. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press. http://www.nextgenscience.org

ΕΝΑΡΜΟΝΙΖΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΧΗΜΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ

Γεώργιος Ρούσσος, Νεκτάριος Μήλιος
Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως πεδίο εφαρμογής τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, συσχετίζοντας την τέχνη της Μουσικής με την επιστήμη της Χημείας. Η μεθοδολογία που προτείνεται και χρησιμοποιήθηκε είναι η μέθοδος των αναλογιών. Το δείγμα ήταν 64 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Οι μαθητές εκτέλεσαν διαμορφωμένο κατάλληλα μουσικό και χημικό πείραμα. Οι αναλογίες που προτάθηκαν και εφαρμόστηκαν ανέδειξαν πρωτότυπους και λειτουργικούς συσχετισμούς. Διαμορφώνεται έτσι ένα εύχρηστο και αποτελεσματικό διδακτικό εργαλείο όπου οι μουσικές αναζητήσεις των μαθητών συμβάλλουν με τρόπο καινοτόμο στη μόρφωσή τους.

Abstract

This paper refers to the teaching of science, correlating the art of Music with the science of Chemistry. The methodology proposed and used is the method of proportions. The sample was 56 secondary school students. They executed appropriately adjusted musical and chemical experiment. The proposed and implemented proportions exhibited original and functional correlations. Thus formed a highly efficient and effective teaching tool where students' musical quests contribute innovatively in their education.

1. Εισαγωγή

Είναι δεδομένο πως σε ένα χημικό φαινόμενο ουσίες «αλληλεπιδρούν», όμως και η Μουσική αποτελεί ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον πεδίο «αλληλεπιδράσεων». Σε μια χημική αντίδραση νέες ουσίες δημιουργούνται, όχι ως διά μαγείας, αλλά υπό την προϋπόθεση πολλές φυσικοχημικές παράμετροι να ικανοποιούνται ταυτόχρονα. Οι «μετρήσιμες» παράμετροι της Μουσικής είναι αυτές που με τη διερεύνηση τους γίνεται εμφανής η αναλογία με τη Χημεία. Η έννοια της αντίδρασης λειτουργεί στο αισθητικό πεδίο ακριβώς όπως στο επιστημονικό και ας μην χρησιμοποιείται ο όρος αυτός καθ' αυτός.

Ο προβληματισμός των συγγραφέων της παρούσας εργασίας αναφορικά με παρατηρήσεις από χημικούς αλλά και από μουσικούς «πειραματισμούς» όπως: «ταιριάζει - δεν ταιριάζει», «πετυχαίνει - δεν πετυχαίνει», «εντυπωσιάζει – δεν εντυπωσιάζει», ενισχύθηκε αφενός από τη θετική ανταπόκριση των μαθητών και αφετέρου από γενικότερα ερωτήματα που προέκυψαν κατά τη διάρκεια υλοποίησης προηγούμενου ερευνητικού εκπαιδευτικού προγράμματος συσχέτισης της Μουσικής με τη Βιολογία, εξελίσσοντας το αρχικό ερευνητικό ερέθισμα και εστιάζοντάς το στη διδακτική της Χημείας.

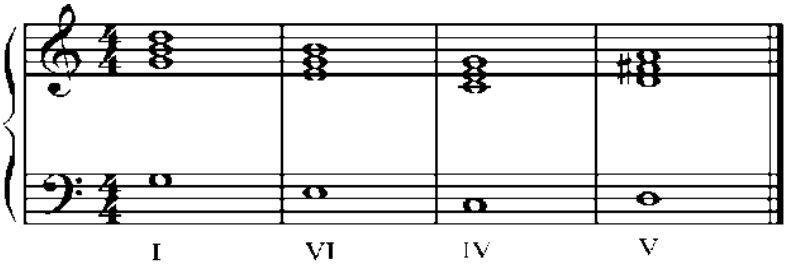
2. Μεθοδολογία

Η διδακτική μεθοδολογία που προτείνεται και χρησιμοποιήθηκε είναι η μέθοδος των αναλογιών (Τσαπαρλής 2000).
Στη Χημεία βασική δομή είναι τα Χημικά Στοιχεία, τα οποία με τους κατάλληλους συνδυασμούς δημιουργούν Χημικές Ενώσεις, οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους κατά τη διάρκεια μιας Χημικής Αντίδρασης.
Πολλές επιστημονικές έννοιες και όροι απαιτείται όχι μόνο να εξηγηθούν, αλλά και να συνδυαστούν ώστε να γίνει η περιγραφή μιας χημικής αντίδρασης. Το εννοιολογικό υπόβαθρο για αυτή την περιγραφή προέρχεται από το σύνολο των Φυσικών Επιστημών και όχι μόνο από τη Χημεία.
Οι μαθητές θα πρέπει να κατανοήσουν πως ακόμα και η γραπτή αποτύπωση μιας χημικής αντίδρασης, δηλαδή η χημική εξίσωση, δεν είναι μια φορμαλιστική διαδικασία αλλά στηρίζεται σε θεμελιώδεις αρχές (Gkitzia et al 2011), όπως για παράδειγμα η αρχή διατήρησης της μάζας, με την οποία οι μαθητές έχουν την πρώτη επαφή στη Β' τάξη του Γυμνασίου.
Στη Μουσική βασική δομή είναι οι Νότες οι οποίες όταν ακούγονται ταυτόχρονα δημιουργούν Συνηχήσεις (συγχορδίες) οι οποίες όταν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αποτελούν την Αρμονία (Piston 1987).
Ένας ήχος μόνος του συνήθως δεν λέει τίποτα, δεν μπορεί να προκαλέσει ή να διεκδικήσει το αισθητικό μας ενδιαφέρον. Ένας ήχος όμως συνηχώντας μαζί με άλλους μπορεί να δημιουργήσει πολλές και διαφορετικές αισθητικές εντυπώσεις και ποικίλα συναισθήματα στον ακροατή. Οι συνδυασμοί των συνηχήσεων θεωρητικά είναι άπειροι, ωστόσο δεν λειτουργούν όλοι το ίδιο καλά στο αισθητήριο μας. (Machlis 1977)
Η διδακτική εφαρμογή της πρότασης εστίασε στο ζεύγος χημική αντίδραση – αρμονικές συνδέσεις:

Α. Χημικό Πείραμα
Αντίδραση μετάλλων με αραιά υδατικά διαλύματα HCl (ίδιας συγκέντρωσης) και συγκεκριμένα μαγνησίου, χαλκού, σιδήρου. Οι μαθητές εκτέλεσαν τα πειράματα και κατέγραψαν τις παρατηρήσεις τους σχετικά με το αν θεωρούν ότι πραγματοποιήθηκε χημική αντίδραση ή όχι, καθώς και για την ένταση του χημικού φαινομένου σε κάθε περίπτωση.

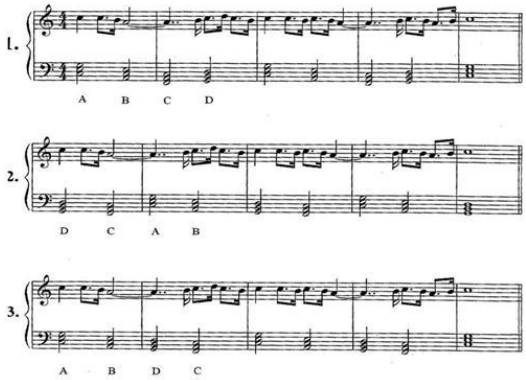
Β. Μουσικό Πείραμα
Εκτέλεση και ακουστική συγκεκριμένης σειράς συγχορδιών που αποτελεί χαρακτηριστικό αρμονικό υπόβαθρο δηλαδή συνοδεύει, πολλές γνωστές μελωδίες (όπως το γνωστό τραγούδι *Stand by me,το οποίο και χρησιμοποιήθηκε*).

Εικόνα 1: Σειρά συγχορδιών



Διαφοροποιήθηκε όμως η σειρά κατά την ακουστική διαδικασία και συγκεκριμένα δημιουργήθηκε και αξιοποιήθηκε το παρακάτω φύλλο εργασίας, για το μουσικό πείραμα.

Εικόνα 2: Μουσικό πείραμα



α) Ακούστε προσεκτικά τη μελωδία

β) Ακούστε προσεκτικά τις 4 συγχορδίες που θα την συνοδέψουν (A-B-C-D)

γ) Ακούστε τις 3 διαφορετικές αλληλουχίες συγχορδιών χωρίς τη μελωδία
A –B – C – D
D – C – A – B
A – B – D – C
Ποια σας αρέσει περισσότερο;
Αισθάνεστε ότι κάποια σειρά ακούγεται πιο σωστή;

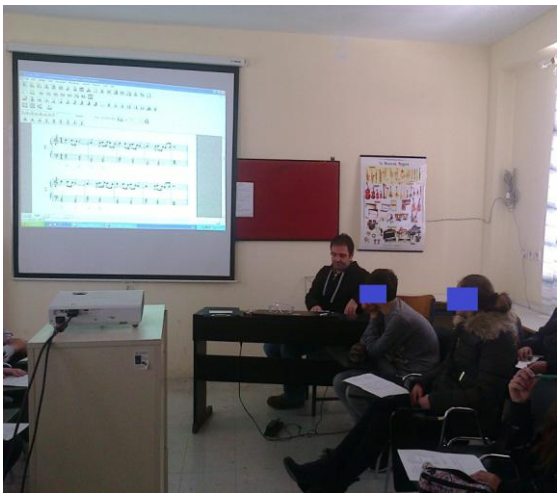
δ) Ακούστε τη μελωδία με τις 3 διαφορετικές αλληλουχίες συγχορδιών
συνδυασμός 1 (ή «ανάμειξη» 1)
συνδυασμός 2
συνδυασμός 3
Συγκρίνετε ανά ζεύγη τους συνδυασμούς
1 – 2
2 – 3
1 – 3
Ποιο σας ακούγεται πιο «σωστό» και για ποιο λόγο δηλαδή τι αίσθηση σας αφήνει η κάθε ακρόαση (χωρίς μουσικούς όρους);
Τελικά ποιος από τους 3 συνδυασμούς σας άρεσε περισσότερο και για ποιο λόγο;

ε) Αντιστοιχίστε τις παρατηρήσεις σας (χημικά πειράματα-μουσικές ακροάσεις)

Οι 64 μαθητές (σε τετράδες) εκτέλεσαν με ιδιαίτερο ενδιαφέρον όλα τα πειράματα και συνέκριναν ως προς την επιτυχία του αποτέλεσματος ανεξάρτητα κάθε χημικό και μουσικό πείραμα. Στη συνέχεια διατύπωσαν τις απόψεις και τις αντιστοιχίες των παρατηρήσεων τους μεταξύ χημικού και μουσικού πειράματος δίχως να χρησιμοποιήσουν χημική ή μουσική ορολογία.

Εικόνα 3: Οι μαθητές 'πειραματίζονται' χημικά

Εικόνα 4: Οι μαθητές 'πειραματίζονται' μουσικά



3. Αποτελέσματα

Οι αναλογίες αποδείχτηκαν λειτουργικά εύστοχες. Στους μαθητές δόθηκαν προς προβληματισμό τα ρήματα αλληλεπιδρώ και ταιριάζω και από την αποκωδικοποίηση των απαντήσεων τους φαίνεται να ανακαλύπτουν ότι κάποιες ουσίες/συγχορδίες αλληλεπιδρούν και ταιριάζουν, κάποιες άλλες όχι, ενώ το αποτέλεσμα δεν είναι το ίδιο αισθητό σε κάθε συνδυασμό.

4. Συμπεράσματα

Η διεπιστημονική και διαθεματική προσέγγιση αποτελεί βασικό ζητούμενο ενός σύγχρονου αναλυτικού προγράμματος σπουδών και η πρόταση που παρουσιάζεται και εφαρμόστηκε είναι συμβατή με τις απαιτήσεις αυτές.
Στην έννοια της αλληλεπίδρασης κρύβεται η γοητεία της Μουσικής και η μαγεία της Χημείας. Η «εναρμόνισή» τους μέσω της διδακτικής μεθόδου που εφαρμόστηκε, αποδείχτηκε εποικοδομητική αναδεικνύοντας πρωτότυπους και λειτουργικούς συσχετισμούς. Διαμορφώνεται έτσι ένα εύχρηστο και αποτελεσματικό διδακτικό εργαλείο όπου οι μουσικές αναζητήσεις των μαθητών δύνανται να συμβάλλουν με τρόπο καινοτόμο στη μόρφωσή τους.

5. Βιβλιογραφία

Τσαπαρλής Γ. (επιμελητής εκδόσεως) (2000). Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Διδακτική της Χημείας, Θέματα σε Μεταπτυχιακό επίπεδο

Gkitzia, V., Salta, K. & Tzougraki, Chr. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 12 (1), 5-1

Machlis J. (1977) *The enjoyment of Music.* London: Norton

Piston W. (1987) *Harmony.* London: Norton

ΠΑΙΧΝΙΔΙΑ ΠΟΥ ΠΗΓΑΙΝΟΕΡΧΟΝΤΑΙ ΜΕ ΛΑΣΤΙΧΑΚΙΑ, ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΗ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νεκτάριος Τσαγλιώτης
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Σε μια προσέγγιση της ενέργειας «αλλαγή – μεταφορά (αποθηκευμένη δυναμική - κινητική) – υποβάθμιση» για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση, διατυπώνεται ο ισχυρισμός ότι παιχνίδια με λαστιχάκια που πηγαινοέρχονται μπορούν να βοηθήσουν σημαντικά στην κατανόηση αρχικών πτυχών της έννοιας. Μέσα από την ενασχόληση των παιδιών με τα παιχνίδια τους, διαπιστώνεται ότι «η ενέργεια είναι που τα κάνει να πηγαίνουν», αλλά επίσης ότι «η ενέργεια είναι που τα κάνει και να σταματούν». Ο αυξημένος βαθμός οικειοποίησης φαίνεται να οδηγεί σε ιδιοποίηση και δέσμευση *πάνω* και *μέσα* στην κατασκευή των παιχνιδιών, να εντείνει το ενδιαφέρον των παιδιών σε ένα εποικοδομητικό περιβάλλον διδασκαλίας και μάθησης.

Abstract

Approaching energy through a framework of "change – transfer (stored potential-kinetic) – degradation" for primary science education, it is claimed that rubber band toys, which wind up and come and go as they move, may significantly facilitate the understanding of initial aspects of the concept. Children playing with their toys find out that "energy makes them go", but also "energy makes them stop". It appears that through an increased degree of ownership and commitment on the construction toys, children's interest appears to be triggered, within a constructive and fruitful teaching and learning environment.

1. Εισαγωγή

Έχει αναφερθεί εκτενώς σε μελέτες, ότι η έννοια «ενέργεια» είναι από τη φύση της μια αφηρημένη έννοια, δύσκολη στη διδακτική και μαθησιακή της προσέγγιση (Chen *et al.* 2014, Leggett 2003, Williams & Reeves 2003, Κολιόπουλος 1997 & 2014). Η εύρεση δημιουργικών τρόπων νοηματοδότησης συγκεκριμένων και καθοριστικών χαρακτηριστικών της έννοιας «ενέργεια», φαίνεται να είναι μια διαρκής πρόκληση στο έργο των εκπαιδευτικών (πρβλ. Κολιόπουλος 2000 & 2014). Έχει διατυπωθεί η ιδέα ότι η ενέργεια μπορεί να ειδωθεί ως ένα «οιονεί υλικό» (quasi-material), κάτι σαν μια ουσία που ρέει νοητά, μεταφέρεται από τόπο σε τόπο, παρά ως ένας αριθμητικός υπολογισμός που δεν αναφέρεται σε τίποτε το «πραγματικό» (Duit 1987, Duit & Haeussler 1994, Millar 2005). Αν φανταστούμε δύο αντικείμενα Α και Β που αλληλεπιδρούν μέσα σε μια διαδικασία με κάποιο τρόπο και η ενέργεια του Α μειώνεται ενώ η ενέργεια του Β αυξάνεται, τότε μπορούμε να αποδώσουμε ένα νόημα σε «κάτι» (ενέργεια) που μεταφέρεται από το Α στο Β. Έτσι, αναπτύσσουμε ένα μοντέλο ενέργειας που μπορεί να ειδωθεί ως μια «οιονεί ουσία» που ρέει από τόπο σε τόπο, αποδίδοντας σταδιακά ένα νόημα και στη συνολική διατήρηση της ενέργειας (Millar, 2005). Έχουμε βέβαια πάντοτε υπόψη μας, ότι αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι ένα λειτουργικό

μοντέλο για την κατανόηση της έννοιας, το οποίο δεν συνάδει ακριβώς με τις επιστημονικές ιδέες για την ενέργεια και θα πρέπει να προσέξουμε τη χρήση του στο πλαίσιο της σχολικής τάξης. Ωστόσο, φαίνεται μάλλον αδύνατο να πραγματευτούμε με απλό τρόπο την έννοια ενέργεια χωρίς να χρησιμοποιήσουμε μια τέτοια ιδέα, ενώ μάλιστα έχει διατυπωθεί ο ισχυρισμός ότι δεν αποτελεί σοβαρό εμπόδιο για μια μετέπειτα εξέλιξη της κατανόησης της έννοιας με μεγαλύτερη επιστημονική ακρίβεια (Chen *et al.* 2014, Kaper & Goedhart 2002).
Εφόσον χρησιμοποιήσουμε ένα μοντέλο προσέγγισης της ενέργειας, ως κάτι που μπορεί να αποθηκεύεται σε διαφορετικούς τόπους (με διάφορους τρόπους) και να «ρέει» (μεταφέρεται) από τόπο σε τόπο, τότε φαίνεται πολύ ελκυστικό να αποδώσουμε χαρακτηρισμούς στις διάφορες «μορφές» που μπορεί να πάρει η ενέργεια. Αυτή η προσέγγιση των «μορφών ενέργειας» έχει γίνει αντικείμενο πολλών συζητήσεων και έχει διατυπωθεί η κριτική ότι οι μαθητές μένουν σε ένα πλαίσιο «ψευτο-ποιοτικής προσέγγισης» και μαθαίνουν να αποδίδουν με ετικέτες διάφορους χαρακτηρισμούς για την ενέργεια, κάτι που προσθέτει ελάχιστα στη βαθύτερη κατανόηση της έννοιας (Duit & Haeussler, 1994). Ακόμα, υπάρχει κριτική στο ότι εστιάζεται η προσοχή των μαθητών στα διάφορα σημεία που αλλάζει «μορφή» η ενέργεια, παρά στις διαδικασίες με τις οποίες η ενέργεια μεταφέρεται από ένα αντικείμενο ή σύστημα σε ένα άλλο (Chen *et al.* 2014, Millar 2005). Όμως, έχει διατυπωθεί η άποψη ότι η «γλώσσα των μορφών ενέργειας» θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως μια «ενδιάμεση γλώσσα» στο δρόμο προς τη θερμοδυναμική, εφόσον τηρηθούν κάποιοι κανόνες συνέπειας και δοθεί έμφαση στις διαδικασίες αλλαγής από τη μία «μορφή» στην άλλη (Kaper & Goedhart 2002).
Μια επίσης σημαντική πτυχή της ενέργειας, η οποία σχετίζεται άμεσα με καθημερινές εμπειρίες είναι η έννοια «υποβάθμιση» της ενέργειας, η οποία συχνά προσεγγίζεται διδακτικά πριν από την έννοια «διατήρηση» (Duit 1994, Pintó *et.al.* 2000). Άλλωστε, η έννοια «διατήρησης της ενέργειας» φαίνεται να γίνεται πιο κατανοητή στους μαθητευόμενους όταν πραγματεύεται παράλληλα με την έννοια της υποβάθμισης και ενδεχομένως ακόμα καλύτερα όταν η τελευταία προηγείται (Duit 1986 & 1994, Solomon 1992, Pintó *et.al.* 2000). Κατά τη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία είναι σημαντικό να επιλέγονται κατάλληλες δραστηριότητες και πειραματισμοί που να διευκολύνουν την κατανόηση πτυχών της έννοιας «ενέργεια», όπως έχουν επισημανθεί παραπάνω, ιδιαίτερα για τα παιδιά του δημοτικού σχολείου. Αυτό μπορεί να συνδυαστεί με μια προσέγγιση χρησιμοποίησης απλών κατασκευών και παιχνιδιών κατά τη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία της έννοιας «ενέργεια», μέσα σε ένα οικείο και προσφιλές περιβάλλον, που προσιδιάζει στην καθημερινή ζωή και κουλτούρα των παιδιών (Fatonby 2005, Taylor 1998).

2. Μεθοδολογία

Τέτοια παιχνίδια που πηγαινοέρχονται με λαστιχάκια, τα οποία μπορούν να συζητηθούν σύμφωνα με το παραπάνω πλαίσιο εννοιολόγησης της ενέργειας, εκτείνονται από παραδοσιακά μέχρι πιο σύγχρονα (Rigsby 2006, Seimears 2010). Μέσα από τις διαδικασίες κατασκευής τους, αναπτύσσονται δεξιότητες διερεύνησης και δημιουργικής έκφρασης, με τέχνη και φαντασία. Κάθε παιδί δύναται να κατασκευάσει το δικό του παιχνίδι, διότι τα υλικά είναι χαμηλού κόστους και εύκολα στη χρήση τους, αν και οι κατασκευές σε ομάδες διατηρούν τα δικά τους πλεονεκτήματα συλλογικότητας και συνεργασίας. Τα παιδιά παίρνουν τα παιχνίδια στο σπίτι, παίζουν μαζί τους και εξοικειώνονται, τα ανασκευάζουν βελτιώνοντάς τα και επιστρέφουν στο σχολείο με τις δικές τους εκδοχές κατασκευής, προσεγγίζοντας βιωματικά και ιδιοσυγκρασιακά τις έννοιες και τις ερμηνείες πίσω από τα παιχνίδια, με ένα αυξημένο βαθμό οικειοποίησης και ετοιμότητας για περαιτέρω συζήτηση στην τάξη. Ακόμα, τους δίνουν δικά τους ευφάνταστα και πολυσύνθετα ονόματα, με μια

λειτουργική ευρηματικότητα δηλώσεων όπως: «πηγαινοενεργειάκιας», «πηγαινοερχάκιας», «λαστιχοκαταμαράν» «χαρτολαστιχοαυτοκίνητο» «ελικολαστιχοκαταμαράν» κ.ά.
Τα προτεινόμενα παιχνίδια έχουν κατασκευαστεί πολλές φορές με παιδιά των δύο τελευταίων τάξεων του δημοτικού τα τελευταία 15 χρόνια, τουλάχιστον, ενώ παράλληλα έχουν αποτελέσει αντικείμενο επιμόρφωσης και συζήτησης με εκπαιδευτικούς της αντίστοιχης βαθμίδας (Τσαγλιώτης 2015). Τα παιχνίδια έχουν συχνά τη δική τους μακρόχρονη ιστορία, τόσο ως κλασικά, όσο και μέσα στην πολυετή συνεχή τους κατασκευή μέσα στις τάξεις με τα παιδιά και τους εκπαιδευτικούς. Συχνό είναι το φαινόμενο της βελτίωσής τους, που αναδύεται από τις ιδέες των κατασκευαστών τους, *μέσα* στην πράξη και *πάνω* στην πράξη. Άλλωστε, η διαδρομή από την απλή στην απλούστερη και συχνά πιο λειτουργική κατασκευή, προϋποθέτει νοητική αφαίρεση και δημιουργική σύνθεση καταστάσεων και εννοιών.

Εικόνα 1: Εξέλιξη του παιχνιδιού «πηγαινάκιας», από τα ξύλινα καρούλια με το κερί και το ξυλάκι στα ποτήρια και στους διάφανους κυλίνδρους με καπάκια, λαστιχάκι, χάντρα και καλαμάκι.

Εικόνα 2: Παιχνίδι «πηγαινοερχάκιας», από τα μεταλλικά κυλινδρικά κουτιά, στα μπουκάλια, στα πλαστικά βάζα, στα κεσεδάκια και στους διάφανους κυλίνδρους με καπάκια.

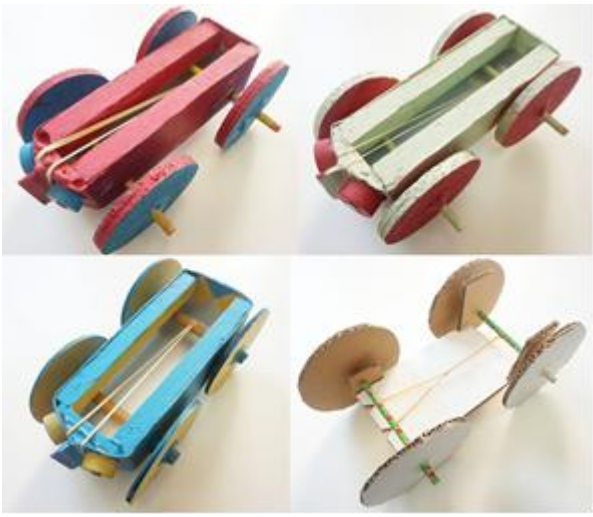
Στα παιχνίδια «πηγαινάκιας» και «πηγαινοερχάκιας» (βλ. Εικ. 1 και Εικ. 2 αντίστοιχα), δύο μάλλον παραδοσιακά παιχνίδια, αποκτούν νέα εμφάνιση και κατασκευαστική εκδοχή με απλούστερα υλικά και καλύτερη ενεργειακή απόδοση. Η αρχική εκδοχή του «πηγαινάκια» με το (ξύλινο) καρούλι, το λαστιχάκι, το ξυλάκι (σπίρτο ή μολύβι) και το κερί ή σαπούνι για τη μείωση των τριβών και της ενεργειακής υποβάθμισης του παιχνιδιού, δίνει τη θέση της σε μια κατασκευή με σύγχρονα υλικά, με ένα διάφανο πλαστικό κύλινδρο, ο οποίος σφηνώνει με ένα τεντωμένο λαστιχάκι ανάμεσα σε δύο καπάκια από κεσεδάκια και έχει ένα πλαστικό καλαμάκι για οδηγό, ενώ η ελαχιστοποίηση των τριβών επιτυγχάνεται με τη χρήση μιας χάνδρας (πρβλ. http://efepereth.wikidot.com/rubber-band-rollers). Αντίστοιχα, στον «πηγαινοερχάκια», η αρχική και μάλλον μυστηριώδης εκδοχή της κατασκευής του, με το μεταλλικό κυλινδρικό κουτί που περιέργως πηγαινοέρχεται μέχρι να σταματήσει, δίνει τη θέση της σε διάφανα πλαστικά μπουκάλια ή βάζα, κεσεδάκια δεύτερης χρήσης με τα καπάκια τους και σε πλαστικούς κυλίνδρους με το «κρίσιμο βαρίδι» να είναι ένα περικόχλιο δεμένο στο τεντωμένο λαστιχάκι, που συγκρατείται με δύο οδοντογλυφίδες στα εξωτερικά καπάκια (πρβλ. http://efepereth.wikidot.com/rolling-back-toys). Ενδεχομένως, για διδακτικούς λόγους, μπορούμε να κατασκευάσουμε όλες τις διαθέσιμες εκδοχές των παιχνιδιών αυτών και να τα συζητήσουμε ενεργειακά στην τάξη, εξετάζοντας ή/και βελτιώνοντας την απόδοσή τους.

Εικόνα 3: Κατασκευή του «λαστιχοκαταμαράν» και δοκιμές υδροδυναμικής πλεύσης του

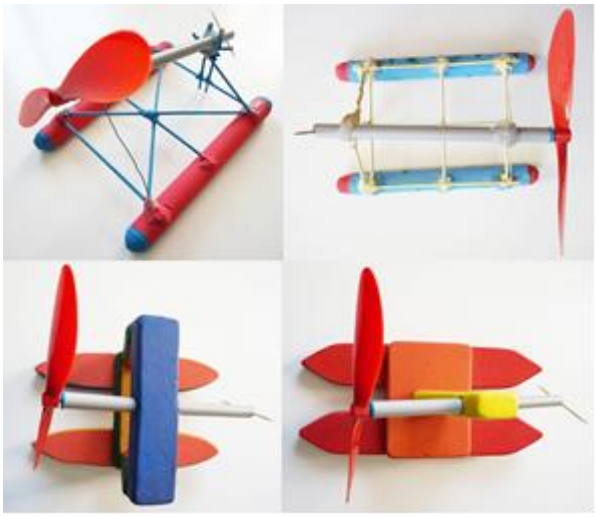
Εικόνα 4: Παιδιά κατασκευάζουν & βελτιώνουν ενεργειακά το παιχνίδι τους στην τάξη.

Όμοια, το «λαστιχοκαταμαράν» είναι μια εύκολη κατασκευή χαμηλού κόστους για τη συζήτηση της ενέργειας στην τάξη, με ένα διασκεδαστικό και παιγνιώδη τρόπο (πρβλ. http://efepereth.wikidot.com/rubber-band-catamarans). Μια λωρίδα μπλε φελιζόλ DOW (60x2x2,5 εκ. περίπου) μετατρέπεται σε ένα καταμαράν με δύο πλευστήρες 20 εκ. και δύο κόντρα στηρίγματα 10 εκ., τα οποία συναρμολογούνται με κομμάτια οδοντογλυφίδων, ενώ ένα λεπτότερο κομμάτι φελιζόλ, ή ένα κομμάτι λεπτό ξυλάκι (π.χ. από γλωσσοπίεστρο) χρησιμοποιείται για το κουπί, το οποίο τυλίγεται μέσα στο τεντωμένο λαστιχάκι (βλ. Εικ. 3). Τα παιδιά δουλεύουν ομαδικά, καθένα κατασκευάζει το δικό του «λαστιχοκαταμαράν» και συνεργάζονται αντιμετωπίζοντας το πρόβλημα της καλύτερης ενεργειακής του απόδοσης, μέσα από τη διαμόρφωση υδροδυναμικού σχήματος, λειαίνοντας με γυαλόχαρτο τους πλευστήρες του και δοκιμάζοντας στην πράξη τις κατασκευές τους (βλ. Εικ. 4).

Εικόνα 5: Κατασκευές οχημάτων με ρόδες που κινούνται με λαστιχάκια.



Εικόνα 6: «Ελικολαστιχοκαταμαράν» με πλευστήρες από φελιζόλ ή πλαστικούς σωλήνες.



Οι ιδέες για κατασκευή παιχνιδιών-οχημάτων «με κινητήρα από λάστιχο» (Εικ. 5) και με σασί από ανακυκλώσιμα υλικά χρήσης (π.χ. χάρτινες συσκευασίες, μπουκάλια κλπ.) ή χαρτόνι και με κυκλικούς τροχούς από σουβέρ φελλού κ.ά., είναι πολύ ενδιαφέρουσες για τα

παιδιά και συχνά επιδίδονται με αφοσίωση και δέσμευση στη δημιουργία τους (πρβλ. http://efepereth.wikidot.com/rubber-band-toycars). Το ίδιο και οι κατασκευές «ελικολαστιχοκαταμαράν» με πλευστήρες από φελιζόλ ή/και πλαστικούς σωλήνες και έλικες αερομοντελισμού (http://efepereth.wikidot.com/rubber-band-propeller-toys). Συχνά επίσης, αποτελούν ενδιαφέροντα σχέδια εργασίας (projects), που επεκτείνονται και παρουσιάζονται σε εκθέσεις και *«πανηγύρια της επιστήμης»* (Tsagliotis 2008).

3. Αποτελέσματα

Μέσα από μια προσέγγιση διαμόρφωσης και βελτίωσης των παιχνιδιών, ώστε να γίνουν ενεργειακά πιο αποδοτικά και να πηγαίνουν ή/και να πηγαινοέρχονται πιο γρήγορα, πιο εύκολα και η κίνησή τους να διαρκεί περισσότερο χρόνο, τα παιδιά καλούνται να αντιμετωπίσουν ζητήματα και ερωτήματα με αυθεντικότητα, που εμπλέκουν έννοιες και ερμηνείες πάνω σε φαινόμενα και καταστάσεις. Με αυτή την προσέγγιση, φαίνεται να εμβαθύνουν στους συλλογισμούς τους, προσπαθώντας να ανταποκριθούν στις προκλήσεις των περιστάσεων που προκύπτουν δυναμικά, στην πορεία εξέλιξης των παιχνιδιών τους.
Έτσι, η ενέργεια αποθηκεύεται κάθε φορά στο λαστιχάκι, που είναι τεντωμένο, τυλιγμένο ή «στρουφιγμένο» (με διάφορους τρόπους και παραμέτρους) και στη συνέχεια η ενέργεια αλλάζει και «μετατρέπεται» σε κινητική ενέργεια και τα παιχνίδια μετακινούνται και προχωρούν. Αυτή η αλλαγή μπορεί να συμβεί και πολλές φορές (5-7), όπως στην περίπτωση του «πηγαινοερχάκια», όπου παρατηρούμε ότι η διαδρομή του μειώνεται σταδιακά μέχρι που σταματά, όπως και όλα τα άλλα παιχνίδια κάποια στιγμή σταματούν. Η ενέργεια υποβαθμίζεται και γίνεται θερμότητα (κατά μία έννοια «αχρηστεύεται»), εκεί όπου υπάρχουν τριβές (στο λαστιχάκι, στα καπάκια, στις χάνδρες, στους έλικες, στους τροχούς, στο κουπί και στην επαφή με το νερό κλπ.), η οποία διασκορπίζεται στο περιβάλλον και «δεν μπορούμε εύκολα» να την «κάνουμε κίνηση» για τα παιχνίδια. Η ενέργεια κάνει τα παιχνίδια να πηγαίνουν (δυναμική-κινητική ενέργεια), αλλά η ενέργεια τα κάνει επίσης να σταματούν (όταν υποβαθμίζεται σε θερμότητα, εκεί όπου υπάρχουν τριβές). Για τη μείωση των τριβών και της αύξηση της ενεργειακής απόδοσης των παιχνιδιών, τα παιδιά καλούνται να λύσουν μια σειρά κατασκευαστικών προβλημάτων που αφορούν τα παιχνίδια τους, π.χ. να εξετάσουν και να διαμορφώσουν τα σχήματα των παιχνιδιών τους καθώς και των διαφόρων μερών τους (κύλινδροι, τροχοί, υδροδυναμικοί πλευστήρες, σασί κλπ.) καθώς και «βάρος» τους σε σχέση με τον τρόπο κίνησής τους, ή/και επιπλέον ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της συνολικότερης δομής τους, που ενδέχεται να αυξάνουν τις ενεργειακές απώλειες, οι οποίες πρέπει να μειωθούν στην πράξη, με συγκεκριμένες παρεμβάσεις και βελτιώσεις.

4. Συμπεράσματα

Η πρόκληση για την εκπαιδευτική διαδικασία έγκειται στην (ολοένα) απλούστερη κατασκευή των παιχνιδιών με συνήθη υλικά και στη συζήτηση των γεφυρωτικών εννοιολογικών ερμηνειών, ώστε να αυξάνεται ο βαθμός αυθεντικότητας και εξοικείωσης με έννοιες, φαινόμενα και αντικείμενα, κυρίως από τη σκοπιά των παιδιών, κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης *των δικών τους* παιχνιδιών (ιδιοποίηση). Εφόσον αυτό συνδυαστεί παράλληλα με διερευνήσεις στην τάξη, φαίνεται ότι συνάμα αυξάνει την προσήλωση και τη δέσμευση στην κατασκευή, μέσα από τον αυτοσχεδιασμό, τη δημιουργικότητα και την πολυμορφία της έμπνευσης. Προσδίδεται έτσι μία διαφορετική, περισσότερο χειροπιαστή και οικεία, προσέγγιση εννοιολόγησης της «ενέργειας», μέσα από τη διερεύνηση της λειτουργίας των παιχνιδιών, τη συζήτηση στην τάξη με την ανάδειξη των ερωτημάτων, των συλλογισμών και των επιχειρημάτων, μέσα από την έμπρακτη εφαρμογή και τον έλεγχό τους στην πράξη.

5. Βιβλιογραφία

Κολιόπουλος, Δ. (1997). *Επιστημολογικές και διδακτικές διαστάσεις των διαδικασιών συγκρότησης αναλυτικού προγράμματος: η περίπτωση του διδακτικού μετασχηματισμού της έννοιας της ενέργειας.* Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Κολιόπουλος, Δ. (2000). Σχεδιάζοντας και αξιολογώντας ένα αναλυτικό πρόγραμμα για την ενέργεια: μια εποικοδομητική προσέγγιση. Στο Κόκκοτας Π. [επιμ.] *Διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες – Σύγχρονοι προβληματισμοί*. Αθήνα: Τυπωθήτω, σσ. 339-364.

Κολιόπουλος, Δ. (2014). *Η ενέργεια στην εκπαίδευση*. Αθήνα: Εκδόσεις Ίων.

Τσαγλιώτης, Ν. (2015).Από την έρευνα και ανάπτυξη του διδακτικού περιεχομένου στην ενδοσχολική επιμόρφωση των εκπαιδευτικών: η περίπτωση του Εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών στο 9^{ο} Δημοτικό Σχολείο Ρεθύμνου. Στα Πρακτικά του 1^{ου} Πανελλήνιου Επιστημονικού Συνεδρίου με θέμα: *«Το Σύγχρονο Σχολείο μέσα από το πρίσμα των Ανθρωπιστικών και Κοινωνικών Επιστημών: από τη θεωρία στην καθημερινή πρακτική»*, (ΙΑΚΕ), Ηράκλειο, 24-26 Απριλίου.

Chen, R.F., Eisenkraft, A., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., Nordine, J.C., Scheff, A. (Eds.). (2014). *Teaching and Learning of Energy in K-12 Education*. New York: Springer.

Duit, R. (1987). Should energy be illustrated as something quasi-material? *International Journal of Science Education*, Vol. 9(2), pp. 139-145.

Duit, R. & Haeussler, P. (1994). Learning and teaching energy. In. Fensham, P, Gunstone, R & White R. (eds.). *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*, London: The Falmer Press, pp. 185-200.

Featonby, B. (2005). Toys and Physics. *Physics Education*, 40(6), pp. 337-343.

Kaper, W. & Goedhart, M. (2002). 'Forms of energy', an intermediary language on the road to thermodynamics? Part I. *International Journal of Science Education*, 24(1), pp. 81-96.

Leggett, M. (2003). Lessons that non-scientists can teach us about the concept of energy: a human-centered approach. *Physics Education*, Vol. 38(2), pp. 130-134.

Millar, R. (2005). *Teaching about energy*. Research paper 2005/11, Department of Educational Studies, University of York.

Pintó, R., Gutierrez, R. & Couso, D. (2000). *Teaching about energy degradation*. Report on Work package 5. Spain, Science Teacher Training in an Information Society (STTIS), DG Research (Contract SOE2 CT97 2020).

Rigsby, M. (2006). *Amazing rubber band cars: Easy-to-build wind-up racers, models, and toys*. Chicago: Chicago Review Press.

Seimears, C.M. (2010). Hey students, that can is full of energy! *Science Activities*, 47, pp. 58-62.

Solomon, J. (1992). *Getting to know about energy in school and society.* London: The Falmer Press.

Taylor, B.A.P. (1998). *Exploring Energy with Toys: Complete Lessons for Grades 4-8*. National Science Foundation: Learning Triangle Press.

Tsagliotis, N. (2008). Hands-on science activities for the teaching and learning of mechanical energy with 6th grade primary school children in Greece. In Costa, MFP., Dorio, JBV., Michaelides, P. & Divjak S. [eds.]. *Selected papers on Hands-on Science*. HSci Network, Braga, Portugal, pp. 193-200.

Williams, G. & Reeves, T. (2003). Another go at energy. *Physics Education*, Vol. 38(2), pp. 150-155.

ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΑΡΧΑΝΩΝ - ΡΟΥΒΑ - ΓΟΥΒΩΝ

Ειρήνη Δερμιτζάκη[1], Άννα Μαρτιμιανάκη[2], Ελένη Φανιουδάκη[2], Παρθένα Μαυρογενίδου[3], Μαρία Σφακιανάκη[2]

[1]ΚΠΕ Αρχανών
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[3]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι η παρουσίαση διδακτικών εφαρμογών που άπτονται των φυσικών επιστημών και οι οποίες περιλαμβάνονται στα εκπαιδευτικά προγράμματα και σε δράσεις επιμόρφωσης εκπαιδευτικών που σχεδιάζει και υλοποιεί το Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Κ.Π.Ε.) Αρχανών. Η βιολογία, η φυσική, η χημεία και η γεωλογία συνδράμουν καθοριστικά στη διαμόρφωση δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τη βιοποικιλότητα της περιοχής, την εξοικονόμηση ενέργειας, τη μελέτη ποιότητας υδάτινων οικοσυστημάτων, την προετοιμασία για την αντιμετώπιση σεισμικού κινδύνου, αλλά και τις παραδοσιακές καλλιέργειες του αμπελιού και της ελιάς, με στόχο την ευαισθητοποίηση μαθητών και εκπαιδευτικών σε θέματα αειφορικής διαχείρισης του περιβάλλοντος.

Abstract

This paper aims at presenting the educational activities of science, referred in the educational programs for students and training courses for teachers, as they are planned and implemented by the Environmental Center of Education in Archanes. Accordingly, as far as sciences (Biology, Physics, Chemistry and Geology) are concerned, significant contribution is given to the configuration of activities referring to local biodiversity, quality studying of aquatic ecosystems, energy saving, seismic protection and the traditional cultivating of olive trees and grapes. Furthermore, it is mainly attempted for the students and teachers to raise awareness in matters of sustainable development.

1. Εισαγωγή

Τα Κέντρα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στην Ελλάδα αποτελούν δομή της Δημόσιας Εκπαίδευσης και υλοποιούν εκπαιδευτικά προγράμματα που στηρίζονται στις αρχές της βιωματικής και συνεργατικής μάθησης και τα οποία σχεδιάζονται με βάση τη διαθεματικότητα. Ως συνεργατική μάθηση ορίζεται η μαθησιακή διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές συμμετέχουν σε ομαδικές δραστηριότητες που έχουν ξεκάθαρα προσδιοριστεί, χωρίς την άμεση καθοδήγηση και εποπτεία του εκπαιδευτικού (Cohen 1994). Στόχος της βιωματικής μάθησης είναι να φέρει τον μαθητή σε άμεση επαφή με το αντικείμενο μάθησης μέσα από την έρευνα, την εργασία πεδίου, την παρατήρηση, τις συνεντεύξεις, τα παιχνίδια ρόλων κ.ά. (Δεδούλη 2002). Το πεδίο χρησιμοποιείται ως βασικό εκπαιδευτικό εργαλείο στα

εκπαιδευτικά προγράμματα του Κ.Π.Ε. Αρχανών, καθώς το περιβάλλον δίνει σημαντικές ευκαιρίες για την εισαγωγή νέων εννοιών οι οποίες συνδέονται ή πηγάζουν από αυτό (Carlsen 2001, Dillon et al. 2002). Μια σειρά πειραματικών δραστηριοτήτων πραγματοποιούνται στο πεδίο, οι οποίες μπορεί να είναι αποτελεσματικές στο να βοηθήσουν τους μαθητές να οικοδομήσουν τη νέα γνώση (Högström et al, 2010), διαδραματίζοντας σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση των μαθητών αφού ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι μπορεί να συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (Καζοπούλου, Σκουμιός 2016). Παράλληλα, δίνεται η δυνατότητα για την καλύτερη επίτευξη των στόχων της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Π.Ε.) σχετικά με την ανάπτυξη περιβαλλοντικά μορφωμένων πολιτών μέσω της γνωριμίας των μαθητών με το φυσικό περιβάλλον και την ευαισθητοποίηση τους στην προστασία του.

2. Μεθοδολογία

Τα βασικά στάδια υλοποίησης των εκπαιδευτικών προγραμμάτων του Κ.Π.Ε. Αρχανών είναι τα εξής: παιχνίδια γνωριμίας και χωρισμός ομάδων, θεωρητική προσέγγιση του θέματος, μελέτη πεδίου, κατασκευές και αξιολόγηση του προγράμματος από εκπαιδευτικούς και μαθητές. Στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα «Η Βιοποικιλότητα στην περιοχή μας» (Δερμιτζάκη κ. ά. 2017) οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα παίζοντας κινητικά παιχνίδια που πραγματεύονται το ταξίδι των μεταναστευτικών πουλιών να έρθουν σε επαφή με έννοιες της βιολογίας, όπως η τροφική αλυσίδα και η βιοσυσσώρευση. Ως πεδίο χρησιμοποιείται ο λόφος Φουρνί που βρίσκεται 15 km νότια του Ηρακλείου, στους πρόποδες του όρους Γιούχτα, ο οποίος εντάσσεται στο δίκτυο των περιοχών Natura 2000 και έχει χαρακτηριστεί ως Ειδική Ζώνη Διατήρησης (Ε.Ζ.Δ. GR 4310002) και Ζώνη Ειδικής Προστασίας (Ζ.Ε.Π. GR 4310010) (Σακελλάρη 2015). Οι μαθητές ανηφορίζουν ένα μονοπάτι που αποτελεί τμήμα του ευρωπαϊκού μονοπατιού Ε4, ξεκινάει από τις Άνω Αρχάνες και οδηγεί στο μινωικό νεκροταφείο στο Φουρνί (Σακελλαράκης 1991). Κατά την ανάβασή τους, εντοπίζουν καρτέλες με πληροφοριακό υλικό για τη χλωρίδα, την πανίδα, τη γεωλογία και τα στοιχεία πολιτισμού της περιοχής. Παράλληλα, συναντούν πολλά διαφορετικά φυτά στο φυσικό τους περιβάλλον, όπως είναι η ρίγανη, το θυμάρι και η λαδανιά, και εντοπίζουν τον βιότοπο πολλών ζώων και πτηνών, όπως της πράσινης σαύρας και του γύπα. Οι σχέσεις εξάρτησης των οργανισμών από τα γνωρίσματα του βιοτόπου τους, αλλά και οι πιέσεις που δέχονται, γίνονται εύκολα αντιληπτές από τους μαθητές μέσα από τη συμμετοχή τους σε ομαδικές δραστηριότητες παρατήρησης και καταγραφής. Καλούνται να συζητήσουν τις ιδιότητες των φυτών που συναντούν, να κατασκευάσουν φυτολόγιο, να παρατηρήσουν με κιάλια τα πουλιά, αλλά και ένα σεισμικό ρήγμα, να απαντήσουν σε αινίγματα, να παίξουν παντομίμα και παιχνίδια ρόλων όπου αντιπαραθέτουν τις απόψεις τους για τη διαχείριση προστατευόμενων περιοχών. Ακόμα, ενθαρρύνονται να χρησιμοποιήσουν τις αισθήσεις τους, κυρίως την όραση, την όσφρηση και την αφή για να αναγνωρίσουν τα αρωματικά βότανα. Κατά την επιστροφή τους στον χώρο του κέντρου έχουν ακόμα τη δυνατότητα να παρατηρήσουν τα δείγματα που συνέλεξαν σε στερεοσκόπια.

Σε εκπαιδευτικά προγράμματα σχετικά με τις καλλιέργειες του αμπελιού και της ελιάς, οι μαθητές πραγματοποιούν καλλιεργητικές εργασίες στον αμπελώνα και στον ελαιώνα του κέντρου αντίστοιχα, ανάλογα με την εποχή. Ενδεικτικά, τους χειμερινούς μήνες οι μαθητές κλαδεύουν το αμπέλι και συλλέγουν τον καρπό της ελιάς. Παράλληλα, πραγματοποιούν ποιοτικές μετρήσεις οξύτητας του εδάφους. Χωρίζονται σε δυάδες και κάθε δυάδα εφοδιάζεται με δύο κύπελλα. Στο πρώτο κύπελλο αναμειγνύουν χώμα, νερό και ξίδι, ενώ στο δεύτερο αναμειγνύουν χώμα, νερό και μαγειρική σόδα. Στο ένα από τα δύο κύπελλα

παρατηρείται αφρισμός που υποδηλώνει την πραγματοποίηση χημικής αντίδρασης, οπότε προκύπτουν συμπεράσματα για τον όξινο ή αλκαλικό χαρακτήρα του εδάφους.
Η ευαισθητοποίηση των μαθητών στην εξοικονόμηση ενέργειας γίνεται μέσω ποικίλων δραστηριοτήτων, δίνοντας έμφαση στην παρατήρηση του προσανατολισμού βιοκλιματικών ή παραδοσιακών κατοικιών στον οικισμό των Αρχανών, με τη χρήση πυξίδας. Παράλληλα, γίνεται χρήση εποπτικών διατάξεων που αποτελούνται από δύο πανομοιότυπα μοντέλα οικίας και δύο θερμόμετρα. Τα θερμόμετρα τοποθετούνται μέσα στα μοντέλα οικίας, τα οποία διαθέτουν ανοίγματα και βρίσκονται σε εξωτερικό χώρο, με διαφορετικό προσανατολισμό των ανοιγμάτων τους, προς βορρά και προς νότο. Οι μαθητές μετρούν τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο εσωτερικό του κάθε μοντέλου οικίας. Από τις μετρήσεις θερμοκρασίας προκύπτουν διαφορές που συχνά ξεπερνούν τους δέκα βαθμούς της κλίμακας Celsius. Επίσης, πραγματοποιείται μελέτη διάταξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας που αποτελείται από ένα φωτοβολταϊκό πλαίσιο, μία μπαταρία, έναν λαμπτήρα και έναν ρυθμιστή φόρτισης. Τέλος, γίνεται παρατήρηση της ενεργειακής κλάσης ηλεκτρικών συσκευών και λαμπτήρων και συζητιούνται οι απλές αλλαγές καθημερινής συμπεριφοράς που θα οδηγήσουν σε εξοικονόμηση ενέργειας.
Στο Κ.Π.Ε. Αρχανών υλοποιείται εκπαιδευτικό πρόγραμμα με τίτλο: «Μα δεν υπάρχουν καθόλου σκουπίδια; Ανακυκλώνω κι επιβιώνω!» (Χατζάκης κ.ά. 2015). Μεταξύ άλλων δραστηριοτήτων η προσέγγιση του θέματος της ανακύκλωσης γίνεται από τους μαθητές με την παρασκευή ανακυκλωμένου χαρτιού και την κατασκευή οικιακού κομποστοποιητή από ανακυκλώσιμα υλικά. Για την παρασκευή του ανακυκλωμένου χαρτιού, οι μαθητές κόβουν παλιά, χρησιμοποιημένα χαρτιά σε μικρά κομμάτια, τα αναμειγνύουν με νερό και απλώνουν τον χαρτοπολτό που προκύπτει σε κατάλληλα πλαίσια. Για την κομποστοποίηση, η οποία ορίζεται ως η αερόβια βιολογική διαδικασία αποικοδόμησης και σταθεροποίησης των οργανικών υλικών, που πραγματοποιείται υπό τις φυσικές και χημικές εκείνες συνθήκες που ευνοούν τη διαδοχή συγκεκριμένων θερμόφιλων, θερμοανθεκτικών και μεσόφιλων μικροβιακών πληθυσμών (Haug 1993), οι μαθητές κατασκευάζουν οικιακό κομποστοποιητή. Αρχικά, οι μαθητές κόβουν κατάλληλα και τρυπούν σε αρκετά σημεία χρησιμοποιημένα πλαστικά μπουκάλια νερού. Κατόπιν, δημιουργούν ένα μείγμα υλικών κομμένων σε λεπτά τμήματα και το τοποθετούν μέσα στα μπουκάλια. Το μείγμα αποτελείται από δύο ομάδες υλικών. Τα υλικά της πρώτης ομάδας είναι πλούσια σε άζωτο, όπως είναι τα χόρτα, οι φλούδες φρούτων, τα τσόφλια αυγών, τα υπολείμματα από καφέ και βότανα που έχουν χρησιμοποιηθεί ως αφέψημα. Τα υλικά της δεύτερης ομάδας είναι πλούσια σε άνθρακα, όπως είναι τα ξερά φύλλα, οι φλούδες δέντρων, τα πριονίδια από τα κλαδέματα, το χαρτί κουζίνας, τα άχυρα κ.ά. Αποφεύγονται υλικά όπως τα γαλακτοκομικά, το λίπος, το κρέας ή το ψάρι. Πολλά από τα υλικά που χρησιμοποιούνται συλλέγονται από τους μαθητές στον αύλειο χώρο του Κ.Π.Ε. Αρχανών. Εκεί έχουν τη δυνατότητα να επισκεφτούν τον κομποστοποιητή του Κέντρου, αλλά και να παρατηρήσουν τη φυσική κομποστοποίηση από την αποσύνθεση των φύλλων των δέντρων. Κατά τη σχολική χρονιά 2016-2017 σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε πιλοτικά το εκπαιδευτικό πρόγραμμα με τίτλο «Ίχνη στο Νερό», που έχει ως στόχο να γνωρίσουν οι μαθητές ότι το νερό είναι φυσικός πόρος που οφείλουμε να σεβαστούμε και να προστατεύσουμε. Χρησιμοποιώντας υλικά καθημερινής χρήσης, όπως είναι άδεια πλαστικά μπουκάλια, βαμβάκι, άμμος παραλίας, χαλίκι και ξυλοκάρβουνο, οι μαθητές κατασκευάζουν ένα μοντέλο υδροφόρου ορίζοντα και φιλτράρουν σε αυτό μείγμα νερού, λαδιού και χώματος. Ως πεδίο χρησιμοποιείται ο υγρότοπος του φαραγγιού της Σπηλιώτισσας που συνδέει τους οικισμούς του Χουδετσίου και του Αγίου Βασιλείου, περίπου 10Km νότια των Αρχανών. Εκεί γίνεται συλλογή με απόχες υδρόβιων μακροασπόνδυλων οργανισμών που αποτελούν δείκτη της ποιότητας του νερού, διότι παρουσιάζουν διαφορές στην αντοχή τους αναφορικά με την ποσότητα και την ποιότητα των ρύπων (Βορεάδου 2010). Οι μαθητές ταξινομούν τα

υδρόβια μακροασπόνδυλα χρησιμοποιώντας κάρτες υγείας οικοσυστήματος (Bis 2010). Εναλλακτικά, ως πεδίο χρησιμοποιείται ο Βιολογικός Καθαρισμός του Δήμου Αρχανών – Αστερουσίων, όπου οι μαθητές παρατηρούν τα στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων.
Τέλος, στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα για την αντισεισμική προστασία οι μαθητές παρατηρούν εποπτικές διατάξεις, όπως είναι ένας προσομοιωτής παλιρροϊκών κυμάτων, ένα εκκρεμές Barton, και ένας σεισμογράφος. Οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να κάνουν χρήση μιας διαδραστικής εφαρμογής που αποτελείται από έναν υπολογιστή που έχει συνδεθεί με έναν αισθητήρα δόνησης, τοποθετημένο στη βάση μίας πλατφόρμας που παίζει το ρόλο σεισμικής τράπεζας. Ανεβαίνοντας οι μαθητές πάνω στην σεισμική τράπεζα και κάνοντας χρήση του λογισμικού Quake - Catcher Network (QCN), το οποίο είναι εγκατεστημένο στον υπολογιστή, μπορούν να πραγματοποιήσουν και να καταγράψουν τον δικό τους σεισμό. Στη συνέχεια επισκέπτονται ένα σεισμικό ρήγμα στους πρόποδες του όρους Γιούχτα (Φασουλάς, 2000) όπου παρατηρούν τον καθρέφτη του ρήγματος και ενημερώνονται σχετικά τη δημιουργία των σεισμικών ρηγμάτων.

Οι Φυσικές Επιστήμες στις Δράσεις του Κ.Π.Ε. Αρχανών

Το Κ.Π.Ε. Αρχανών, στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του, από το σχολικό έτος 2011-2012 μέχρι το 2016-2017, έχει υλοποιήσει πλήθος σεμιναρίων, ημερίδων και εργαστηρίων σχετικών με τις φυσικές επιστήμες, με στόχο την επιμόρφωση εκπαιδευτικών. Όλες οι δράσεις άπτονται των θεμάτων που απασχολούν το Κ.Π.Ε. στα εκπαιδευτικά του προγράμματα και έχουν βιωματικό ή/και θεωρητικό χαρακτήρα. Παρακάτω, αναφέρονται ενδεικτικά τρεις τέτοιες δράσεις: τον Φεβρουάριο του 2012 υλοποιήθηκε το σεμινάριο «Μείωση του οικολογικού αποτυπώματος των κατοικιών μας» στις εγκαταστάσεις του Κ.Π.Ε. Αρχανών. Το σεμινάριο περιλάμβανε θεωρητικές παρουσιάσεις και βιωματικά εργαστήρια που σχετίζονταν με τη διαχείριση καθημερινών συνηθειών προς την κατεύθυνση της μείωσης του οικολογικού αποτυπώματος, όπως για παράδειγμα η οικιακή κομποστοποίηση. Τον Ιανουάριο του 2015 πραγματοποιήθηκε βιωματικό εργαστήριο με τίτλο: «Ανακαλύπτοντας την υδρόβια ζωή στην περιοχή μας» που διοργανώθηκε σε συνεργασία με ειδικούς επιστήμονες στις εγκαταστάσεις του Κ.Π.Ε. Αρχανών και στο Αστρακιανό Φαράγγι. Συμμετείχαν είκοσι εκπαιδευτικοί που είχαν τη δυνατότητα να συλλέξουν, να παρατηρήσουν σε στερεοσκόπια και να ταξινομήσουν υδρόβια μακροασπόνδυλα. Τέλος, τον Δεκέμβριο του 2016 υλοποιήθηκε βιωματικό εργαστήριο σε συνδιοργάνωση με το 1^{ο} και το 2^{ο} Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Ηρακλείου (Ε.Κ.Φ.Ε.). Το θέμα του ήταν η επίδειξη πειραματικών δραστηριοτήτων φυσικής, χημείας και βιολογίας, οι οποίες σχετίζονται με το νερό όπως η μετάδοση θερμότητας στο νερό, ο δίσκος του Secchi, οι χημικοί δείκτες, η παρατήρηση πρωτόζωων. Στόχος του σεμιναρίου ήταν η επιμόρφωση εκπαιδευτικών Α/θμιας και Δ/θμιας για την πραγματοποίηση πειραματικών δραστηριοτήτων στα εκπαιδευτικά προγράμματα (Π.Ε.) που υλοποιούν με τους μαθητές τους.

3. Αποτελέσματα

Κατά την εξαετία 2011-2017 επισκέφθηκαν το Κ.Π.Ε. Αρχανών 372 σχολικές περιβαλλοντικές ομάδες. Από αυτές οι 243 υλοποίησαν εκπαιδευτικά προγράμματα που περιλαμβάνουν δραστηριότητες σχετικές με τις Φ.Ε. Στο ίδιο διάστημα οργανώθηκαν από το κέντρο 14 σεμινάρια και ημερίδες, των οποίων η θεματική σχετίζεται με τις Φ.Ε. και οι συμμετοχές των εκπαιδευτικών σε αυτά ανέρχονται στις 680. Από την ποιοτική αξιολόγηση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων και των δράσεων του Κέντρου, τόσο από τους εκπαιδευτικούς όσο και από τους μαθητές, προκύπτει ότι οι δραστηριότητες που σχετίζονται

με τις Φ.Ε. κρίνονται κατάλληλες για τους μαθητές, και ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες όταν πραγματοποιούνται στο πεδίο. Αναφορικά με το σεμινάριο: «Ανακαλύπτοντας την υδρόβια ζωή» που πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 2015, οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν ερωτήθηκαν τον Δεκέμβριο του 2016 αν οι γνώσεις που αποκόμισαν από αυτό αξιοποιήθηκαν από τους ίδιους ως εκπαιδευτικό εργαλείο με κάποιο τρόπο. Πέντε εκπαιδευτικοί απάντησαν ότι πραγματοποίησαν με τους μαθητές τους αντίστοιχες δραστηριότητες πεδίου, ενώ οι υπόλοιποι δεκαπέντε θεωρούν ότι οι γνώσεις που απέκτησαν κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου τους βοήθησαν στη διδασκαλία μαθημάτων όπως η μελέτη περιβάλλοντος, η γεωγραφία και η φυσική.

4. Συμπεράσματα

Οι πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τις φυσικές επιστήμες αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα πολλών από τα εκπαιδευτικά προγράμματα που υλοποιούνται στο Κ.Π.Ε. Αρχανών. Η εργασία πεδίου επιτρέπει την άμεση ενασχόληση των εκπαιδευομένων με το αντικείμενο μάθησης, ενώ παράλληλα συντελεί καθοριστικά στην απόκτηση εννοιολογικών γνώσεων και στην κατανόηση των φυσικών φαινομένων που σχετίζονται με αυτές, κάνοντας τη διδασκαλία τους πιο ελκυστική. Η εργασία των μαθητών σε μικρές ομάδες για την επίλυση προβλημάτων συμβάλλει σημαντικά στην ενεργό συμμετοχή και αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Ευνοεί την ανάπτυξη των σχέσεων μεταξύ των μελών της ομάδας, με τη συνεπακόλουθη καλλιέργεια των αισθημάτων αλληλοβοήθειας, και εμπιστοσύνης. Επιπλέον, παρατηρείται ότι μεταξύ των εκπαιδευομένων μειώνεται ο ανταγωνισμός και ενισχύεται η συνεργασία.

5. Βιβλιογραφία

Βορεάδου, Κ. (Επιμελήτρια Ελληνικής Έκδοσης) (2010). *Τα υδάτινα οικοσυστήματα της Ευρώπης: Μια εκπαιδευτική προσέγγιση.* Βιβλίο θεωρίας. Πανεπιστήμιο Κρήτης – Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης (ΜΦΙΚ), 66-67.

Δεδούλη, Μ. (2002). *Βιωματική μάθηση – Δυνατότητες αξιοποίησής της στο πλαίσιο της Ευέλικτης Ζώνης.* Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων, τομ. 6, 145 – 159.

Δερμιτζάκη, Ε., Φανιουδάκη, Ε., Μαυρογενίδου, Π., Χατζάκης, Σ., Μαρτιμιανάκη, Α. & Σφακιανάκη, Μ. (2017). Η Βιοποικιλότητα στην περιοχή μας. Μία εκπαιδευτική πρόταση του Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Αρχανών. Στο Μ. Καλογιαννάκης (Επιμ.) *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου: Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Ρέθυμνο, 27-29 Μαΐου 2016.

Καζοπούλου, Ι. & Σκουμιός, Μ. (2016). Ανάλυση των πειραματικών δραστηριοτήτων για τη θερμότητα των σχολικών εγχειριδίων φυσικών επιστημών των Ε' και Στ' τάξεων του δημοτικού σχολείου. *Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου: «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες»*, 137-145, Θεσσαλονίκη, 16-17 Απριλίου 2016.

Σακελλάρη, Μ. (2015). *Διατήρηση, διαχείριση και ανάπτυξη των περιοχών του Δικτύου Natura 2000 στην Κρήτη (Τεχνικός οδηγός)*. Περιφέρεια Κρήτης, Ηράκλειο, 96.

Σακελλαράκης, Γ., Σαπουνά - Σακελλαράκη, Ε., (1991). *Αρχάνες*, Αθήνα: Εκδοτική Αθηνών, 66.

Φασουλάς, Χ. (2000). Οδηγός υπαίθρου για τη γεωλογία της Κρήτης. Ηράκλειο: Εκδόσεις Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, 104.

Χατζάκης, Στ., Μαυρογενίδου, Π., Μαρτιμιανάκη, Α., Φανιουδάκη Ε., Δερμιτζάκη Ε., Σφακιανάκη, Μ. (2015). Ανακυκλώνω και επιβιώνω: Προγράμματα και Δράσεις του Κ.Π.Ε. Αρχανών για τη

Διαχείριση Απορριμμάτων. *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Π.Ε.Ε.Κ.Π.Ε. : Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Εκπαίδευση για την Αειφορία*, Βόλος 8-10 Μαΐου 2015.

Ballantyne, R. R. & Packer, J. M. (1996). Teaching and learning in Environmental Education: Developing Environmental Conceptions. *The Journal of Environmental Education*, 27 (2): 25-32.

Bis, B., Kosmala, Gr. (2010). (Επιμελήτρια Ελληνικής Έκδοσης: Βορεάδου Κ.) Τα μικρά ζώα του γλυκού νερού - Κάρτες Προσδιορισμού-Πανεπιστήμιο Κρήτης - Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης (ΜΦΙΚ), 5-7. Carlsen, W. (2001). The sociological context of environmental science and its use in rethinking scientific inquiry. Proposal for a panel discussion at the Annual Meeting of the national Association for Research in Science Teaching. St. Louis.

Cohen, E. (1994). Restructuring the Classroom: Conditions of Productive Small Groups. *Review of Educational Research*, 64 (1):1-35.

Dillon, J. & Scott, W. (2002). Editorial – perspectives on environmental education – related research in science education. *International Journal of Science Education*, 24 (11): 1111-1117.

Haug, R.T. (1993). *The practical handbook of compost engineering*, Lewis Publishers (Eds), pp.717.

ΘΕΡΙΝΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΤΙΤΛΟ «ΥΛΗ, ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΚΑΙ ΖΩΗ». ΜΙΑ ΠΡΩΤΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ

Κωνσταντίνος Χαλκιαδάκης[1], Γιώργος Αναστασιάδης[1], Μιλτιάδης Τσίγκρης[2]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Συνεργάτης ΕΚΦΕ Ρεθύμνου
[2]Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ρεθύμνου

Περίληψη

Η εργασία αυτή, παρουσιάζει την εμπειρία του Θερινού Σχολειού Φυσικών Επιστημών (ΘΣΦΕ) που διοργανώνεται τα τρία τελευταία χρόνια στο Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Ρεθύμνου. Το ΘΣΦΕ με τίτλο «Ύλη Ενέργεια και Ζωή», διεξάγεται στις αρχές Σεπτεμβρίου και απευθύνεται σε 25 άριστους μαθητές του νομού Ρεθύμνης που τελείωσαν την Α' Λυκείου. Έχει σαν στόχο μια πρώτη επαφή των μαθητών με τη διεπιστημονική προσέγγιση της σύγχρονης επιστήμης, σαν μια ολότητα, μέσα από μια οπτική που λείπει από το σχολικό αναλυτικό πρόγραμμα. Τα μαθήματα οργανώνονται σε συνεργασία με το ΤΕΙ Κρήτης, με τη συνδρομή του Πανεπιστημίου Κρήτης, και περιλαμβάνουν θεωρητικές εισηγήσεις, συνομιλία των μαθητών με τους εισηγητές και εργαστηριακές εφαρμογές.

Abstract

This study, presents the experience obtained from the Science Summer School that has been organized during the last three years at the Laboratory Center for Science of Rethymnon. The title of this School is "Matter Energy and Life". It is held during the first few days of September and it is addressed to 25 pupils from the Prefecture of Rethymnon who have completed the first class of Lyceum. Its goal is to give pupils the opportunity to get in touch with an interdisciplinary approach to modern science as a whole, a point of view which does not exist in the school curriculum. The lessons are organized in collaboration with the TEI of Crete, and the support of the University of Crete. They include theoretical lectures, discussions among the participants, and laboratory exercises.

1. Εισαγωγή

Είναι διατυπωμένη η άποψη ότι οι θεωρίες της σύγχρονης επιστήμης θα πρέπει να περάσουν στα αναλυτικά προγράμματα των σχολείων. Η κύρια αντίρρηση σε αυτό είναι ότι είναι δυσνόητη και δεν μπορεί να ενταχθεί στο τρέχον αναλυτικό πρόγραμμα. Από την άλλη πλευρά, υπάρχει η διατυπωμένη αποψη του Bruner, ότι «ένα παιδί μπορεί να μάθει οτιδήποτε αρκεί αυτό να παρουσιάζεται κατάλληλα δομημένο» (Bruner 1966). Σε αρκετές εργασίες (Stavrou 2008, Tsigris 2006), έχει δειχτεί ότι δύσκολες έννοιες της σύγχρονης επιστήμης μπορούν να διδαχτούν και σε παιδιά πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.
Στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα είναι παραπάνω από αισθητή η απουσία της σύγχρονης επιστήμης. Η διαπίστωση αυτή ισχύει ιδιαίτερα για το μάθημα της Φυσικής.
Παράλληλα στο Ρέθυμνο έχει την έδρα του το Κέντρο Φυσικής Πλάσματος και Laser του ΤΕΙ Κρήτης, στο οποίο διεξάγονται πειράματα αιχμής που αφορούν την προσπάθεια παραγωγής ενέργειας με πυρηνική σύντηξη.
Μαζί με τις δύο παραπάνω διαπιστώσεις θα πρέπει να προσθέσουμε και την παρατήρηση ότι στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα δεν έχουν δημιουργηθεί διαδικασίες και δομές οι οποίες

να προωθούν τους μαθητές που έχουν ιδιαίτερες επιδόσεις και ενδιαφέροντα στις Φυσικές Επιστήμες.
Οι παραπάνω σκέψεις μας οδήγησαν στην δημιουργία του θερινού σχολείου.

2. Μεθοδολογία

Ο κύριος σκοπός για την οργάνωση αυτού του θερινού σχολείου είναι να δοθεί η δυνατότητα στους μαθητές με ιδιαίτερη κλίση και ικανότητες στις Φ.Ε να έρθουν σε επαφή με θέματα της σύγχρονης επιστήμης και μέσα από αυτά να κατανοήσουν την ενότητα των Φυσικών Επιστημών και την επιστημονική μεθοδολογία με απώτερο στόχο τον Επιστημονικό Γραμματισμό.
Οι στόχοι καθώς και το πρόγραμμα του ΘΣΦΕ συνδιαμορφώθηκαν από τον υπεύθυνο και τους συνεργάτες του ΕΚΦΕ Ρεθύμνου μαζί με καθηγητές του ΤΕΙ Κρήτης οι οποίοι ανταποκρίθηκαν πρόθυμα στην πρόσκληση για συνεργασία. Δόθηκε έμφαση στην παρουσίαση σύγχρονων θεμάτων της επιστήμης. Θεωρήσαμε ότι η εξέλιξη των ιδεών στη σύγχρονη επιστήμη δείχνει τον δυναμικό χαρακτήρα των Φυσικών Επιστημών.
Ιδιαίτερα η επανάσταση στη Φυσική των αρχών του 20ου αιώνα προκαλεί γενικότερα τον τρόπο σκέψης και μέσα από αυτήν μπορούν να καταλάβουν οι μαθητές καλύτερα τη φύση της Επιστήμης (nature of science) (Fullbrook 2007). Ιδιαίτερα σημαντικό είναι να αντιληφθούν ότι στις Φ.Ε. οι απαντήσεις στα ερωτήματα δεν είναι οριστικές και αμετάβλητες αλλά υπόκεινται συνεχώς σε διερεύνηση και επανεξέταση (Mc Commas F.C, 1998). Έτσι η αντίληψη μας για το Σύμπαν πέρασε από το ντετερμινιστικό Σύμπαν του Νεύτωνα στο πιθανοκρατικό του Heisenberg και του Bohr.
Μπορούν επίσης οι μαθητές να προβληματιστούν για τον τρόπο με τον οποίο προχωρά η επιστημονική γνώση και να διαπιστώσουν ότι η θετικιστική αντίληψη για τη γραμμική πρόοδο της επιστήμης, η οποία προχωρά από τη συνάθροιση των εμπειρικών δεδομένων που καταγράφουν τα πειράματα, είναι μάλλον απλοϊκή για να περιγράψει την ιστορία των Επιστημών.
Οι μαθητές όταν έρχονται σε επαφή με τις ιδέες της Κβαντομηχανικής αλλά και τις προσπάθειες για την κατανόηση του φαινομένου της ζωής μέσα από τη Βιολογία και τη Χημεία εντυπωσιάζονται (Shabajee, P. and Postlethwaite, K. 2000, Dimitriadi, K. & Halkia, K. 2012).
Στον παρακάτω πίνακα εικονίζεται το πρόγραμμα του 3ου ΘΣΦΕ.

Πίνακας 1. Πρόγραμμα Εισηγήσεων 3ου Θερινού σχολείου Φ.Ε

1-09-2016	1. Η Οδύσσεια της Ελεύθερης Σκέψης και η Σύγχρονη Επιστήμη. 2. Ιδιότητες της ύλης: από το μακρόκοσμο στο εσωτερικό του πυρήνα. Συζήτηση με τους εισηγητές Εργαστηριακές Ασκήσεις
2-09-2016	1. Εισαγωγή στην κυματική 2. Οι αδυναμίες της “λογικής” ερμηνείας της Φύσης και η κβαντική θεωρία Συζήτηση με τους εισηγητές Εργαστηριακές Ασκήσεις
5-09-2016	1. Προσεγγίζοντας το φαινόμενο της Ζωής μέσα από τη Χημεία. 2. Η εμφάνιση της ζωής στον πλανήτη Γη. 3. Η ζωή στη Γη: μια Ιστορία σαν παραμύθι. Συζήτηση με τους εισηγητές

	Εργαστηριακές Ασκήσεις
6-09-2016	Επίσκεψη στις εγκαταστάσεις του CPPL στα Τρία Μοναστήρια. 1. Πειραματική Φυσική με Laser στα όρια της Τεχνολογίας. 2. Σύντηξη Υδρογόνου με Laser – Το Πρόγραμμα HiPER. Ενημέρωση- συζήτηση με τους ερευνητές του Κέντρου

Όπως φαίνεται και στον πίνακα, το πρόγραμμα αποτελείται από τρεις κύκλους μαθημάτων. Η πρώτη ημέρα είναι αφιερωμένη στη δομή της ύλης. Η δεύτερη ημέρα μετά από μια σύντομη εισαγωγή στην κυματική είναι αφιερωμένη στην ενέργεια μέσα από την κβαντική μηχανική και τον κόσμο όπως δομείται με βάση την αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg. Ο τρίτος κύκλος είναι αφιερωμένος στο φαινόμενο της ζωής που είναι ασύμβατος με τη Νευτώνεια μηχανική. Εξετάζονται οι μηχανισμοί αυτοοργάνωσης της ανόργανης ύλης για τη δημιουργία ζωντανών κυττάρων.
Κάθε μέρα το πρόγραμμα είναι χωρισμένο σε τρία μέρη.
Το πρώτο μέρος αποτελούν οι θεωρητικές εισηγήσεις που διαρκούν περίπου δύο ώρες. Στις θεωρητικές εισηγήσεις εκτός από τους καθηγητές του ΤΕΙ και τους συνεργάτες του ΕΚΦΕ συμμετέχουν και προσκεκλημένοι καθηγητές από το Πανεπιστήμιο Κρήτης.
Στη συνέχεια το πρόγραμμα κάθε μέρας περιλαμβάνει συζήτηση μιας ώρας των μαθητών με τους εισηγητές. Η ώρα της συζήτησης θεωρούμε ότι είναι πολύ σημαντικό τμήμα του προγράμματος. Μέσα στο χρόνο αυτό, δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να συζητήσουν με τους εισηγητές και να διατυπώσουν απορίες και απόψεις.
Τέλος κάθε μέρα το τρίτο μέρος του προγράμματος περιλάμβανε πειραματικές εφαρμογές οι όποιες καλύπτουν το φάσμα των αντίστοιχων εισηγήσεων. Οι εφαρμογές αυτές που διοργανώνονται στο ΕΚΦΕ Ρεθύμνου, δίνει τη δυνατότητα και σε εμάς να παρακινηθούμε για τη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού με βάση τις θεωρητικές εισηγήσεις.
Την τελευταία ημέρα οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να επισκεφτούν ένα υπερσύγχρονο εργαστήριο Laser και να ενημερωθούν για τα πειράματα που διεξάγονται εκεί αλλά και για τις εξελίξεις στην προσπάθεια παραγωγής ενέργειας από τη σύντηξη υδρογόνου. Η θεματολογία ξεφεύγει και από τα στενά πλαίσια της επιστήμης αφού η διαχείριση της ενέργειας έχει κυρίως γεωπολιτικές συνιστώσες.
Οι μαθητές που προσκλήθηκαν και παρακολούθησαν τα ΘΣΦΕ είχαν τελειώσει την Α' Λυκείου. Προσκλήθηκαν 3 μαθητές από το κάθε Λύκειο της πόλης και 2 από κάθε επαρχιακό Λύκειο. Η επιλογή των μαθητών έγινε από τα σχολεία τους με βάση την υψηλότερη βαθμολογία στις Φυσικές επιστήμες. (Φυσική, Χημεία Βιολογία). Η διάρκεια του σχολείου ήταν 3 ημέρες το 2014 και 4 ημέρες το 2015 και το 2016.

3. Αποτελέσματα

Η αποτίμηση του εγχειρήματος έχει κριθεί πολύ θετικά από όλους τους συμμετέχοντες. Η εικόνα των μαθητών για το θερινό σχολείο αποτυπώνεται μέσα στα ερωτηματολόγια που τους δόθηκαν να συμπληρώσουν. Τα ερωτηματολόγια αυτά δεν σχεδιάστηκαν για ερευνητικούς λόγους αλλά για να ληφθεί ανατροφοδότηση από τους μαθητές, ώστε να ληφθεί υπόψη η άποψη των μαθητών στην επόμενη διοργάνωση. Η αξιολόγηση των μαθητών είναι πολύ θετική.

Παραθέτουμε τις απαντήσεις στο ερωτηματολογίου που δόθηκε στο τρίτο θερινό σχολείο που διοργανώθηκε το Σεπτέμβριο του 2016 και απαντήθηκε από 25 μαθητές που σκόπευαν να επιλέξουν όλοι στη δευτέρα λυκείου τον θετικό προσανατολισμό. Οι ενδιαφερόμενοι

μπορούν να βρουν τα στατιστικά των προηγούμενων ερωτηματολογίων στον ιστότοπο του ΕΚΦΕ στη διεύθυνση:
http://ekfe.reth.sch.gr/new_site/index.php/ ekdiloseisekfe/ parousiasitherino

Πίνακας 2: Απαντήσεις Ερωτηματολογίου 2016

Ερώτηση	Πλήρως	Πολύ	Αρκετά	Λίγο
1. Με βάση το πρόγραμμα του θερινού σχολείου, που σας είχε ανακοινωθεί, σε ποιο βαθμό οι εργασίες – δράσεις - παρουσιάσεις ήταν αντίστοιχες;	44%	48%	8%	
2. Πόσο μείνατε ικανοποιημένοι από τους εισηγητές;	52%	40%	8%	
3. Οι συζητήσεις με τους επιμορφωτές και συνεργάτες του ΕΚΦΕ, κατά τη διάρκεια των διαλλειμάτων, σας βοήθησαν;	16,7%	37,5%	37,5%	8,3%
4. Οι πειραματικές διατάξεις, που συνόδευαν τις εισηγήσεις της κάθε ημέρας, πόσο συνδέονταν και επεξηγούσαν τις θεωρητικές εισηγήσεις – συζητήσεις της ημέρας;	41,7%	41,6%	16,6%	
5. Τα πειράματα στα οποία συμμετείχατε πόσο παραπάνω ερέθισαν το ενδιαφέρον σας για τις Φυσικές επιστήμες;	32%	40%	28%	
6. Αισθάνεστε ικανοποιημένοι με βάση όσα περιμένατε από το θερινό σχολείο, σε σχέση με ότι παρακολουθήσατε;	24%	44%	32%	
7. Σας ικανοποίησε η αρτιότητα οργάνωσης (ηλεκτρονική, τεχνική, στελέχωσης), του θερινού σχολείου από το ΕΚΦΕ Ρεθύμνου;	36%	36%	28%	
8. Η διάθεσή σας, απέναντι στις Φυσικές επιστήμες, έγινε θετικότερη, μετά την παρακολούθηση των εργασιών του θερινού σχολείου;	25%	40%	31%	4%

Για να διερευνήσουμε την μακρόχρονη επίδραση του ΘΣΦΕ επικοινωνήσαμε με τέσσερεις από τους μαθητές που συμμετείχαν στο 1^{ο} θερινό σχολείο του 2014. Οι μαθητές αυτοί έδωσαν εξετάσεις και την σχολική χρονιά 2016-2017 βρίσκονταν στο 1^{ο} έτος των σπουδών τους. Το σύνολο των μαθητών είχε παρακολουθήσει τη θετική κατεύθυνση και είχαν εισαχθεί δύο μαθητές στην Ιατρική, ένας στο Φυσικό και ένας στη Φαρμακευτική.
Η συνέντευξη διεξήχθη τηλεφωνικά και οι κύριοι άξονες της ήταν τρεις :

1. Ποια είναι η εικόνα που έχουν για το ΘΣΦΕ, τι τους εντυπωσίασε περισσότερο και τι τους δυσκόλεψε.
2. Πόσο επηρέασε τη σχολική τους επίδοση και την επιλογή σχολής.
3. Αν μεταβλήθηκε και σε ποιο βαθμό η αντίληψη που είχαν για τις Φ.Ε από τα μαθήματα του σχολείου

Τα αποτελέσματα είναι εντυπωσιακά. Για τους μαθητές αυτούς φάνηκε ότι το ΘΣΦΕ έπαιξε σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της άποψης τους για τις Φ.Ε και κατά ένα βαθμό και στην επιλογή της σχολής που εισήχθηκαν. Όσον αφορά το τελευταίο φαίνεται ότι στους συγκεκριμένους μαθητές, που είχαν ήδη αυξημένο ενδιαφέρον για τις Φ.Ε, το ΘΣΦΕ ενίσχυσε την ήδη θετική εικόνα που είχαν και τους επιβεβαίωσε ότι τους ταίριαζε ο προσανατολισμός που είχαν ήδη επιλέξει.
Οι περισσότεροι μαθητές παραδέχτηκαν ότι δυσκολεύτηκαν, αλλά παράλληλα εντυπωσιάστηκαν από τις καινούργιες γνώσεις. Μια μαθήτρια είπε ότι εντυπωσιάστηκε ιδιαίτερα με τη Φυσική και δήλωσε ότι στο σχολείο «δεν είχαμε μάθει την πραγματική Φυσική». Ένας άλλος μαθητής που μπήκε στο Φυσικό ανέφερε «Είναι αυτό που το σχολείο δε θα σου μάθει ποτέ…, το σχολείο δε σου δίνει ποτέ το στόχο…, αν η επιστήμη είναι μια πυραμίδα, μένεις πάντα στη βάση δεν μαθαίνεις για την κορυφή».
Έχει ενδιαφέρον πάντως και η απάντηση που έδωσαν στην ερώτηση αν η συμμετοχή τους, τους βοήθησε στα μαθήματα του σχολείου. Εμείς θεωρούσαμε αυτονόητο ότι η απάντηση θα ήταν αρνητική, αφού το πρόγραμμα ήταν εντελώς διαφορετικό από το πρόγραμμα σπουδών του σχολείου. Όλοι όμως οι μαθητές θεώρησαν ότι το ενδιαφέρον που απέκτησαν τους έδωσε κίνητρο για να ασχοληθούν με τα σχολικά μαθήματα. Ορισμένες απαντήσεις είναι οι παρακάτω:

Μαθ1:« Άρχισαν να μου αρέσουν περισσότερο μετά, γιατί κατάλαβα ότι συνεχίζεται και εξελίσσεται, σαν αποτέλεσμα διάβαζα με περισσότερο ενδιαφέρον τα μαθήματα»
Μαθ2: «Όταν έχεις γνωρίσει την απροσδιοριστία, έχεις λόγο να διαβάσεις πιο απλά όπως η επιταχυνόμενη κίνηση»

Μαθ3: «Τα ερεθίσματα είναι το παν, εγώ που ήθελα και υψηλόβαθμη σχολή στην Γ' Λυκείου όταν διάβαζα σκεφτόμουνα το θερινό σχολείο…»

Οι συνεντεύξεις των μαθητών βρίσκονται απομαγνητοφωνημένες στη σελίδα του ΕΚΦΕ: http://ekfe.reth.sch.gr/new_site/index.php/ekdiloseisekfe/parousiasitherino

4. Συμπεράσματα

Στα τρία ΘΣΦΕ που διοργανώθηκαν, αν και ιδιαίτερα απαιτητικά και κουραστικά, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές εκδηλώνουν μεγάλο ενδιαφέρον για την παρακολούθηση του. Επισημαίνεται η σημασία των εργαστηριακών εφαρμογών, ιδιαίτερα αυτών που οι μαθητές κάνουν μόνοι τους, στην κατανόηση δύσκολων θεμάτων της επιστήμης. Το τμήμα του προγράμματος (τελευταία ημέρα) που διεξάχθηκε στο εργαστήριο του Κέντρου Φυσικής Πλάσματος και Laser έδειξε στους μαθητές πώς η Κβαντομηχανική και η αρχή της αβεβαιότητας, μετατρέπεται σε εργαστηριακή πρακτική. Τέλος, ο χρόνος ελεύθερης συνομιλίας ανάμεσα σε μαθητές και εισηγητές, δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να λύσουν τις απορίες τους, να διατυπώσουν γενικότερα ερωτήματα και προβληματισμούς, αλλά και να τους μεταφερθούν απ' ευθείας εμπειρίες ερευνητών που παράγουν νέα γνώση.
Ένας κύριος στόχος του ΘΣΦΕ είναι η έκθεση των μαθητών σε νέες ιδέες και απόψεις. Η προσπάθεια μιας αρχικής επαφής των μαθητών με τα στοιχεία της μετανωτερικής σκέψης, που έχουν εισαχθεί τόσο στις φυσικές επιστήμες όσο και στο σύνολο των επιστημων, βοηθά στην άρση μιας προσκόλλησης στη ντετερμινιστική σκέψη που προωθεί το σχολειο (Ασημάκη 2011,σ. 102), μέσα από την οποία φαίνεται να ανοίγεται ένα παράθυρο που διευρύνει τον ορίζοντα των μαθητών, όπως αυτό καταγράφεται στις απαντήσεις των μαθητών.

5. Βιβλιογραφία

Ασημάκη Α.,Κουτσουρακης Γ., Καμαριανός Ι.(2011), *«Οι έννοιες της νεωτερικότητας και της μετανεωτερικότητας και η σχέση τους με τη γνώση: Μια κοινονιολογική προσέγγιση»* Το Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών, 60/2011, σελ. 99-120.

Χαλκιά Κ. (2013) *«Η απουσία των μεγάλων κοσμοθεωριών της φυσικής του 20ου αιώνα από τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση του 21ου αιώνα: Διλήμματα και προτάσεις.»* 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φ.Ε και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Βόλος

Bruner, J.S. (1966) *Toward a theory of instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Dimitriadi, K. & Halkia, K. (2012). *Secondary Students' Understanding of Basic Ideas of Special Relativity*. International Journal of Science Education, 34(16), 2565-2582, DOI:10.1080/09500693.2012.705048.

Fullbrook, E. (2007). *Real Science Is Pluralist.* Post-autistic economics review, 42, 22-42.

McCommas, F.W, et al (1998) : *"The Role and Character of the Nature of Science in Science Education"*, The Nature of Science in Science Education, Springer

Shabajee, P. and Postlethwaite, K. (2000). *What happened to modern physics?,* School Science Review, 81(297), 51-56.

Stavrou D, Duit R, Komorek M.(2008*), A teaching and learning sequence about the interplay chance and determinism in non linear systems*. Physics Education 2008; 43(4) 417- 422

Tsigris M. (2006), *"On the feasibility to include contemporary science concepts in the Primary school curricula-a retrospection into two case studies"* 3rd International Conference on Hands on Science, 4th-9th September 2006, Braga, Portugal, 261-266.

Η ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΟ ΚΠΕ ΑΝΩΓΕΙΩΝ: ΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΓΕΦΥΡΑ ΤΟΥ ΣΧΟΛΕΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΗΣ

Ζαχαρένια Κεφαλογιάννη[1], Ασημένια Δραμουντάνη[2], Ερωφίλη Δακανάλη[2], Ελένη Καπετάνιου[2]

[1]Υπεύθυνη ΚΠΕ Ανωγείων
[2]ΚΠΕ Ανωγείων

Περίληψη

Το Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΚΠΕ) Ανωγείων, όπως όλα τα ΚΠΕ στην Ελλάδα, λειτουργεί με συγκεκριμένο θεσμικό πλαίσιο και ο σκοπός λειτουργίας του αφορά στην ευαισθητοποίηση μαθητών και εκπαιδευτικών σε περιβαλλοντικά θέματα με στόχο την ανάπτυξη κατάλληλων στάσεων και συμπεριφορών σχετικά με το φυσικό περιβάλλον. Το ΚΠΕ υλοποιεί προγράμματα Π.Ε. στο φυσικό περιβάλλον της περιοχής του για σχολεία πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Ακόμη, φροντίζει με ημερίδες και δράσεις ευαισθητοποίησης σε θέματα για το Περιβάλλον και την Αειφορία, στην ενημέρωση της τοπικής κοινωνίας και ενηλίκων, γονέων, παιδιών και εφήβων, συλλόγων. Τα προγράμματα και οι δράσεις προωθούν τη βιωματική μάθηση μέσα από την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση.

Abstract

The Anogia Centre for Enviromental Education, as all Environmental Centers of Greece has a specific system aims to educate, inform and sensitive student, educators and social groups in the rational management of natural resources and enhance the quality of life. Also, work out environmental education programs addressing students, organize seminars addressing educators. Organize one-day meetings to inform the local community.Produce educational material. Set up national thematic networks. Cooperate with local agencies, science institutions, NGOs and other Organizations.

1. Εισαγωγή

Ο θεσμός των ΚΠΕ αποτελεί σε όλη την Ελλάδα ένα άνοιγμα και μία σύνδεση του σχολείου με την τοπική και ευρύτερη κοινωνία και τα προβλήματά της. Η έμφαση στην ανάγκη ενδιαφέροντος για όλες τις μορφές ζωής και ανάπτυξη περιβαλλοντικού ήθους συνδέει την περιβαλλοντική εκπαίδευση με την εκπαίδευση αξιών. Προϋπόθεση για τη δημιουργία παγκόσμιων υπεύθυνων συμμετοχικών πολιτών είναι η διαπαιδαγώγησή τους σύμφωνα με τις περιβαλλοντικές ιδέες, στάσεις και αξίες. Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και ο θεσμός των ΚΠΕ, μέρος της άτυπης εκπαίδευσης, αποτελεί μια εκπαιδευτική πρόταση ως γέφυρα του σχολείου με την κοινωνία και το περιβάλλον της, γιατί συνδέει τους μαθητές με τα περιβαλλοντικά και κοινωνικά προβλήματα της τοπικής και ευρύτερης κοινωνίας που ζουν μέσα από τα προγράμματα Π.Ε., δράσεις ευαισθητοποίησης και βιωματικής ενασχόλησης. Οι μαθητές επικοινωνούν με τοπικούς φορείς, με τους κατοίκους της περιοχής μέσα από δράσεις, βιωματικά εργαστήρια, συνεντεύξεις, παιχνίδια ρόλων και είναι σε θέση να

αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες σχετικά με την προώθηση λύσεων. Στόχος της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης είναι να καλλιεργήσει την ενσυναίσθηση, την πολλαπλή νοημοσύνη, την ευαισθητοποίηση, και επομένως την ανάληψη δράσης.

2. Το παράδειγμα του ΚΠΕ Ανωγείων

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιάσουμε την περίπτωση του Κέντρου Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Ανωγείων, κυρίως τα τελευταία χρόνια, λειτουργεί από το 2006 και βρίσκεται στ' Ανώγεια του Νομού Ρεθύμνης, οι δράσεις του αφορούν τόσο στην τοπική όσο και στην ευρύτερη κοινωνία του νομού, αλλά και όλης της Κρήτης. Συγκεκριμένα, σήμερα, υλοποιεί τα παρακάτω προγράμματα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης:

1. Στης Αμάλθειας τη γη, χρώμα, άρωμα, ζωή (Μονοήμερο και Διήμερο)

Βιοποικιλότητα και ενδημισμός, ένα ταξίδι στον θαυμαστό κόσμο της φύσης του Ψηλορείτη. Το Φυσικό Πάρκο του Ψηλορείτη φιλοξενεί ένα σημαντικότατο αριθμό ενδημικών ειδών της Κρήτης και αποτελεί ένα βιωματικό «σχολείο» βιοποικιλότητας και ενδημισμού.

2. Όταν το νερό αγκάλιασε την πέτρα (Μονοήμερο και Διήμερο)

Το ανάγλυφο του Ψηλορείτη σε συνδυασμό με τις ιδιότητες του ασβεστολιθικού πετρώματος επιτρέπει στον μαθητή, εκπαιδευτικό να παρακολουθήσει όλους τους ορατούς και αθέατους δρόμους του νερού, αλλά και τις τεχνητές παρεμβάσεις του ανθρώπου για την εκμετάλλευση του νερού. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει επίσκεψη σε σπήλαια της περιοχής, όπου παρουσιάζεται η βιοκοινωνία των σπηλαίων.

3. Επίσκεψη στο σπίτι του βοσκού, ακολουθώντας το μονοπάτι του Αγίου Υακίνθου (Μονοήμερο και Διήμερο)

Το πρόγραμμα αυτό αφορά στα Μιτάτα - λιθόκτιστους οικισμούς, αλλά και στη ζωή και στις δραστηριότητες του κτηνοτρόφου του Ψηλορείτη. Στο πρόγραμμα αυτό οι συμμετέχοντες μπορούν να δουν τα Μιτάτα, θολωτά λίθινα κτίσματα του βουνού, ως αρμονική προέκταση του γεωλογικού τοπίου και ως μοναδική οικολογική διαχείριση των δομικών υλικών της περιοχής σε συνδυασμό με τη χρηστική τους λειτουργία ως παραδοσιακές κατοικίες των βοσκών. Μπορούν να προσεγγίσουν βιωματικά το χώρο του μιτάτου, τη ζωή του βοσκού και να παρακολουθήσουν τη διαδικασία της τυροκομικής μέσα στο χώρο αυτό.

4. Παραδοσιακοί οικισμοί (Μονοήμερο - Πιλοτική εφαρμογή του προγράμματος)

Το πρόγραμμα αφορά στην αρχιτεκτονική και δόμηση παλιών και σύγχρονων κατοικιών της περιοχής και απευθύνεται σε μαθητές Δημοτικού, Γυμνασίου και Λυκείου.

5. Πως το Φυσικό Περιβάλλον γεννά Πολιτισμό… (Μονοήμερο και Διήμερο - Πιλοτική εφαρμογή του προγράμματος)

Το πρόγραμμα απευθύνεται σε ομάδες μαθητών, εκπαιδευτικών και ενηλίκων και αφορά στην επίδραση του Φυσικού Περιβάλλοντος στην γέννηση, την παραγωγή και την εξέλιξη του Πολιτισμού. Στο Φυσικό Πάρκο Ψηλορείτη υπάρχει πολιτισμική ποικιλία, παραγωγικές διαδικασίες των ανθρώπων, καλλιτεχνική έκφραση και δημιουργία. Προσπαθούμε στο

πρόγραμμα αυτό να ανιχνεύσουμε με βιωματικά εργαστήρια τη σχέση αλληλεπίδρασης του φυσικού περιβάλλοντος με το πολιτισμικό.

6. Ζώντας αειφορικά: μειώνοντας το οικολογικό μας αποτύπωμα (Μονοήμερο)

Το πρόγραμμα απευθύνεται σε μαθητές Ε' και ΣΤ' τάξης του Δημοτικού σχολείου και Γυμνασίου. Σκοπό έχει να κατανοήσουν οι μαθητές τον τρόπο σχηματισμού του οικολογικού αποτυπώματος μέσα από δραστηριότητες, παιχνίδια, εργασίες να αμφισβητήσουν τις αξίες της καταναλωτικής κοινωνίας και να κάνουν τις κατάλληλες επιλογές στην καθημερινή τους ζωή, ώστε να έχουν μικρότερο οικολογικό αποτύπωμα.

7. Φυσικό και Ανθρωπογενές Περιβάλλον: Αξίες και Ανθρώπινα Δικαιώματα στο πλαίσιο της Αειφορίας (Μονοήμερο)

Το πρόγραμμα αυτό απευθύνεται σε μαθητές Νηπιαγωγείου, Δημοτικού, Γυμνασίου και Λυκείου. Σκοπό έχει να κατανοήσουν οι μαθητές τις αξίες και τα ανθρώπινα δικαιώματα στο πλαίσιο της αειφορίας και στο πλαίσιο της στρατηγικής για την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη, η οποία περιέχει θέματα όπως μάχη για την εξάλειψη της φτώχιας, ρόλος του πολίτη, ειρήνη, ηθική, υπευθυνότητα σε τοπικό και παγκόσμιο επίπεδο, δημοκρατία, δικαιοσύνη, ανθρώπινα δικαιώματα (προσφυγικό ζήτημα) κ.ά., στο πλαίσιο της διαχείρισης των φυσικών πόρων και της διαγενεακής αλληλεγγύης. Οι μαθητές που θα συμμετέχουν στο πρόγραμμα μέσα από παιχνίδια, δραστηριότητες, συνεντεύξεις κ.ά., μπορούν να ευαισθητοποιηθούν και να προβληματιστούν σε θέματα Φυσικού και Ανθρωπογενούς Περιβάλλοντος: αναφορικά με τις Αξίες και τα Ανθρώπινα Δικαιώματα στο πλαίσιο της Αειφορίας, στο πλαίσιο της στρατηγικής της UNECE για την Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη (Education for Sustainable Development).

Το ΚΠΕ Ανωγείων υλοποιώντας τα παραπάνω προγράμματα, δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές που συμμετέχουν σε αυτά, όχι μόνο να διευρύνουν το λεξιλόγιό τους, και να ευαισθητοποιούνται γύρω από τα φλέγοντα περιβαλλοντικά ζητήματα. Τους βοηθά συγχρόνως να μαθαίνουν τη σωστή χρήση των υλικών, να συνεργάζονται και να δρουν συλλογικά σαν ομάδα, να ακολουθούν τους κανόνες, να σέβονται τα υλικά που δεν είναι ανεξάντλητα, εξασκούν τους λεπτούς χειρισμούς, κοινωνικοποιούνται και αυτονομούνται.
Επίσης τα παιδιά έρχονται σε άμεση επαφή με φυσικά υλικά, όπως το χώμα, το νερό, χρησιμοποιούν εργαλεία για να φυτέψουν, μαθαίνουν να παρατηρούν, για να προβούν στη συνέχεια σε διαπιστώσεις σχετικά με την κατανόηση την έννοιας του χρόνου και της σπουδαιότητας των δέντρων στην διατήρηση της ζωής. Μελετούν το έδαφος αλλά και το υπέδαφος και όλους τους μυστικούς θησαυρούς που κρύβει, δίνουν τροφή στα πουλιά από τους καρπούς των δέντρων και των φυτών. Μεταμορφώνονται σε μικρούς εξερευνητές που με τον μεγεθυντικό φακό τους ανακαλύπτουν κάθε μέρα τον άγνωστο κόσμο των φυτών και των εντόμων. Έτσι οι μαθητές αυξάνουν την παρατηρητικότητα τους, δίνεται μια διέξοδο στο πλήθος των συναισθημάτων τους, διεγείρουμε την πρωτοβουλία και την δημιουργική τους ικανότητα, αλλά το σημαντικότερο, μαθαίνουν να σέβονται τα δικαιώματα των ζώων και των φυτών που παίζουν τον δικό τους ενεργό ρόλο στο οικοσύστημα.
Εκτός από την διέγερση της φαντασίας, δίνεται μια διέξοδος στις καλλιτεχνικές τάσεις των παιδιών, ελέγχονται και συντονίζονται οι λεπτές κινήσεις των χεριών τους, ενώ παράλληλα μαθαίνουν να μην κάνουν υπερκατανάλωση αγαθών χρησιμοποιώντας ξανά και ξανά το κάθε αγαθό. Με την ταξινόμηση των υλικών γίνεται αβίαστα η εισαγωγή σε απλές

προμαθηματικές έννοιες (ομαδοποίηση, ταξινόμηση, αναλογίες, ποσότητες), η οποία θα βοηθήσει τη μετέπειτα μαθηματική εξέλιξη των μικρών μαθητών.

3. Αποτελέσματα

Σύμφωνα με την Ruth Wilson (1993), τη σημερινή εποχή, τα παιδιά δεν αναπτύσσουν αυτόματα το συναίσθημα της ευαισθητοποίησης και της εκτίμησης όσον αφορά τον φυσικό κόσμο. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που εντείνουν τα δύο παραπάνω και μάλιστα περισσότερο δημιουργούν προκαταλήψεις ως προς την φύση, παρά ένα είδος εκτίμησης προς αυτήν. Σύμφωνα με μία έρευνα της Palmer (1993), ο πιο σημαντικός παράγοντας ανάπτυξης προσωπικής ευθύνης για το περιβάλλον είναι οι θετικές εμπειρίες στην ύπαιθρο κατά την παιδική ηλικία. Ενώ σε μία ερευνά της, η Wilson (1994) ανακάλυψε ότι οι απόψεις των παιδιών σχετικά με το φυσικό περιβάλλον περιελάμβαναν κυρίως εκφράσεις φόβου και απέχθειας, παρά εκτίμηση, φροντίδα και ευχαρίστηση. Πώς θα μπορούσαν, επομένως τα παιδιά να μάθουν να εκτιμούν το φυσικό περιβάλλον, όταν ο συγκεκριμένος τρόπος ζωής τους «προστατεύει» από την στενή επαφή με την φύση; Η Wilson (1993) θεωρεί ότι η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, ειδικότερα στην προσχολική ηλικία, θα πρέπει να επικεντρώνεται περισσότερο στην επίδραση και στην διαισθητική γνώση, παρά σε γεγονότα και σε συγκεκριμένη γνώση. Γι' αυτό και τα προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης θα πρέπει να ευαισθητοποιούν τα παιδιά για την ομορφιά της φύσης και να δημιουργούν ένα αίσθημα φροντίδας και σεβασμού σε ότι αφορά το φυσικό περιβάλλον και τους ζωντανούς οργανισμούς που αποτελούν μέρος αυτού.
Επιπλέον, έμφαση θα πρέπει να δίνεται στις αλληλεπιδραστικές σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ όλων των πλευρών του φυσικού περιβάλλοντος. Η Π.Ε. (Περιβαλλοντική Εκπαίδευση) θα πρέπει να είναι μία διαδικασία ανάπτυξης, όχι μόνο γνώσεων και δεξιοτήτων, αλλά και ευαισθητοποίησης, αξιών και στάσεων. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να τονώνει την περιέργεια και το ενδιαφέρον των παιδιών σχετικά με τον κόσμο γύρω τους και να τα διδάσκει να παρατηρούν φαινόμενα της φύσης.
Η Π.Ε. οικοδομείται πάνω στην κατανόηση του πώς τα παιδιά μαθαίνουν, δηλαδή μέσω της αλληλεπίδρασης με το φυσικό περιβάλλον. Τα παιδιά μαθαίνουν καλύτερα είτε μέσα από τις ανακαλύψεις τους στην ύπαιθρο, είτε μέσα από υλικά που συγκεντρώνονται από την ύπαιθρο, είτε μέσα από εποπτικό υλικό που έχουμε συγκεντρώσει από την ύπαιθρο. Επιπλέον, η Π.Ε. απευθύνεται στην ολόπλευρη ανάπτυξη του παιδιού, καθώς έχει να προσφέρει ανεκτίμητες πηγές, όπως είναι η άμεση εμπειρία με το φυσικό περιβάλλον. Ως επακόλουθο των παραπάνω, οι εμπειρίες βοηθάνε και ενισχύουν όλες τις αναπτυξιακές περιοχές, όπως είναι η εναρμόνιση, η αισθητική, η γνωστική, η κοινωνικο-συναισθηματική, η αισθησιοκινητική και η επικοινωνιακή (Wilson,1993).
Κύριος σκοπός της Π.Ε. είναι τα παιδιά να «ενεργούν με αυτοπεποίθηση, σεβασμό προς τον εαυτό τους και τους άλλους, φαντασία, δημιουργικότητα, κριτική σκέψη, ομαδικότητα και με αναγκαίες γνώσεις της δομής και της λειτουργίας του περιβάλλοντος» (Τσιλίδου, 2005). Σύμφωνα με την Wilson (1993), ορισμένοι στόχοι ενός περιβαλλοντικού προγράμματος στην προσχολική ηλικία είναι, α) να αναπτύξει ευαισθητοποίηση και ευχαρίστηση ως προς την ομορφιά και τον θαυμασμό του φυσικού περιβάλλοντος, β) να κατανοήσουν τα παιδιά ότι όλοι οι οργανισμοί στην φύση συνδέονται μεταξύ τους και ότι για να επιβιώσουν χρειάζονται τροφή, νερό και αέρα, όπως και ο άνθρωπος, γ) να αναπτύξουν αίσθημα εκτίμησης και σεβασμού προς τον φυσικό κόσμο, καθώς τον διαπερνά ισορροπία και αρμονία, δ) να αντιληφθούν ότι οι άνθρωποι αποτελούν μέρος του φυσικού κόσμου, καθώς εξαρτώνται και επηρεάζονται από αυτόν, αλλά και ότι οι πράξεις τους μπορούν να επηρεάσουν και άλλους οργανισμούς που ζουν σε αυτό. Οι στόχοι αυτοί θα μπορούσαν να συμβάλουν στην

περαιτέρω εξέλιξη οικολογικών στάσεων, και να βοηθήσουν μελλοντικά στην εξάλειψη περιβαλλοντικών προβλημάτων.
Μερικές πρακτικές σχετικά με το πώς μαθαίνουν τα παιδιά είναι:

1. να ξεκινήσουμε με απλές εμπειρίες από το πιο άμεσο περιβάλλον,
2. να διατηρήσουμε την συμμετοχή των παιδιών ενεργή,
3. να παρέχουμε ευχάριστες και αξιοσημείωτες εμπειρίες,
4. να δίνουμε έμφαση στην εμπειρία έναντι της διδασκαλίας,
5. να παρέχουμε εμπειρίες που να προέρχονται από πολυτροπικές μεθόδους μάθησης, να υπάρχουν δηλαδή πολλές πηγές πληροφοριών και όχι μία μόνο,
6. να επικεντρωνόμαστε στις σχέσεις για συνεργασία, επικοινωνία, σεβασμό και αλληλεπίδραση,
7. να εστιάσουμε στην ομορφιά της φύσης,
8. να εντάσσουμε την Π.Ε. σε όλες τις διαστάσεις σε ένα πρόγραμμα προσχολικής.

Όλα τα προγράμματα του ΚΠΕ Ανωγείων υλοποιούνται σε φάσεις με στόχο την ευαισθητοποίηση σε περιβαλλοντικά θέματα, τη θεωρητική προσέγγιση των θεμάτων, την έρευνα πεδίου και τις εργαστηριακές και δημιουργικές δραστηριότητες. Από το 2006 μέχρι σήμερα έχουν υλοποιήσει πρόγραμμα Π.Ε. στο ΚΠΕ Ανωγείων περίπου 10.000 μαθητές, ενώ έχουν επιμορφωθεί σε σεμινάρια του ΚΠΕ περίπου 5.000 εκπαιδευτικοί. Στόχος, βέβαια, είναι να επιτευχθεί η συνεργασία ανάμεσα στις δράσεις που υλοποιούν οι μαθητές μέσα από το προγράμματα Π.Ε. με τις δράσεις που αναλαμβάνουν οι ενήλικοι της τοπικής κοινωνίας, έτσι, ώστε να επιτευχθεί το άνοιγμα του σχολείου στην τοπική κοινωνία (UNESCO, 2005).
Ωστόσο, η Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στην καλλιέργεια της μέριμνας για την ζωή των μελλουσών προσώπων και την ποιότητά της. Θα πρέπει να καλλιεργεί την ενσυναίσθηση, η οποία σχετίζεται με τη δυνατότητά των παρόντων ανθρώπων να «μπουν» στη θέση των μελλόντων, να νιώσουν τις επιθυμίες τους και να δράσουν σύμφωνα με τη δική τους συλλογική θέληση. Αυτή η δυνητική εναλλαγή ρόλων και προοπτικών καλλιεργεί την κριτική σκέψη και την κατανόηση του δικτύου των αλληλεπιδράσεων που συγκροτούν το περιβάλλον και ενθαρρύνουν τους μαθητές–μελλοντικούς πολίτες να διεκδικήσουν μια καλύτερη ποιότητα ζωής γι' αυτούς και τους απογόνους τους.
Οι περιβαλλοντικές αξίες είναι κανονιστικές αξιώσεις που μας δεσμεύουν, επειδή προκύπτουν από τις υποχρεώσεις της ηθικής μας φύσης. Ωστόσο, τα περιβαλλοντικά ζητήματα προκύπτουν και από τη σχέση τους με την κοινωνία, επομένως έχουν και έντονη κοινωνική διάσταση, επειδή προκαλούνται από κοινωνικές πρακτικές και προκαλούν συγκεκριμένες συνέπειες σε κοινωνικές ομάδες. Αν και η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση γαλουχήθηκε με τις θετικές επιστήμες, δεν μπορεί να θεωρηθεί μέρος της διδακτικής της οικολογίας ή των φυσικών επιστημών, ούτε πολύ περισσότερο να ταυτιστεί με αυτές, αλλά πρέπει να προσπαθήσει να συγκροτήσει θεωρίες που να αναφέρονται στην πρόληψη των εννοιών της από τις διάφορες ομάδες και άτομα, στις περιβαλλοντικές αξίες που αυτά πρεσβεύουν στις στάσεις και συμπεριφορές Αυτή η θεωρητική συγκρότηση είναι το κλειδί που θα υπηρετήσει την δημιουργία εναλλακτικών δομών προσέγγισης, ώστε να θεραπεύσουμε την διαταραγμένη σχέση ανάμεσα στην κοινωνία και τη φύση (Γεωργόπουλος, 2014).

4. Συμπεράσματα

Εκείνο που κάνει μαγική την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (Π.Ε.) ή Εκπαίδευση για την Αειφορία, αλλά και επικίνδυνη καθώς έχει τη δύναμη να προκαλεί συγκρούσεις, είναι οι αξίες που πρέπει να καλλιεργήσει, για να υπάρξουν συγκεκριμένες στάσεις και συμπεριφορές για μια καλύτερη περιβαλλοντική ποιότητα ζωής. Αυτός είναι ο λόγος που η ΠΕ οφείλει να έρθει σε επαφή με τον τρόπο διαχείρισης συγκρούσεων, αλλά και τις περιβαλλοντικές αξίες. Είναι σημαντικό να εκπαιδεύσουμε τα παιδιά, αλλά και τους εαυτούς μας σε μια βασική δεξιότητα, την τέχνη «να μπορούμε να βλέπουμε τον κόσμο με τα μάτια του άλλου». Τα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι σε μεγάλο βαθμό ηθικά προβλήματα και ως τέτοια πρέπει να αντιμετωπίζονται. Η έμφαση στην ανάγκη ενδιαφέροντος για όλες τις μορφές ζωής και ανάπτυξης περιβαλλοντικού ήθους, συνδέει την περιβαλλοντική εκπαίδευση με την εκπαίδευση αξιών. Προϋπόθεση για τη δημιουργία παγκόσμιων υπεύθυνων συμμετοχικών πολιτών είναι η διαπαιδαγώγησή τους σύμφωνα με τις περιβαλλοντικές ιδέες, στάσεις και αξίες.

«Τα παιδιά που μεγαλώνουν σε σπίτια καθαρά, όπου δεν υπάρχουν αράχνες, φοβούνται τις αράχνες, κι ο φόβος αυτός παραμένει κι όταν μεγαλώσουν. Δεν είδα ποτέ χωριάτες, ούτε άνδρα, ούτε γυναίκα, ούτε παιδί να φοβούνται τις αράχνες…. Λοιπόν, γιατί η εκπαίδευση ενός παιδιού να μην αρχίζει προτού μιλήσει και προτού καταλάβει, αφού η εκλογή και μόνο των αντικειμένων που του παρουσιάζουμε το κάνει δειλό ή θαρραλέο;….» (Ρουσσώ, Αιμίλιος ή για την εκπαίδευση, Α τόμος, σελ.60).

5. Βιβλιογραφία

Γεωργόπουλος, Α. (2002). Περιβαλλοντική Ηθική. εκδ. Gutenberg, Αθήνα.

Γεωργόπουλος, Α. (2014). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση: Ζητήματα ταυτότητας. Εκδόσεις: Gutenberg, Αθήνα.

Δραγώνα-Μονάχου, Μ. (1995). Σύγχρονη Ηθική Φιλοσοφία, Ο Αγγλόφωνος Στοχασμός. Εκδόσεις: Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Καραγεωργάκης, Στ. (2006). «Περιβαλλοντική Ηθική». Cogito 5, σ.σ. 50-52.

Σούρλας Π.Κ. (2007-2008). Μέλλοντα Πρόσωπα (Future Persons). Επιθεώρηση Βιοηθικής, τόμος Ι, τεύχος Ι, σελ.58-76.

Τσιλίδου, Ε. (2005). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση & Αγωγή στο Νηπιαγωγείο, στο Πρακτικά 1ου Συνεδρίου Σχολικών Προγραμμάτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (σσ. 735-741). Ισθός Κορίνθου, 23-25 Σεπτεμβρίου 2005.

Φλογαΐτη, Ε. (2006). Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία. Εκδόσεις: Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.

Φλογαίτη, Ε. (1993). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Ελληνικές Πανεπιστημιακές Εκδόσεις, Αθήνα

Palmer, J. A. (1993). Development of concern for the environment and formative experiences of educators. *Journal of Environment Education*, 24, 26-30.

Partridge, E. (1990). «On the Rights of Future Generations». *Environmental Ethics and Public Policy*. www.igc.org/gadfly

Rogers, A. (1999). Η Εκπαίδευση Ενηλίκων. Μεταίχμιο, Αθήνα.

UNECE (2005). Education for sustainable development in the UNECE region. http://www.unece.org/env/esd/Strategy&Framework.htm

Wilson, R. (1994). Enhancing the outdoor learning environment of preschool programmes. *Environment Education*, 46, 26-27 EJ484 153

Wilson, R. (1993). Fostering a sense of wonder during the early childhood years. Columbus, OH: Greyden Press.

Η ΓΝΩΡΙΜΙΑ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΜΕ ΤΟΥΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ (ΤΠΕ)

Ελευθερία Αργυρού[1], *Νεκτάριος Μήλιος*[2]

[1]Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Θήρας
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία προτείνεται η διδασκαλία της θεματικής ενότητας που αναφέρεται στους μικροοργανισμούς, στις ασθένειες που ορισμένοι από αυτούς προκαλούν και στους μηχανισμούς άμυνας που διαθέτει ο ανθρώπινος οργανισμός. Η συγκεκριμένη διδακτική προσέγγιση αποτελεί μια ολοκληρωμένη παιδαγωγική δραστηριότητα και είναι μια πρόταση που απευθύνεται στους μαθητές της Β΄ τάξης του Γυμνασίου. Ο προβλεπόμενος απαιτούμενος χρόνος είναι οι 10 διδακτικές ώρες. Στην προτεινόμενη διδακτική πρακτική αξιοποιούνται οι τεχνολογίες πληροφορίας και επικοινωνιών (ΤΠΕ). Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες και ανακαλύπτουν τη γνώση με ιστοεξερεύνηση και δημιουργούν κόμικς για να περιγράψουν με ένα διαφορετικό τρόπο τη γνώση που κατέκτησαν από τη διδακτική διαδικασία.

Abstract

In the present study the teaching of the subject that is referred to the microorganisms, the diseases that some of them cause and the physiology of the human immune system is presented. This teaching approach is a comprehensive educational activity and is a proposal addressed to the students of the second grade of junior high school. The estimated time spent in the classroom is 10 hours. Students use the information and the communication technologies (ICT), collaborate in groups, they use the Internet to explore, compare and select the most suitable information relating to the subject of their study.

1. Εισαγωγή

Οι μαθητικές τάξεις οργανώνονται και δραστηριοποιούνται ως μέρος της καθημερινότητας που βιώνει ραγδαίες αλλαγές σε κοινωνικοπολιτικό, οικονομικό, ιδεολογικό επίπεδο. Η εκπαίδευση χρειάζεται να καθορίζει με σαφήνεια το όραμα, τους στόχους, αλλά και τις τεχνικές και μεθόδους για να πραγματώσει τους στόχους αυτούς. Επιπλέον, απαιτούνται διαρκείς ζυμώσεις, αξιολόγηση και επαναπροσδιορισμός των στόχων και των μεθόδων ώστε να επιλέγονται νέοι όταν αυτό κρίνεται αναγκαίο. Στο σύγχρονο σχολείο είναι, επομένως, αναγκαία η αξιοποίηση μεθόδων και τεχνικών διερεύνησης και ανακάλυψης της γνώσης με τρόπο συνεργατικό, που βασίζεται στην αυτενέργεια των μαθητών (Τσαπαρλής 2000).
Οι μαθητές δέχονται καθημερινά λόγω της στενής τους σχέσης με το διαδίκτυο, πληθώρα πληροφοριών που συχνά η αξιοπιστία τους δεν είναι δεδομένη. Η αποδοτικότερη αξιοποίηση του διαδικτύου και των τεχνολογιών της πληροφορίας και των τεχνολογιών προϋποθέτει από τον διδάσκοντα την οργάνωση της διδασκαλίας του ώστε να μην αποκλείεται το διαδίκτυο ως «επικίνδυνο», αλλά να αξιοποιείται ως εργαλείο συλλογής πληροφοριών, χρήσιμων για την

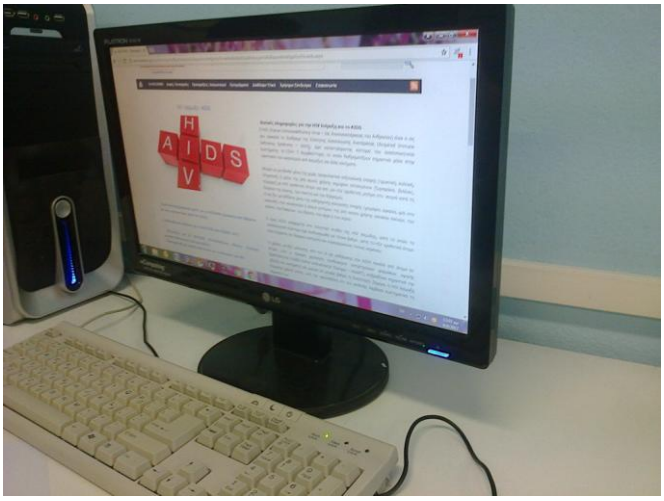
επίτευξη των στόχων που ο διδάσκων θέτει. Ως μέσο λοιπόν το διαδίκτυο είναι ένα αντίβαρο στο μονοπωλιακό καθεστώς των παραδοσιακών μέσων διδασκαλίας (Κόκκοτας 2010).

2. Μεθοδολογία

Στην παρούσα εργασία οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες (Εικόνα 1). Σε κάθε ομάδα ανατέθηκαν συγκεκριμένες εργασίες και ερωτήματα. Πιο αναλυτικά, αξιοποιήθηκαν τα ψηφιακά μαθησιακά αντικείμενα που βρίσκονται καταχωρημένα στο ψηφιακό σχολείο (φωτόδεντρο). Επιπλέον, χρησιμοποιήθηκαν ελεύθερα λογισμικά όπως το Cmap tools για τη δημιουργία εννοιολογικών χαρτών, το Gimp 2.8.2. και το pixton για τη δημιουργία κινουμένων σχεδίων. Αξιοποιήθηκε η μέθοδος της ιστοεξερεύνησης (webquest) (Εικόνα 2), που αποτελεί σενάριο κατευθυνόμενης διερεύνησης (Ματσαγγούρας 2001). Η μέθοδος αυτή στοχεύει να κινητοποιήσει τους μαθητές να διερευνήσουν το διαδίκτυο και να επεκτείνουν την προσωπική τους εμπειρία, απαντώντας σε ανοιχτά ερωτήματα που ο διδάσκων έχει καταγράψει σε κατάλληλο φύλλο εργασίας. Κάτι τέτοιο κρίνεται απαραίτητο ώστε η έρευνα που διεξάγουν οι μαθητές στο διαδίκτυο να μην είναι μια στείρα αναπαραγωγή των αλιευμένων πληροφοριών. Τέλος, η αξιολόγηση των μαθητών κατά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας της ενότητας πραγματοποιήθηκε με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής με τη χρήση του λογισμικού HotPotatoes ή/και με κουίζ με το λογισμικό Quizlet.

Εικόνα 1: Οι μαθητές/τριες εργάζονται σε ομάδες στο σχολικό εργαστήριο Πληροφορικής.

Εικόνα 2: Με την ιστοεξερεύνηση οι μαθητές/τριες αναζητούν την πληροφορία σε διαδικτυακούς τόπους που έχει επιλέξει ο/η διδάσκων/ουσα.



3. Αποτελέσματα

Μέσα από την εργασία των μαθητών δημιουργήθηκαν εννοιολογικοί χάρτες στους οποίους για παράδειγμα καταγράφηκαν οι κατηγορίες των μικροοργανισμών (βακτήρια, μύκητες, πρωτόζωα και ιοί) αλλά και η διάκρισή τους σε παθογόνους και μη, ωφέλιμους ή/και απαραίτητους.
Σε κάθε ομάδα ανατέθηκαν ερωτήματα, που απαντήθηκαν σε φύλλο εργασίας, με τη βοήθεια του σχολικού βιβλίου, αλλά κυρίως με την αξιοποίηση του διαδικτύου, σύμφωνα με τη μέθοδο της ιστοεξερεύνησης. Για παράδειγμα, μεταξύ άλλων αναζητήθηκαν απαντήσεις σε ερωτήματα που σχετίζονται με τα βακτήρια και τους μηχανισμούς δράσης των αντιβιοτικών, τα σεξουαλικώς μεταδιδόμενα νοσήματα, τον ιό HIV και τη φαρμακευτική αγωγή που ακολουθούν οι φορείς του ιού.
Επίσης, κατά την αξιοποίηση των ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων που βρίσκονται καταχωρημένα στο ψηφιακό σχολείο και συγκεκριμένα στο φωτόδεντρο, αναφέρουμε ενδεικτικά ότι οι μαθητές ανακάλυψαν ή/και επιβεβαίωσαν την προϋπάρχουσα γνώση τους για την αξιοποίηση των μικροοργανισμών στην παραγωγή τροφίμων, φαρμάκων, αλλά και στην προστασία του περιβάλλοντος.
Δημιουργήθηκαν κόμικς στα οποία αποδεικνύεται ότι οι μαθητές αντιλήφθηκαν για παράδειγμα τι είναι το εμβόλιο ή πως ο ανθρώπινος οργανισμός ενεργοποιείται κατά των αντιγόνων μέσω της δράσης του ανοσοποιητικού συστήματος.

4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία προτείνεται η αξιοποίηση ελεύθερων λογισμικών στη διδασκαλία του μαθήματος της Βιολογίας σε μαθητές Γυμνασίου. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αποτελεί μια διαφοροποιημένη διδασκαλία που προάγει την ανάπτυξη της κριτικής και δημιουργικής σκέψης των μαθητών. Οι μαθητές ανακαλύπτουν τη γνώση αυτενεργώντας, καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους, συγκρίνουν και καταλήγουν σε συμπεράσματα. Επεξεργάζονται τα ερεθίσματα με προσωπικό τρόπο, αξιοποιώντας τις εμπειρίες τους από την καθημερινή τους ζωή. Συμμετέχουν στις αποφάσεις και μαθαίνουν να αγαπούν την εργασία και τη δημιουργία.

Η βιωματική μαθησιακή διαδικασία ενεργοποιεί το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών μιας τάξης. Το ενδιαφέρον τους είναι πολύ μεγάλο, όχι μόνο εκείνων που κατά παράδοση θεωρούνται «καλοί μαθητές» αλλά και εκείνων που συνήθως έχουν χειρότερες επιδόσεις στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών. Άλλωστε με αυτό τον τρόπο ενεργοποιούνται και συμμετέχουν πολλοί από τους μαθητές που αγαπούν και ασχολούνται ιδιαιτέρα με τον τομέα της πληροφορικής.
Οι μαθητές επαναπροσδιορίζουν τις ιδέες τους σε σχέση με τους μικροοργανισμούς και συνδέουν την παρουσία των τελευταίων με το περιβάλλον και όλες τις εκφάνσεις της ζωής. Η ιδέα πως όλοι οι μικροοργανισμοί προκαλούν ασθένειες μετατοπίζεται προς το ορθότερο, ότι δηλαδή οι περισσότεροι μικροοργανισμοί είναι ωφέλιμοι ή/και απαραίτητοι για τα οικοσυστήματα, αλλά και χρήσιμοι για διάφορους τομείς της υγείας και της διατροφής. Επίσης, πολλοί μαθητές αναρωτιούνται για το αν τελικά «ο άνθρωπος είναι το κέντρο του κόσμου».
Αντίστοιχες προσεγγίσεις μπορούν να εφαρμοστούν και στη διδασκαλία της ενότητας που αναφέρεται στους μικροοργανισμούς και σε τάξεις του Λυκείου, αφού πρώτα ληφθούν υπόψη οι διαφορετικές συνθήκες και οι ιδιαιτερότητες των συγκεκριμένων μαθητών.

Ενδεικτικά φύλλα εργασίας

1ο φύλλο εργασίας:

1. Παρατηρήστε τον πίνακα ζωγραφικής και καταγράψτε τα έμβια όντα που παρατηρείτε.

.....
.....

2. Υπάρχουν και άλλα;

ΟΧΙ ΝΑΙ

3. Ορισμός μικροοργανισμού:

……
……

4. Αξιοποιώντας τον παρακάτω υπερσύνδεσμο να απαντήσετε στις ερωτήσεις:
http://ecourse.uoi.gr/course/view.php?id=1151

4Α. Ποιο είναι το αντικείμενο μελέτης της Μικροβιολογίας;

……
……
……

4Β. Ποιοι επιστήμονες έβαλαν τα θεμέλια της Μικροβιολογίας;

……
……
……

4Γ. Ποια είναι η πιο γνωστή ανακάλυψη του Αλεξάντερ Φλέμινγκ;

……
……
……

4Δ. Τι ανακάλυψε ο γιατρός Jenner;

……
……

2ο φύλλο εργασίας:

ΛΟΙΜΩΔΗ ΝΟΣΗΜΑΤΑ

Αξιοποιώντας τον παρακάτω υπερσύνδεσμο να απαντήσετε στις ερωτήσεις:
http://www.keelpno.gr/

1. Καταγράψτε κάποια στοιχεία για την **εποχική γρίπη**.

Περίοδος δραστηριότητας:…….....
.....

Τρόποι πρόληψης:……
……

Ομάδες αυξημένου κινδύνου:

……
……
……..

2. Ποιος μικροοργανισμός προκαλεί το Σύνδρομο της Επίκτητης Ανοσολογικής Ανεπάρκειας (Acquired Immune Deficiency Syndrome – AIDS);

……
……
……

3. Πως μεταδίδεται η ασθένεια (AIDS);

……
……

4. Ποιοι είναι οι τρόποι προφύλαξης;

……
……

5. Υπάρχει εμβόλιο για το AIDS;

……
……
……..

6. Ποια είναι τα επιδημιολογικά δεδομένα για την ασθένεια στην Ελλάδα το 2016; Ποιος φορέας είναι υπεύθυνος για τη συλλογή των δεδομένων;

……
……
……..

5. Βιβλιογραφία

Κόκκοτας Β. (2010). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Τόμος Β΄. Αθήνα. Εκδόσεις Γρηγόρη.

Ματσαγγούρας, Η. (2001). *Στρατηγικές Διδασκαλίας: Κριτική Σκέψη στη Διδακτική Πράξη*, Gutenberg, Αθήνα.

Ματσαγγούρας, Η.Γ. (1999*). Θεωρία και πράξη της Διδασκαλίας Η σχολική Τάξη ως Χώρος, Ομάδα, Πειθαρχία, Μέθοδος*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. και Καμπούρη, Α. Βιολογία Γ' Γυμνασίου, Βιβλίο Μαθητή, Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Πολιτισμού και Αθλητισμού, εκδόσεις Ι.Τ.Υ.Ε. Διόφαντος.

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. και Καμπούρη, Α. Βιολογία Γ' Γυμνασίου, Βιβλίο Μαθητή, Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Πολιτισμού και Αθλητισμού, εκδόσεις Ι.Τ.Υ.Ε. Διόφαντος.

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. και Καμπούρη, Α. Βιολογία Γ' Γυμνασίου, Βιβλίο Καθηγητή, Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Πολιτισμού και Αθλητισμού, εκδόσεις Ι.Τ.Υ.Ε. Διόφαντος.

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ. και Καμπούρη, Α. Βιολογία Γ' Γυμνασίου, Εργαστηριακός Οδηγός, Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων, Πολιτισμού και Αθλητισμού, εκδόσεις Ι.Τ.Υ.Ε. Διόφαντος.

Τσαπαρλής, Γ. (2000). *Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Διδακτική της Χημείας*. ΔιΧηΝΕΤ, Ιωάννινα.

ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΦΕ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗΣ - ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΣΜΟΣ

Σίμος Αναγνωστάκης

ΠΤΔΕ., Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Η παρούσα εργασία περιγράφει την διαδικασία προσθήκης επιπλέον δυνατοτήτων εισόδου και εξόδου στα Lego Mindstorms NXT για να χρησιμοποιηθούν σε διδακτικές δραστηριότητες ηλεκτρομαγνητισμού από του φοιτητές του ΠΤΔΕ. Περιγράφεται η κατασκευή και χρήση σε διδακτικά σενάρια ενός αισθητήρα τάσης (+5V, +15V), ενός ηλεκτρονικού διακόπτη για τον έλεγχο εξωτερικών κυκλωμάτων και ενδεικτικών LEDs, καθώς και τα σενάρια καινοτόμων διδακτικών παρεμβάσεων για την εφαρμογή τους.

Abstract

This paper describes the process of adding additional input and output capabilities to the Lego Mindstorms NXT to be used in teaching activities electromagnetism by students of Primary Education. We describe the construction and use in educational scenarios a voltage sensor (+ 5V, + 15V), an electronic switch for controlling external circuits and indicator LEDs, and scenarios innovative teaching interventions for implementation.

1. Εισαγωγή

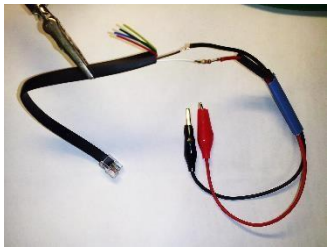
Η ρομποτική είναι το κορυφαίο παράδειγμα του γάμου της επιστήμης και της τεχνολογίας, ιδίως όσον σχετίζονται με την επίλυση των προβλημάτων ή τις ανθρώπινες ανάγκες. Τα Lego Mindstorms είναι εξαιρετικά παραδείγματα των συστημάτων, με πολλά ετερογενή συστατικά που αλληλεπιδρούν με οργανωμένους, μεθοδικούς τρόπους για την επίτευξη αποτελεσμάτων ως ένα σύνολο που δεν θα μπορούσαν να επιτευχθούν χωριστά. Σε προηγούμενη εργασία παρουσιάσαμε τα ενθαρρυντικά αποτελέσματα της ενσωμάτωσης της εκπαιδευτικής ρομποτικής στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με την δυνατότητα ανάπτυξης πειραματικών δραστηριοτήτων Φυσικών Επιστημών με τη χρήση εκπαιδευτικής ρομποτικής (Αναγνωστάκης & Σταύρου, 2015). Εντούτοις όμως οι λειτουργίες τους περιορίζονται από τα είδη των αισθητήρων που περιλαμβάνουν τα έτοιμα σύνολά, ενώ το «μυαλό» του ρομπότ δεν είναι τίποτε περισσότερο από ένα μικροελεγκτή με αναλογικές και ψηφιακές εισόδους. Με πολύ μικρό κόπο και κόστος (Gasperi & Hurbain, 2009) μπορούμε να διευρύνουμε τις «αισθήσεις» του για να δημιουργήσουμε δραστηριότητες για τον ηλεκτρομαγνητισμό και όχι μόνο. Τα παραδείγματα επιδεικνύουν την κατασκευή ενός βολτομέτρου 5V και 15V, ενός διακόπτη φορτίου και οδήγησης LEDs, καθώς και την χρήση αυτών σε δραστηριότητες:

2. Μεθοδολογία

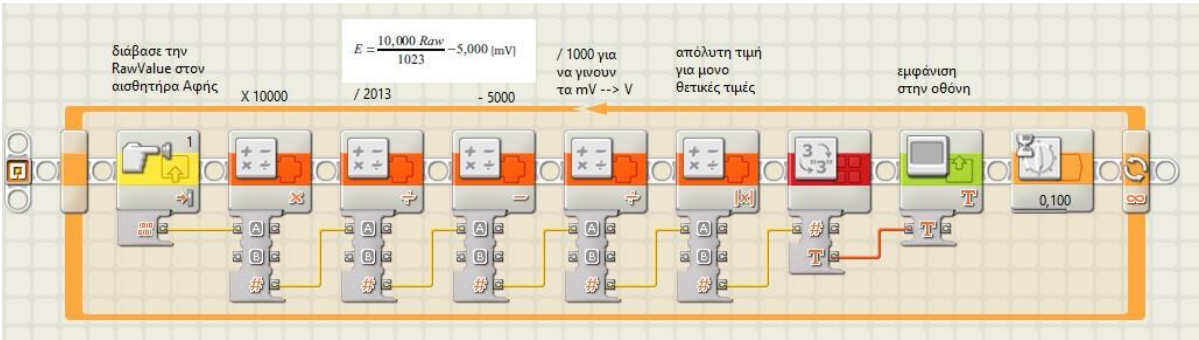
Κατασκευή Βολτόμετρου 5V και 15V

Συνδέσετε μία αντίσταση 10k στο Pin 1 (λευκό καλώδιο) και μετρήστε την τάση ανάμεσα στο άλλο άκρο της αντίστασης και στο Pin 2 (μαύρο καλώδιο). Αυτό μετρά τάσεις μεταξύ -5 και 5 volts. Μπορείτε να διαβάσετε την τάση χρησιμοποιώντας τη μέθοδο RawValue στον αισθητήρα Αφής. Η τιμή 0 είναι -5V και 1024 είναι + 5v.

Εικόνα 1: Η κατασκευή του αισθητήρα τάσης 5V

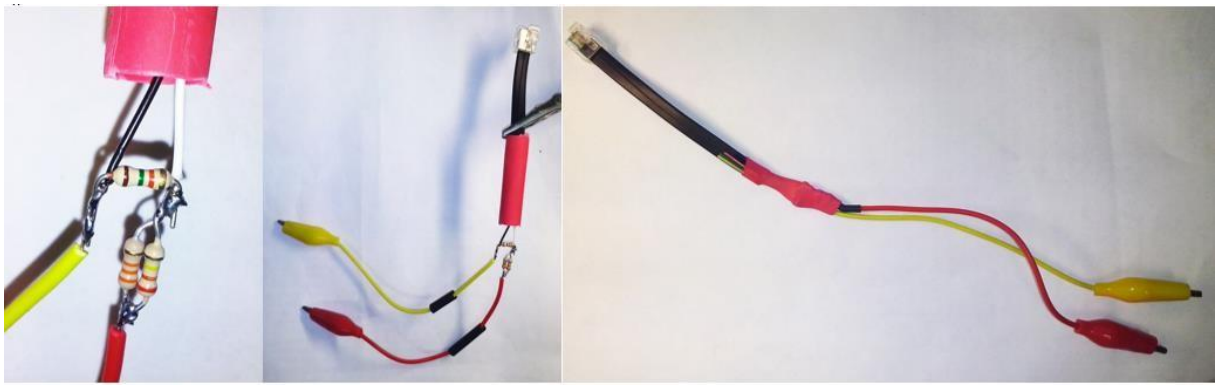


Εικόνα 2: Πρόγραμμα στο NXT-G για το βολτόμετρο 15V



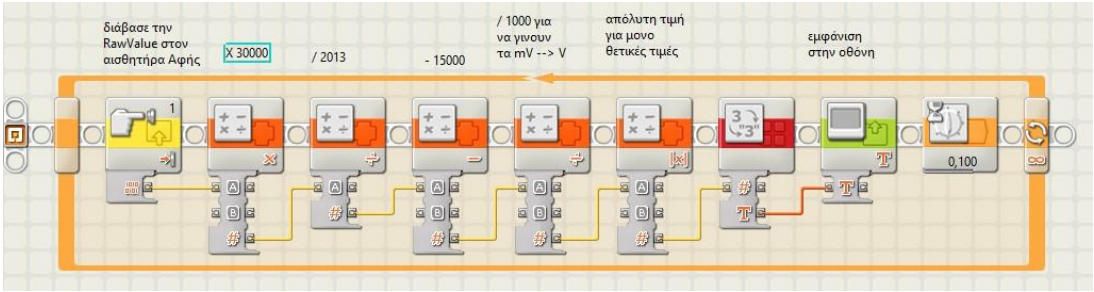
Το πρόγραμμα διαβάζει την είσοδο 1 και περνάει τις RAW τιμές στις μαθηματικές εντολές. Η τιμή, διαιρείται με το 1.023 πολλαπλασιάζεται με 10.000 και αφαιρείται το 5.000 (είναι η τιμή για το σημείο 0V) και αφού για απλότητα παίρνουμε μόνο την απόλυτη τιμή αυτή εμφανίζεται στην οθόνη. (Σημ.: *Αν τίποτα δεν είναι συνδεδεμένο στην είσοδο, η οθόνη θα διαβάσει 5,00, η οποία είναι ακριβώς η παροχή 5V στο εσωτερικό του NXT*.)

Εικόνα 3: Η κατασκευή του αισθητήρα τάσης 15V



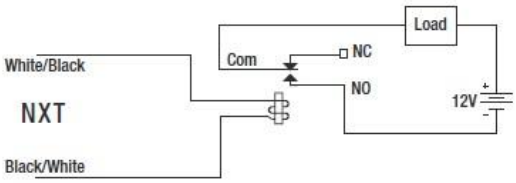
Επειδή πιο κοινές συνηθισμένες τιμές ηλεκτρονικών ειδών είναι περίπου 12V και 9V μπορείτε να κατασκευάσετε ένα βολτόμετρο που μετρά μεταξύ -15 και + 15V με την χρήση ενός διαιρέτη τάσης με αντιστάσεις 15k και 30k. Συνδέσετε μία αντίσταση 30k στο Pin 1 (λευκό καλώδιο) και μία αντίσταση 15k ανάμεσα στο Pin 1(λευκό καλώδιο) και Pin 2 (μαύρο καλώδιο) και μετρήστε την τάση ανάμεσα στο άλλο άκρο της αντίστασης των 30k και στο Pin 2 (μαύρο καλώδιο). Αυτό μετρά τάσεις μεταξύ -15 και +15V. (Σημ1.: *Αν τίποτα δεν είναι συνδεδεμένο στην είσοδο, η οθόνη θα δείχνει 7,50V*). (*Σημ2.: Η αντίσταση των 30K δημιουργείται βάζοντας παράλληλα μια 33K και μία 330K*).

Εικόνα 4: Πρόγραμμα στο NXT-G για το βολτόμετρο 15V



Κατασκευή διακόπτη για τον έλεγχο εξωτερικών κυκλωμάτων

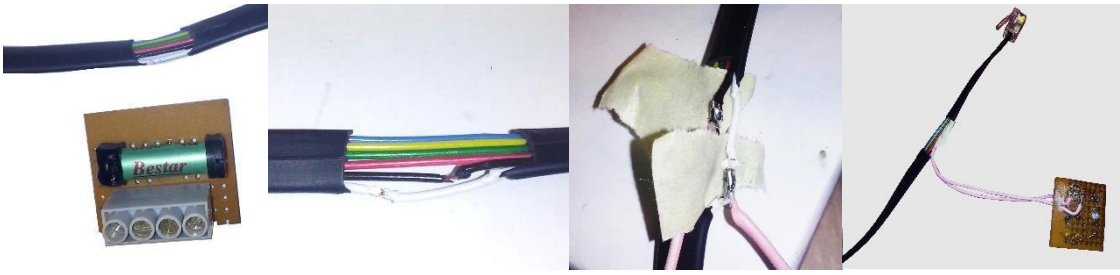
Εικόνα 5: Διάγραμμα σύνδεσης ηλεκτρονόμου



Για την κατασκευή ενός διακόπτη απαιτείται μόνο ένα ηλεκτρονόμος (ρελέ) με τάση λειτουργίας από 5 - 10Volt. (*Σημ.: Οι ηλεκτρονόμοι ελέγχουν διακόπτες που χρησιμοποιούν έναν ηλεκτρομαγνήτη που κάνει τις επαφές να ανοίγουν ή να κλείνουν. Συνήθως έχουν και δύο καταστάσεις κανονικά ανοικτή (NO) και κανονικά κλειστή (NC) επαφή με μία κοινή σύνδεση*).

Το βασικό κύκλωμα φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Το φορτίο μπορεί να είναι μια συσκευή που λειτουργεί σε μια διαφορετική τάση από το NXT, και επίσης κάτι που απαιτεί σημαντικά περισσότερη ισχύ από ό, τι το NXT μπορεί να προσφέρει. Η σύνδεσή του είναι απλή (παρακάτω φωτογραφίες).

Εικόνα 6. Κατασκευή του διακόπτη



Σύνδεση στις εξόδους του NXT LEDs

Τα LEDs έχουν μπει στην καθημερινότητα μας σαν στοιχεία φωτισμού αντικαθιστώντας τις λάμπες πυρακτώσεως. Το LED είναι απλά για δίοδος που παράγει φως (μόνο όταν συνδεθεί με την ορθή φόρα). Αυτό σημαίνει επίσης η τάση ανόδου πρέπει να είναι θετική σε σχέση με την κάθοδο. Επειδή στην έξοδο του NXT η πολικότητα της τάσης μπορεί να είναι θετική ή αρνητική, θα πρέπει να προστατεύει το LED με μια άλλη δίοδο (πχ 1N4148) για να το αποτρέψει από την καταστροφή. Τα σχήμα δείχνει διάγραμμα κυκλώματος για ένα ή δύο LED. Η τιμή της αντίστασης R για τάση 9V και ρεύμα 20 mA είναι 350Ω, αλλά μια τιμή από 330 ως 470 θα λειτουργήσει. Συνδέοντας το λευκό καλώδιο NXT καλωδίων με την αντίσταση και το μαύρο με την κάθοδο LED θα κάνει ένα LED που ανάβει όταν η έξοδος της εντολής Κινητήρα γίνει ON-Εμπρός. Αντιστρέφοντας τα λευκά και μαύρα θα κάνει ένα LED να ανάβει όταν η έξοδος της εντολής Κινητήρα γίνει ON-Πίσω. Αν αντικαταστήσουμε την δίοδο με ένα άλλο LED, τότε αυτά θα ανάβουν εναλλάξ ανάλογα με την κατεύθυνση.

Εικόνα 7. Διάγραμμα σύνδεσης LEDs

3. Αποτελέσματα

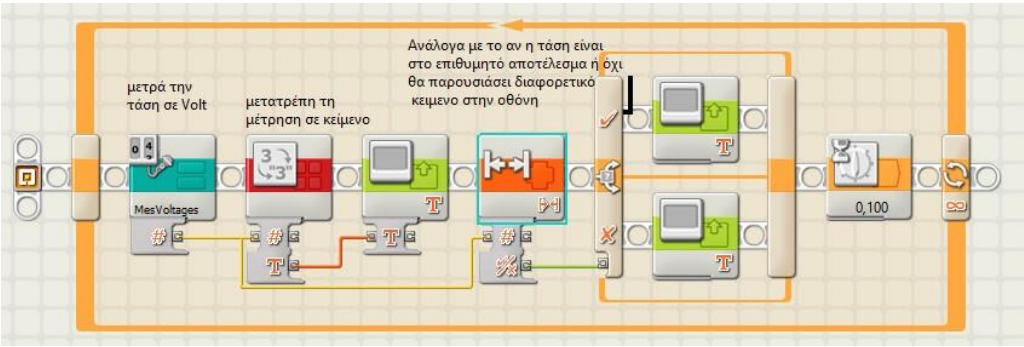
Πείραμα με λεμόνι, μπαταρία και αισθητήρα τάσης

Το γνωστό πείραμα αυτό αποσκοπεί στο να αποδειχθεί ότι το λεμόνι λειτουργεί σαν μπαταρία. Αυτό γιατί το λεμόνι περιέχει μέσα οξύ, το οποίο σε συνδυασμό με τα αγώγιμα υλικά που του προσθέτουμε (π.χ. χαλκός και σίδηρος), κάνει το ηλεκτρικό ρεύμα που υπάρχει μέσα σε αυτό να ρέει. Στη συνέχεια προσθέτουμε και άλλα λεμόνια, για να παραχθεί μεγάλη τάση και να ανάψει ένα λαμπάκι τύπου led. Έτσι έχουμε δημιουργήσει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, το οποίο μπορούμε και να συνδέσουμε με το NXT για να μετρήσουμε την τάση

του, αντί για τη χρήση ενός βολτόμετρου. Επίσης, έχουμε προγραμματίσει το NXT έτσι ώστε να δείχνει στην οθόνη πέραν από την παραγόμενη τάση κάθε φορά, και τις ενδείξεις ‘’good voltage’’ και ‘’bad voltage’’, όταν η τάση που μετρά βρίσκεται στα επιθυμητά όρια.

Εικόνα 8. Δραστηριότητα με αισθητήρα τάσης

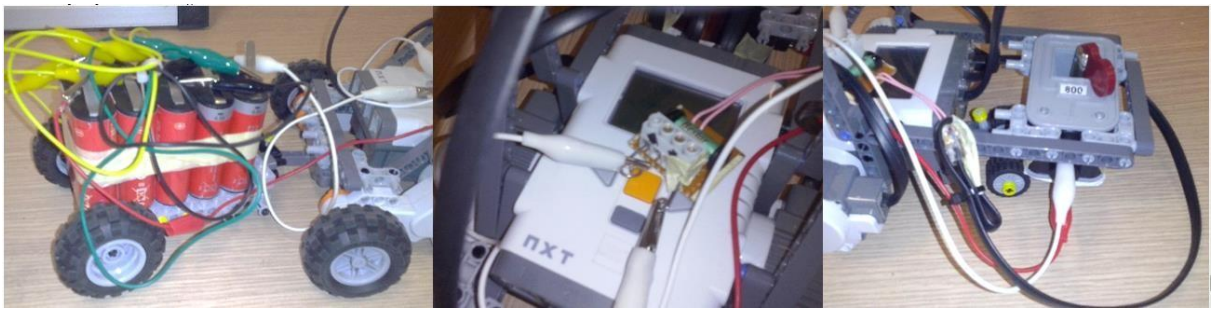
Εικόνα 9. Πρόγραμμα NXT-G για δραστηριότητα με αισθητήρα τάσης



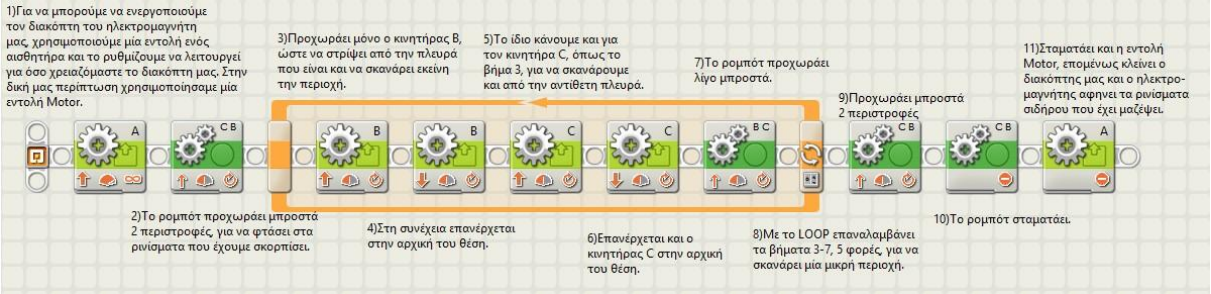
Ηλεκτρομαγνητισμός. Συλλογή σιδηρομεταλλευμάτων

Κατασκευή ενός οχήματος με ηλεκτρομαγνήτη. Συνδέστε 5 μπαταρίες των 4,5 volt, με καλώδια, με ένα πηνίο των 800 σπειρών. Στη συνέχεια τοποθετείστε τις μπαταρίες και το πηνίο στο ήδη προκατασκευασμένο NXT ρομπότ και συνδέστε τες με τον διακόπτη, ο οποίος θα συνδέεται στο NXT ρομπότ. Έπειτα, φτιάξτε ένα πρόγραμμα με το λογισμικό MINDSTORMS Edu NXT 2, με το οποίο το NXT ρομπότ σας θα σαρώσει μία συγκεκριμένη περιοχή και θα μαζεύει ρινίσματα σιδήρου που θα σκορπίσετε σε αυτήν. Αρχικά, εκτελέστε το πείραμα χωρίς να τοποθετήσετε μεταλλική ράβδο στο εσωτερικό του πηνίου.

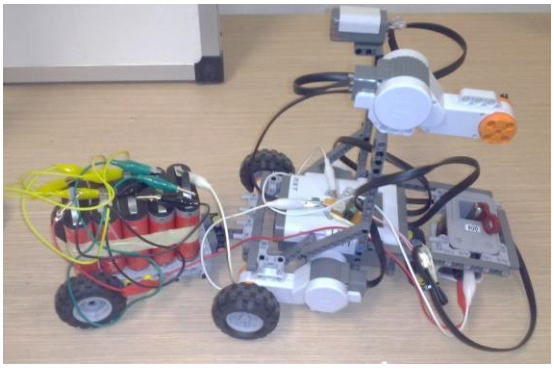
Εικόνα 10. Δραστηριότητα με διακόπτη φορτίου



Εικόνα 11. Πρόγραμμα NXT-G για δραστηριότητα με διακόπτη φορτίου



Εικόνα 12. Το όχημα περισυλλογής της δραστηριότητας



4. Συμπεράσματα

Είναι ένα πρώτο θετικό βήμα, όπου διαφαίνεται ότι οι φοιτητές των ΠΤΔΕ με την κατάλληλη εκπαίδευσή μπορούν να αναπτύξουν πρότυπες διδακτικές δραστηριότητες με την χρήση των παραπάνω αισθητήρων και διακοπτών. Η Εκπαιδευτική Ρομποτική μπορεί να συνεισφέρει στην διδακτική των Φ.Ε. προσθέτοντας στις πειραματικές διατάξεις δυνατότητες λήψης απόφασης και δημιουργικότητας βάζοντας του μελλοντικούς εκπαιδευτικούς σε παραγωγική θέση διδακτικού υλικού και όχι σε απλή αναπαραγωγή του ΑΠΣ.

5. Βιβλιογραφία

Αναγνωστάκης, Σ. & Σταύρου, Δ. (2015). Πειραματικές Διατάξεις Φυσικών Επιστημών με Εκπαιδευτική Ρομποτική. Στο Ψύλλος Δημ., Μολοχίδης Αν. & Καλλέρη Μ. (Επιμ.), Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές, (σσ. 422-429). Θεσσαλονίκη. Ανάκτηση από http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr.

Gasperi, M. & Hurbain, P. (2009). Extreme NXT: Extending the LEGO MINDSTORMS NXT to the Next Level, Second Edition. Apress.

ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ Γ/ΘΜΙΑΣ, Β/ΘΜΙΑΣ ΚΑΙ Α/ΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΘΕΜΑΤΩΝ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΣΤΗ ΣΧΟΛΙΚΗ ΠΡΑΞΗ

Αιμιλία Μιχαηλίδη, Δημήτρης Σταύρου

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE σε μια πρώτη φάση 5 εκπαιδευτικοί σε συνεργασία με Μουσεία Επιστημών, Ερευνητικά Κέντρα και Ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ανέπτυξαν μια διδακτική ενότητα Νανοτεχνολογίας. Σε μια δεύτερη φάση 32 εκπαιδευτικοί επιμορφώθηκαν στα πλαίσια κοινοτήτων μάθησης και εφάρμοσαν στις τάξεις τους ενότητες για τη Νανοτεχνολογία, τα Μικροπλαστικά και το Μητρικό Θηλασμό. Οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να γνωρίσουν βασικές διαστάσεις της έρευνας στα παραπάνω θέματα μέσα και από την αλληλεπίδρασή τους με επιστήμονες. Αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας ήταν η ανάπτυξη από τους μαθητές 38 διαδραστικών επιστημονικών εκθεμάτων που παρουσίασαν σε ανοιχτές εκδηλώσεις στο ευρύ κοινό.

Abstract

In the context of the EU project IRRESISTIBLE in a 1st phase 5 teachers in collaboration with Science Museums, Research Centers and Science Education Researchers developed a teaching module on Nanotechnology. In a 2nd phase 32 teachers were trained within learning communities and implemented modules on Nanotechonogy, Microplastics and Breast milk. Students had the opportunity to get acquainted with the main research dimensions related to the aforementioned topics through their interaction with scientists. The outcome of this process was the development of student-made scientific exhibits.

1. Εισαγωγή

Η έρευνα στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) έχει αναγνωρίσει την αξία της ενσωμάτωσης επιστημονικών αντικειμένων αιχμής στα μαθήματα των ΦΕ, καθώς ωφελεί ιδιαίτερα την ίδια την εκπαιδευτική διαδικασία, εξοικειώνοντας τους μαθητές με τις επιστημονικές διεργασίες και βοηθώντας τους να βαθύνουν την κατανόηση της φύσης της επιστήμης (Levinson 2006). Επίσης παρέχει τη δυνατότητα να βιώσουν οι μαθητές την εμπειρία της επιστήμης εν τη γενέσει της, αντί της "έτοιμης" άκαμπτης επιστήμης που συνήθως διδάσκονται, και να εξερευνήσουν συναρπαστικά, πραγματικά παραδείγματα επιστημονικών εφαρμογών, καθιστώντας το μάθημα πιο ελκυστικό και ενδιαφέρον (Schank, Krajcik & Yunker 2007).

Τα αντικείμενα βέβαια αυτά ενδείκνυνται και για την διαπραγμάτευση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων καθώς γύρω από την τρέχουσα έρευνα υπάρχουν ερωτήματα που είναι ακόμα ανοιχτά και στα οποία η επιστημονική κοινότητα δεν έχει καταλήξει σε ομόφωνα αποδεκτές απαντήσεις. Το γεγονός αυτό, μπορεί να εμπλέξει τους μαθητές σε συζητήσεις

σχετικά με προβληματικές καταστάσεις οι οποίες μπορούν να ειδωθούν από διαφορετικές σκοπιές, παρωθώντας τους να αναζητήσουν επιστημονικά, κοινωνικά, οικονομικά κ.α. επιχειρήματα για την στήριξη της εκάστοτε άποψης (Sadler 2011). Η αξιοποίηση σύνθετων κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων ως πλαίσιο για την εκπαίδευση στις ΦΕ έχει απασχολήσει ιδιαίτερα την έρευνα στης διδακτικής των ΦΕ (Zeidler & Keefer 2003, Marks & Eilks 2009 κ.α.). Η πιο σύγχρονη τάση ωστόσο αφορά στην αξιοποίηση των διαστάσεων της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (ΥΕΚ) ως πλαισίου διαπραγμάτευσης των κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων (Blonder et al. 2016). Η ΥΕΚ αντιπροσωπεύει μια σύγχρονη άποψη της διασύνδεσης μεταξύ επιστήμης και κοινωνίας καθώς έχει ως στόχο τη δημιουργία μιας κοινής αντίληψης για το ποιος πρέπει να είναι ο ρόλος διαφόρων εμπλεκόμενων παραγόντων (επιστημόνων, πολιτών, πολιτικών κ.α.) στις διαδικασίες της έρευνας και της καινοτομίας (Sutcliffe 2011). Η δυστακτικότητα ωστόσο των εκπαιδευτικών να εντάξουν στα μαθήματά τους τη διαπραγμάτευση κοιωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (Sadler et al. 2016) καθιστά επιτακτική την ανάπτυξη προγραμμάτων επαγγελματικής εκπαίδευσής τους.
Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα IRRESISTIBLE (http://www.irresistible-project.eu) είχε ως στόχο την ανάπτυξη διδακτικών ενοτήτων και την εκπαίδευση εκπαιδευτικών για την προώθηση της ενεργού συμμετοχής των μαθητών στη διαδικασία της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας. Συγκεκριμένα, αναγνωρίζοντας τη σημασία της συνεργασίας εκπαιδευτικών και ερευνητών προώθησε τη δημιουργία κοινοτήτων μάθησης (Κ.Μ.) ως μέσο αλληλο-μόρφωσης αρχικά για την ανάπτυξη και έπειτα για την ευρύτερη εφαρμογή διδακτικών ενοτήτων σε αντικείμενα έρευνας αιχμής με διαστάσεις της ΥΕΚ.
Στο πλαίσιο του προγράμματος δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο συνδυασμό τυπικών και άτυπων περιβαλλόντων μάθησης και στην αλληλεπίδραση των μαθητών με επιστήμονες, ερευνητικά κέντρα και μουσεία επιστημών. Ακόμα, σημαντικό μέρος του προγράμματος υπήρξε η διαδικασία της επικοινωνίας της γνώσης που απέκτησαν οι μαθητές μέσα από την ανάπτυξη διαδραστικών επιστημονικών εκθεμάτων από τους ίδιους.

2. Μεθοδολογία

Στην Ελλάδα, το πρόγραμμα IRRESISTIBLE εφαρμόστηκε ως εξής:
Στη διάρκεια της Α΄ φάσης, 5 εκπαιδευτικοί (ένας εκπαιδευτικός της πρωτοβάθμιας και 4 εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης – 2 φυσικοί και 2 χημικοί), σε συνεργασία με ερευνητές στο πεδίο της επιστήμης, ερευνητές της διδακτικής των ΦΕ και ειδικούς της επικοινωνίας της επιστήμης ανέπτυξαν και υλοποίησαν μια διδακτική ενότητα σχετικά με τη Νανοτεχνολογία και πτυχές της ΥΕΚ.
Στη διάρκεια της Β΄ φάσης, οι 5 αυτοί εκπαιδευτικοί έδρασαν ως πολλαπλασιαστές και εκπαίδευσαν στα πλαίσια Κ.Μ. άλλους 32 εκπαιδευτικούς (5 έως 10 ο καθένας) στην εφαρμογή της ενότητας που ανέπτυξαν οι ίδιοι αλλά και άλλων 2 ενοτήτων που αναπτύχθηκαν από αντίστοιχες ομάδες άλλων χωρών στην Α’ φάση. Στόχος της Β’ φάσης ήταν η εφαρμογή σε ευρύτερη κλίμακα των ενοτήτων που είχαν αναπτυχθεί γι΄ αυτό και οι 32 συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί υπηρετούσαν σε διαφορετικούς τύπους σχολείων τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.
Οι 3 ενότητες στις οποίες επιμορφώθηκαν και εφάρμοσαν οι εκπαιδευτικοί ήταν οι: Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας, Πλαστικά στους Ωκεανούς και Μητρικό γάλα για μια υγιή ανάπτυξη. Κοινός παρονομαστής αυτών των 3 ενοτήτων ήταν πως αυτές ήταν σχεδιασμένες έτσι ώστε: α) να εγείρουν ζητήματα υπεύθυνης έρευνας και καινοτομίας μέσα από αντικείμενα σύγχρονης έρευνας αιχμής, β) να προάγουν τη διερευνητική μάθηση βασιζόμενες στο μοντέλο των 6Ε (Kähkönen 2016) και γ) να εμπλέκουν τους μαθητές στην ανάπτυξη διαδραστικών επιστημονικών εκθεμάτων.

Η εκπαίδευση και υποστήριξη των εκπαιδευτικών στα πλαίσια των 5 κοινοτήτων μάθησης που λειτούργησαν, διήρκεσε συνολικά ένα σχολικό έτος και αφορούσε σε διά ζώσης ή διαδικτυακές συναντήσεις των κοινοτήτων. Η επιμόρφωση μπορεί να διακριθεί σε 4 φάσεις: (α) το κατεξοχήν κομμάτι της *εκπαίδευσης* των εκπαιδευτικών όπου διασαφηνίστηκαν οι βασικοί άξονες του προγράμματος, (β) την *εφαρμογή* των ενοτήτων όπου οι εκπαιδευτικοί με τη βοήθεια των μεντόρων προσάρμοσαν το διδακτικό υλικό στις ανάγκες των μαθητών τους, (γ) την φάση *ανάπτυξης των εκθεμάτων*, στη διάρκεια της οποίας οι εκπαιδευτικοί καταρτίστηκαν μέσα από μια ημερίδα ώστε να είναι σε θέση να υποστηρίξουν κατάλληλα τους μαθητές τους και (δ) τη φάση του αναστοχασμού όπου δόθηκε ανατροφοδότηση από τους εκπαιδευτικούς για τη συνολική εφαρμογή του προγράμματος.

3. Αποτελέσματα

Κατά την εφαρμογή των ενοτήτων στις τάξεις, η οποία διήρκεσε συνολικά τέσσσερις μήνες, οι περίπου 550 μαθητές όλων των βαθμίδων που συμμετείχαν στο πρόγραμμα ακολούθησαν μια διερευνητική προσέγγιση των αντικειμένων των τριών ενοτήτων. Αρχικά εξοικειώθηκαν με το επιστημονικό περιεχόμενο μέσα από διαφόρων τύπων δραστηριότητες (μικρές έρευνες, μελέτη κειμένων, χειραπτικές δραστηριότητες κ.α). Έπειτα ενεπλάκησαν με πτυχές της ΥΕΚ βιωματικά, με την επαφή τους με επιστήμονες που ασχολούνταν με το εκάστοτε αντικείμενο αλλά και μέσα από δραστηριότητες όπως παιχνίδια ρόλων, debates και μελέτη άρθρων εφημερίδων. Αναφορικά με τα ερευνητικά κέντρα πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις στο Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας στο Ηράκλειο Κρήτης, στο Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας του ΕΚΕΦΕ "Δημόκριτος" και στις Εγκαταστάσεις του ΕΛΚΕΘΕ σε Ανάβυσσο και Ηράκλειο. Τελικό εξαγόμενο της όλης διαδικασίας ήταν η ανάπτυξη 38 εκθεμάτων από τους μαθητές τα οποία ενσωμάτωναν πτυχές τόσο του επιστημονικού αντικειμένου όσο και των σχετιζόμενων προβληματισμών (Πίνακας 1). Τα εκθέματα αυτά παρουσιάστηκαν στο κοινό στα πλαίσια εκθέσεων που φιλοξενήθηκαν στο Ίδρυμα Ευγενίδου και το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης.

Πίνακας 1. Πτυχές της ΥΕΚ που εμφανίζονται στα εκθέματα των μαθητών

Πτυχές ΥΕΚ	**Νανοτεχνολογία (18)**	**Μητρικό Γάλα (7)**	**Μικροπλαστικά (13)**	**ΣΥΝΟΛΟ (38)**
Ενεργός Εμπλοκή	8	4	13	25
Εκπαίδευση στις ΦΕ	18	7	12	37
Ζητήματα Φύλου	4	5	2	11
Ηθική	11	5	1	17
Ελεύθερη Πρόσβαση	4	3	0	7
Ορθή διακυβέρνηση	4	4	2	10

Από τον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε ότι το σύνολο σχεδόν των εκθεμάτων (37 από τα 38) είναι εστιασμένα στο επιστημονικό περιεχόμενο της εκάστοτε ενότητας (Ε*κπαίδευση στις ΦΕ*), αντιλαμβανόμενοι οι μαθητές την παρεχόμενη αυτή γνώση που συμπεριλάμβαναν στα εκθεματά τους ως προϋπόθεση ώστε να μπορούν οι επισκέπτες να λαμβάνουν ενήμερες αποφάσεις. Σε μεγάλο αριθμό εκθεμάτων επίσης εμφανίζεται η πτυχή της *ενεργού εμπλοκής*

των πολιτών, κυρίως από τη σκοπιά της ανάγκης ευαισθητοποίησης των επισκεπτών ώστε να υιοθετήσουν μια πιο συνειδητή στάση απέναντι σε προϊόντα της σύγχρονης έρευνας, για τον περιορισμό πιθανών επιβλαβών συνεπειών στον άνθρωπο ή το περιβάλλον. Η πτυχή της *ηθικής δεοντολογίας* που πρέπει να διέπει την έρευνα εμφανίζεται και αυτή σε αρκετά εκθέματα, ιδιαίτερα σε αυτά που σχετίζονταν με τη νανοτεχνολογία και τα υποκατάστατα του μητρικού γάλακτος, όπου οι μαθητές θεώρησαν ότι ο ρόλος και η ευθύνη του επιστήμονα απέναντι στην κοινωνία από τους ενδεχόμενους κινδύνους που μπορεί να επιφέρουν τα προϊόντα της έρευνάς του είναι μεγάλης σημασίας. Τέλος, ζητήματα *φύλου, ορθής διακυβέρνησης* και *ανοιχτής πρόσβασης* στην επιστημονική γνώση παρατηρούμε ότι έτυχαν πιο περιορισμένης επεξεργασίας από τους μαθητές σε ότι αφορά στην ενσωμάτωσή τους στα εκθέματα.

4. Συμπεράσματα

Οι κοινότητες μάθησης αποδείχθηκαν ένα ιδιαίτερα αποτελεσματικό πλαίσιο για την υποστήριξη των εκπαιδευτικών κατά τη διάρκεια της εφαρμογής των ενοτήτων στις τάξεις τους, καθώς και οι 32 συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί, τόσο με την βοήθεια των μεντόρων όσο και των συναδέλφων τους, έφεραν τους μαθητές τους σε επαφή με αντικείμενα της σύγχρονης έρευνας, μέσα από διερευνητικά δομημένες διδασκαλίες και κατόρθωσαν να τους υποστηρίξουν επιτυχώς και στη διαδικασία ανάπτυξης των διαδραστικών εκθεμάτων.
Αντίστοιχα, η ανάπτυξη εκθεμάτων από τους μαθητές και η διαδικασία παρουσίασής τους στο κοινό ώθησε τους μαθητές να εμβαθύνουν στα πραγματευόμενα επιστημονικά αντικείμενα αλλά και να εμπλακούν με τη διαδικασία της ΥΕΚ και να αποτυπώσουν στα εκθέματά τους, τους σχετικούς προβληματισμούς.

5. Βιβλιογραφία

Bianchini, J. A., Johnston, C. C., Oram, S. Y. & Cavazos, L. M. (2003). Learning to teach science in contemporary and equitable ways: The successes and struggles of first-year science teachers. *Science Education, 87,* 419-443.

Kähkönen, A. L. (2016). *Models of inquiry and the IRRESISTIBLE 6E model*. Ανακτήθηκε από http://www.irresistible-project.eu/index.php/tr/blog-tr/168-models-of-inquiry-and-the-irresistible-6emodel στις 10-6-2016.

Levinson, R. (2006). Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. *International Journal of Science Education, 28(10),* 1201-1224.

Marks, R. & Eilks, I. (2009). Promoting Scientific Literacy Using a Sociocritical and Problem-Oriented Approach to Chemistry Teaching: Concept, Examples, Experiences. *International Journal of Environmental and Science Education, 4*(3), 231-245.

Sadler, T. D. (2011). Situating socio-scientific issues in classrooms as a means of achieving goals of science education. In *Socio-scientific Issues in the Classroom* (pp. 1-9). Springer Netherlands.

Sadler, T. D., Romine, W. L. & Topçu, M. S. (2016). Learning science content through socio-scientific issues-based instruction: a multi-level assessment study. *International Journal of Science Education, 38(10),* 1622-1635.

Schank, P., Krajcik, J. & Yunker, M. (2007). Can nanoscience be a catalyst for education reform? In F. Allhoff, P. Lin, J. Moor & J. Weckert (Eds.), *Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology*, pp. 277-289. Hobeken, NJ: Wiley Publishing

Sutcliffe, H. (2011), *A report on responsible research and innovation*. Brussels: Matter. Ανακτήθηκε στις 21/6/2016 από http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/rri-reporthilary-sutcliffe_en.pdf

Zeidler, D. L. & Keefer, M. (2003). The role of moral reasoning and the status of socioscientific issues in science education. *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*, 7-38.

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΗΝ Α/ΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Αχιλλέας Μανδρίκας[1], Κώστας Γκιώνης[2],
Σοφία Κακάτση[2], Τούλα Καλπίδου[2], Ρένα Καρατζόγλου[2],
Μιχάλης Κορδώνιας[2], Αφροδίτη Κουφάκη[2], Βάσω Λάζαρη[2],
Μαρία Μηλιώνη[2], Βιβή Παπακώστα[2], Φωτεινή Σδρόλια[2]

[1]Σχολικός Σύμβουλος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης
[2]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η εφαρμογή μιας διδακτικής ενότητας Φυσικών Επιστημών σε δέκα τμήματα ΣΤ΄ Δημοτικού με στόχο την επαφή των μαθητών με βασικές διαστάσεις της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας. Η ενότητα αυτή δομήθηκε και εφαρμόστηκε στο πλαίσιο του προγράμματος IRRESISTIBLE (FP7 612367/2013-2016). Οι εκπαιδευτικοί συμμετείχαν σε μια «Κοινότητα Μάθησης» με επιμορφωτή τον Σχολικό Σύμβουλο της περιοχής τους, συνεργάστηκαν με Κέντρα Επιστημών, υποστηρίχθηκαν από επιστημονική ομάδα ειδικών στη διδακτική Φυσικών Επιστημών, εφάρμοσαν στη σχολική τάξη τις ενότητες «Εφαρμογές νανοτεχνολογίας» και «Πλαστικά – καταστροφή των ωκεανών» και κατασκεύασαν με τους μαθητές τους εκθέματα, προκειμένου να επικοινωνήσουν τη γνώση που απέκτησαν με το ευρύ κοινό.

Abstract

In this paper, the implementation of a teaching module about “Nanotechnology applications” and “Plastic – Bane of the ocean” to ten Grade 6 primary classes is presented. The teaching modules have been developed in the framework of the IRRESISTIBLE project (FP7 612367/2013-2016). The teachers participated in a Community of Learners (CoL), were trained by the School Advisor and cooperated with Science Centers. They also guided their students to the construction of exhibits presented to the public. In this paper, the basic principles of the project and the creation of the exhibits are mainly presented.

1. Εισαγωγή

Στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE (http://www.irresistible-greece.edc.uoc.gr) εφαρμόσαμε στο 2^{ο} Δημ. Σχ. Βούλας, στο Δημ. Σχ. Βουλιαγμένης και στα Εκπαιδευτήρια Γείτονα την ενότητα «Εφαρμογές νανοτεχνολογίας» και στο 2^{ο} Δημ. Σχ. Βούλας, στο 3^{ο} Δημ. Σχ. Βούλας, στο 4^{ο} Δημ. Σχ. Βούλας και στο 1^{ο} Δημ. Σχ. Βάρης την ενότητα «Πλαστικά – καταστροφή των ωκεανών» κατά τη σχολική χρονιά 2015-2016. Στόχος του προγράμματος ήταν η επαφή μαθητών της Α/θμιας Εκπαίδευσης με βασικές διαστάσεις της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (Responsible Research & Innovation - RRI) μέσω θεμάτων που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας. Στόχος της εργασίας στο συνέδριο είναι η παρουσίαση εφαρμογής των δυο ενοτήτων ως καινοτόμου διδακτικής παρέμβασης χωρίς εξαντλητική παράθεση των ερευνητικών αποτελεσμάτων.

Η σημασία της διαπραγμάτευσης βασικών ιδεών της νανοεπιστήμης και της νανοτεχνολογίας στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών έχει τονιστεί από πολλούς ερευνητές (Hingant & Albe 2010, Laherto 2010, Stevens et al. 2009). Ως εκ τούτου, τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί ένας σημαντικός αριθμός προγραμμάτων και ερευνών σε σχέση με τη διδασκαλία της νανοτεχνολογίας (Μιχαηλίδη 2013).
Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στους ωκεανούς ανησυχεί τους επιστήμονες (Bazerman 2006, Baron 2006) και αναδεικνύει το πρόβλημα της ανεξέλεγκτης απόρριψης των πλαστικών σε αυτούς (Schöps et al. 2013). Εκατομμύρια τόνοι πλαστικών απορριμμάτων ετησίως καταλήγουν στους ωκεανούς (Van Sebille et al. 2015) και λόγω ρευμάτων συγκεντρώνονται σε συγκεκριμένα σημεία των ωκεανών, τις Πέντε Κηλίδες Απορριμμάτων (Van Sebille et al. 2012). Πολλά είδη πλαστικών, όπως τα PCB, έχει αποδειχθεί ότι είναι τοξικά για τον ανθρώπινο οργανισμό (Crinnion 2011, Winneke 2011, Zani et al. 2013), γι΄ αυτό έχουν ήδη απαγορευθεί (UNEP 1999). Ωστόσο, πολλά μικροπλαστικά χρησιμοποιούνται ακόμα στη βιομηχανία καλλυντικών και καθαριστικών (Hirst & Bennett 2017).
Τα δυο παραπάνω θέματα εισήχθησαν για διδασκαλία στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE (FP7 612367/2013-2016), αφενός ως σύγχρονα θέματα έρευνας αιχμής και αφετέρου ως κατάλληλα για τη μελέτη των βασικών διαστάσεων της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (European Commision 2012).

Η δομή της ενότητας «Εφαρμογές νανοτεχνολογίας»

Η ενότητα «Εφαρμογές νανοτεχνολογίας» εφαρμόστηκε στις σχολικές τάξεις σε επτά συναντήσεις-φάσεις:

1η συνάντηση: Έγινε εισαγωγή των μαθητών στο θέμα, ανίχνευση προϋπάρχουσας γνώσης και πρόκληση ενδιαφέροντος με την προβολή βίντεο για εφαρμογές της νανοτεχνολογίας.

2η συνάντηση: Πραγματοποιήθηκε επίσκεψη των σχολείων σε Μουσείο Φυσικών Επιστημών (Ευγενίδειο Ίδρυμα) με στόχο αφενός την επαφή με όψεις των εφαρμογών νανοτεχνολογίας και αφετέρου την ενημέρωση των μαθητών για τις βασικές αρχές σχεδιασμού εκθεμάτων.

3η συνάντηση: Με αφορμή βίντεο για τα αυτο-καθαριζόμενα υλικά έγιναν πρακτικές και πειραματικές δραστηριότητες με στόχο να συνειδητοποιηθεί πόσο μικρά είναι τα μεγέθη του νανόκοσμου. Οι μαθητές κλήθηκαν να κόψουν διαδοχικά και πολλές φορές μια μετροταινία σε 10 κομμάτια, να μετρήσουν με νανοχάρακα και να διατάξουν αντικείμενα απεικονισμένα σε καρτέλες σε επίπεδο μακροκλίμακας, μικροκλίμακας και νανοκλίμακας.

4η συνάντηση: Σε μια προσπάθεια εξήγησης των ιδιοτήτων που εξαρτώνται από το μέγεθος οι μαθητές μελέτησαν με πειράματα την έννοια της υδροφιλίας-υδροφοβίας. Κύλισαν μπαλάκια σε επιφάνειες στις οποίες είχαν καρφωθεί ξύλινα καλαμάκια, κατέγραψαν τις διαφορές ανάμεσα σε δυο αναβράζοντα δισκία και εργάστηκαν με κύβους διαφόρων μεγεθών μελετώντας τη μεταβολή της αναλογίας επιφάνειας προς όγκο.

5η συνάντηση: Οι μαθητές προσέγγισαν με οργανωμένο τρόπο θέματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας. Αυτό έγινε αρχικά με τη μελέτη κατάλληλα επιλεγμένων κειμένων από τα ΜΜΕ, τα οποία βοήθησαν τους μαθητές να προσεγγίσουν τη νανοεπιστήμη ως επιστημονικό αντικείμενο, τις εφαρμογές στην καθημερινή ζωή, τα οφέλη και τους κινδύνους, καθώς και την επισήμανση στοιχείων για την υπεύθυνη στάση των κοινωνικών φορέων σε θέματα έρευνας.

6η συνάντηση: Η ενασχόληση με θέματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας επεκτάθηκε με την οργάνωση επισκέψεων των σχολείων στο ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος, όπου οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να γνωρίσουν ειδικούς επιστήμονες, στους οποίους διατύπωσαν ερωτήματα για

θέματα ηθικής και δεοντολογίας και ειδικά για τον ρόλο των ιδρυμάτων και των επιστημόνων που αναπτύσσουν νανοϋλικά και ερευνούν τις πιθανές εφαρμογές τους.

7η συνάντηση: Ως ολοκλήρωση του προγράμματος υπήρχε η απαίτηση οι μαθητές να επικοινωνήσουν τη γνώση που απέκτησαν με τη δημιουργία σχετικών εκθεμάτων, τα οποία παρουσιάστηκαν στο κοινό σε ειδική εκδήλωση στο Ίδρυμα Ευγενίδου στις 15/4/2016.

Η δομή της ενότητας «Πλαστικά – καταστροφή των ωκεανών»

Η ενότητα «Πλαστικά – καταστροφή των ωκεανών» εφαρμόστηκε στις σχολικές τάξεις σε επτά συναντήσεις-φάσεις:

1η συνάντηση: Έγινε εισαγωγή των μαθητών στο θέμα, ανίχνευση προϋπάρχουσας γνώσης και πρόκληση ενδιαφέροντος με την προβολή κατάλληλου βίντεο.

2η συνάντηση: Πραγματοποιήθηκε επίσκεψη των σχολείων σε Μουσείο Φυσικών Επιστημών (Ευγενίδειο Ίδρυμα) με στόχο αφενός την επαφή με όψεις του θέματος και αφετέρου την ενημέρωση των μαθητών για τις βασικές αρχές σχεδιασμού εκθεμάτων.

3η συνάντηση: Οι μαθητές κλήθηκαν να λύσουν το Μυστήριο «Απειλείται η υγεία της οικογένειάς Larsson στη Γροιλανδία, επειδή οι άνθρωποι πετάνε πλαστικά σκουπίδια στους ωκεανούς εδώ και δεκαετίες;» μέσω ομαδικής εργασίας, αφού έλαβαν την απαραίτητη βασική γνώση μέσα από 16 κάρτες για τα προβλήματα με τα πλαστικά στους ωκεανούς. Οι μαθητές έφτιαξαν ένα διάγραμμα ροής για τη διαδρομή των πλαστικών από την πηγή ρύπανσης μέχρι τους αποδέκτες κι έναν εννοιολογικό χάρτη που να εμφανίζει τις πηγές ρύπανσης των ωκεανών. Συμπλήρωσαν φύλλα εργασίας και εντόπισαν γεωγραφικά τις Πέντε Κηλίδες Απορριμμάτων παγκοσμίως.

4η συνάντηση: Συζητήθηκε ιδιαιτέρως η παρουσία των μικροπλαστικών στα καλλυντικά και στα καθαριστικά προϊόντα κι επισημάνθηκε η συσσώρευσή τους μέσω της τροφικής αλυσίδας. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε έξι ομάδες για να διερευνήσουν με πειράματα, βιβλιογραφική έρευνα και συνεντεύξεις από ειδικούς θέματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας. Έμαθαν να διαβάζουν τα συστατικά των καλλυντικών, αναρωτήθηκαν τι κάνουν οι πολιτικοί, ερεύνησαν τις δυνατότητες καθαρισμού στα εργοστάσια επεξεργασίας λυμάτων, αναζήτησαν αποδείξεις ρύπανσης στην άμμο και στο νερό της θάλασσας, κατέγραψαν τους κινδύνους της θαλάσσιας ζωής από τα μικροπλαστικά.

5η συνάντηση: Η ενασχόληση με θέματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας επεκτάθηκε με την οργάνωση επισκέψεων των σχολείων στο ΕΛΚΕΘΕ Αναβύσσου, όπου οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να γνωρίσουν ειδικούς επιστήμονες, στους οποίους διατύπωσαν ερωτήματα για θέματα ηθικής και δεοντολογίας και ειδικά για τον ρόλο των ιδρυμάτων και των επιστημόνων σε θέματα προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

6η συνάντηση: Ένα παιχνίδι ρόλων και μια δομημένη συζήτηση (debate) αποτέλεσαν το επιστέγασμα της ενασχόλησης με τις οπτικές της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας.

7η συνάντηση: Ως ολοκλήρωση του προγράμματος υπήρχε η απαίτηση οι μαθητές να επικοινωνήσουν τη γνώση που απέκτησαν με τη δημιουργία σχετικών εκθεμάτων, τα οποία παρουσιάστηκαν στο κοινό σε ειδική εκδήλωση στο Ίδρυμα Ευγενίδου στις 15/4/2016.

Διδακτική μεθοδολογία

Οι δυο προαναφερόμενες ενότητες εφαρμόστηκαν στη σχολική τάξη στηριζόμενες στις βασικές αρχές της διερεύνησης (inquiry-based learning) και συγκεκριμένα στο μοντέλο 5Ε

του Bybee (Bybee 2002). Οι πέντε προβλεπόμενες φάσεις (εμπλοκή, εξερεύνηση, εξήγηση, επεξεργασία, αξιολόγηση) εμπλουτίστηκαν με μια ακόμα, τη φάση της ανταλλαγής, κατά την οποία οι μαθητές μέσω των εκθεμάτων παρουσίασαν τη γνώση που απέκτησαν στο ευρύ κοινό. Οι εκπαιδευτικοί είχαν εκπαιδευτεί στην εφαρμογή της διερεύνησης και την ακολούθησαν με μικρές κατά περίπτωση προσθήκες σε κάθε σχολική τάξη.

Τα εκθέματα των μαθητών

Στο πλαίσιο αυτό οι μαθητές με την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών δημιούργησαν διαδραστικά εκθέματα επιστήμης σχετικά με την ενότητα που διαπραγματεύτηκαν. Η κατασκευή εκθεμάτων από τους μαθητές ήταν προαπαιτούμενη από το πρόγραμμα και αποτέλεσε ουσιαστική πρωτοτυπία και συνιστώσα του. Οι μαθητές κάθε τάξης πρότειναν ιδέες για εκθέματα, συζήτησαν με τους εκπαιδευτικούς, αποφάσισαν, χωρίστηκαν σε ομάδες, έκαναν καταμερισμό εργασίας και κατασκεύασαν τα εκθέματα εργαζόμενοι στη σχολική τάξη ομαδοσυνεργατικά σε ώρες Ευέλικτης Ζώνης. Τα εκθέματα πήραν τη μορφή επιτραπέζιων παιχνιδιών με κάρτες και ερωτήσεις, αφισών, αντιστοιχήσεων, σταυρόλεξων και τρισδιάστατων κατασκευών. Στο σύνολο των δέκα (10) σχολικών τάξεων υπήρξε συμβουλευτική υποστήριξη σε επιστημονικό επίπεδο από τον Σχολικό Σύμβουλο και σε επίπεδο τεχνογνωσίας από το Ευγενίδειο Ίδρυμα.
Για την ενότητα «Εφαρμογές νανοτεχνολογίας» αναπτύχθηκαν επτά (7) εκθέματα: α) παιχνίδι με διαφορετικής κλίμακας αντικείμενα με τίτλο «Ηνωμένες Πολιτείες των Μεγεθών» β) νανοσταυρόλεξο γ) επιτραπέζιο παιχνίδι με αντιστοίχηση εικόνων με τίτλο «nano-pictureca» δ) επιτραπέζιο παιχνίδι με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής με τίτλο «νανοκυβάκια» ε) αντιστοίχιση αντικειμένων και κλιμάκων σε μαγνητοπίνακα με τίτλο «νανοαντιστοίχιση» στ) ηλεκτρονικό διαδραστικό παιχνίδι με ερωτήσεις και συνοδευτική αφίσα ζ) τρισδιάστατο επιτραπέζιο παιχνίδι με ερωτήσεις με τίτλο «νανοτσουλήθρα».
Για την ενότητα «Πλαστικά – καταστροφή των ωκεανών» αναπτύχθηκαν εννέα (9) εκθέματα: α) επιτραπέζιο παιχνίδι συνοδευόμενο από διαδραστική αφίσα με τίτλο «Σώσε τη Μεσόγειο» β) ομοίωμα φάλαινας με οδηγίες παιχνιδιού με τίτλο «Σώσε τη Βουλίτσα τη λαίμαργη» γ) επιτραπέζιο παιχνίδι ερωτήσεων με τίτλο «Παίξτε και προστατέψτε» δ) μαγνητική διαδραστική αφίσα με τίτλο «Χρόνος αποσύνθεσης υλικών» ε) επιτραπέζιο παιχνίδι με φόντο παγκόσμιο χάρτη και τίτλο «Σώσε τους ωκεανούς» στ) διάγραμμα ροής πλαστικών στους ωκεανούς ζ) κάρτες για ταξινόμηση σε φόντο βυθού (και συνοδευτικό βίντεο) με τίτλο «Μικροπλαστικά, ένας άγνωστος κίνδυνος για την τροφική αλυσίδα» η) κύβοι μικροπλαστικών (αναπτύγματα για συγκρίσεις) με τίτλο «Μικροπλαστικό: τόσο μικρό αλλά τόσο επικίνδυνο» θ) παιχνίδι ψαρέματος με τίτλο «Το πλαστικό στη χώρα των ψαριών».
Συνοπτικά, η δημιουργία εκθεμάτων α) αποτέλεσε για τους μαθητές μια ευκαιρία έκφρασης, δημιουργικότητας και συνεργασίας μεταξύ τους β) λειτούργησε ως σύνοψη της ενότητας γ) μπορεί να θεωρηθεί αυτόνομο εργαλείο αξιολόγησης της ενότητας δ) προκάλεσε το ενδιαφέρον του κοινού ε) παρείχε την ευκαιρία για άνοιγμα του σχολείου στην κοινωνία, τόσο μέσω της συνεργασίας με Κέντρα Επιστημών όσο και μέσω της παρουσίασης των εκθεμάτων στο ευρύ κοινό.

3. Αποτελέσματα

Ως ερευνητικά εργαλεία αξιοποιήθηκαν τα προβλεπόμενα από το πρόγραμμα IRRESISTIBLE φύλλα αξιολόγησης εκπαιδευτικών και μαθητών, αλλά έγιναν και συνεντεύξεις των εκπαιδευτικών μετά την εφαρμογή. Για την ανάλυση των δεδομένων

χρησιμοποιήθηκαν τόσο ποσοτικές όσο και ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Cohen et al. 2007).
Αποτιμώντας συνολικά την εφαρμογή της κάθε διδακτικής ενότητας μπορούμε να υποστηρίξουμε ότι: α) οι δυο ενότητες προκάλεσαν το έντονο ενδιαφέρον των μαθητών β) η δημιουργία εκθεμάτων ήταν σημαντική πρωτοτυπία γ) το πρόγραμμα αποτέλεσε κατάλληλη αφορμή για την ανάδειξη κοινωνικών θεμάτων στις Φυσικές Επιστήμες δ) η αλληλεπίδραση των μαθητών με τα Κέντρα Επιστημών αποτέλεσε σημαντική εμπειρία των μαθητών ε) το πρόγραμμα αποτέλεσε μια αυθεντική ευκαιρία για άνοιγμα του σχολείου στην κοινωνία και στον κόσμο της επιστήμης.

4. Συμπεράσματα

Η παρούσα εφαρμογή καταδεικνύει ότι θέματα Φυσικών Επιστημών και τεχνολογίας αιχμής μπορούν να εισαχθούν για διδασκαλία ακόμα και σε μικρές ηλικίες μαθητών. Προϋπόθεση είναι η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, η συνεχής υποστήριξή τους, η παροχή κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού και η συνεργασία με σχετικούς φορείς. Ειδικά μέσα από τις οπτικές της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας η διάσταση φυσικών και κοινωνικών επιστημών μικραίνει, καθώς κοινός στόχος γίνεται η διαμόρφωση του ενεργού και κριτικά σκεπτόμενου πολίτη.

5. Βιβλιογραφία

Μιχαηλίδη, Α. Α. (2013). Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικής μαθησιακής σειράς για τη νανοτεχνολογία στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Αδημοσίευτη πτυχιακή εργασία, Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο.

Baron, J. (2006). Thinking About Global Warming. *Climatic Change*, 77, 1-2, 137-150.

Bazerman, M. H. (2006). Climate Change as a Predictable Surprise. *Climatic Change*, 77, 1-2, 179-193.

Bybee, R. W. (2002). Scientific inquiry, student learning, and the science curriculum. In R. W. Bybee (Ed.). *Learning science and the science of learning*. Arlington, VA: NSTA Press.

Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education (*6th Edition). London-New York: Routledge.

Crinnion, W. (2011). Polychlorinated Biphenyls: Persistent Pollutants with Immunological, Neurological, and Endocrinological Consequences. *Environmental Medicine*, 16, 1, 5-13.

European Commission (2012). *Responsible Research & Innovation*. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/responsible-research-and-innovation-leaflet_en.pdf [ημερ. πρόσβασης 30-4-2017]

Hingant, B. & Albe, V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature. *Studies in Science Education*, 46, 2, 121-152.

Hirst, D. & Bennett, O. (2017). *Microbeads and microplastics in cosmetic and personal care products*. Briefing Paper no 7510, House of Commons Library, UK.

Laherto, A. (2010). An analysis of the educational significance of nanoscience and nanotechnology in scientific and technological literacy. *Science Education International*, 21, 3, 160-175.

Schöps, K., Hansen, S. & Knickmeier, K. (2013). Der Plastik Ozean. *Unterricht Biologie - Leben & Meer*, Heft 384.

Stevens, S. Sutherland, L. & Krajcik, J. (2009). *The 'big ideas' of nanoscale science and engineering*. Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

UNEP Chemicals (1999). *Guidelines for the Identification of PCBs and Materials Containing PCBs* (PDF). United Nations Environment Programme.

Van Sebille, E., Wilcox, C., Lebreto,n L., Maximenko, N., Hardesty, B. D., Van Franeker, J. A., Eriksen, M., Siegel, D., Galgani, F. & Law, K. L. (2015). A global inventory of small floating plastic debris. *Environmental Research Letters*, 10, 12, 124006.

Van Sebille, E., England, M. H. & Froyland, G. (2012). Origin, dynamics and evolution of ocean garbage patches from observed surface drifters. *Environmental Research Letters*, 7, 4, 044040.

Winneke, G. (2011). Developmental aspects of environmental neurotoxicology: lessons from lead and polychlorinated biphenyls. *Journal of the Neurological Sciences*, 308, 1-2, 9-15.

Zani, C., Toninelli, G., Filisetti, B. & Donato, F. (2013). Polychlorinated biphenyls and cancer: an epidemiological assessment. *Journal of Environmental Science and Health, Part C*., 31, 2, 99- 144.

ΔΙΑΧΥΣΗ ΤΗΣ ΓΝΩΣΗΣ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΑΙΧΜΗΣ ΜΕΣΩ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ

Αθανάσιος Βελέντζας[1], Αναστασία Ευαγγελοπούλου[2], Αναστασία Καμπούρη[2], Σωτηρία Καράμπελα[2], Παρασκευή Λυκούση[2], Αντώνης Μπέρτσος[2], Κωνσταντίνα Στεφανίδου[2]
[1]Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Αμπελοκήπων
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Στην εργασία παρουσιάζονται τα βασικά σημεία διδακτικών παρεμβάσεων έξι εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στις θεματικές ενότητες «Νανοτεχνολογία», «Πλαστικά» και «Μητρικό γάλα» σε συνδυασμό με ζητήματα της «Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας». Οι εκπαιδευτικοί συμμετείχαν σε μια κοινότητα μάθησης στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE. Για την εφαρμογή των ενοτήτων υπήρξε συνεργασία τόσο με επιστημονικά ερευνητικά κέντρα όσο και με μουσείο Φυσικών Επιστημών στο οποίο οι μαθητές παρουσίασαν εκθέματα που κατασκεύασαν. Η παρούσα εργασία εστιάζει κυρίως στη φάση της «επικοινωνίας της γνώσης» μέσω των εκθεμάτων.

Abstract

In the present work, we present the key points of six teachers' instructions interventions implemented to High School students. The subjects of teaching approaches were "Nanotechnology", "Plastics" and "Breast milk" in conjunction with issues about the "Responsible Research and Innovation". The teachers participated in a community of learners within the context of the European project IRRESISTIBLE. During the teaching implementations teachers cooperated with science centers as well as a science museum in which students presented their own exhibits. The present work focuses mainly in the phase of the "communication of knowledge" via the exhibits.

1. Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία εφαρμογής εστιάζει στη διαδικασία κατασκευής και παρουσίασης εκθεμάτων από τους μαθητές κατά την υλοποίηση τριών διδακτικών ακολουθιών με στόχο την διδασκαλία θεμάτων που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας και μέσω αυτής την προσέγγιση ζητημάτων που άπτονται συνιστωσών της «Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας» (ΥΕΚ). Επιδίωξη της ΥΕΚ αποτελεί η συνεργασία όλων των κοινωνικών φορέων σε όλη τη διαδικασία της έρευνας με στόχο να ευθυγραμμίσουν την έρευνα και τα εξαγόμενά της με τις αξίες, τις ανάγκες και τις προσδοκίες της σύγχρονης κοινωνίας (European Commission, 2012).
Έξι (6) εκπαιδευτικοί με τον επιμορφωτή μας συγκροτήσαμε μια «κοινότητα μάθησης» στο πλαίσιο της δεύτερης φάσης του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE. Σε αυτή τη φάση το πρόγραμμα προέβλεπε την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στο πλαίσιο της κοινότητας μάθησης και στη συνέχεια τη διδασκαλία διδακτικών ενοτήτων η δόμηση των οποίων είχε πραγματοποιηθεί στην πρώτη φάση του προγράμματος (Βελέντζας κ.α., 2015). Τα προς διδασκαλία αντικείμενα ήταν «Εφαρμογές της νανοτεχνολογίας», «Πλαστικά – καταστροφή

των ωκεανών» και «Μητρικό γάλα». Στα πλαίσια των διδακτικών ενοτήτων υπήρχε σχεδιασμός τόσο για επικοινωνία των μαθητών και εκπαιδευτικών με επιστήμονες ερευνητικών κέντρων (Δημόκριτος, Βιολογικό και Χημικό τμήμα του πανεπιστημίου Αθηνών, ΕΛΚΕΘΕ) όσο και για επικοινωνία της γνώσης που είχαν αποκτήσει οι μαθητές με το ευρύ κοινό μέσω εκθεμάτων που θα κατασκεύαζαν οι ίδιοι.

2. Μεθοδολογία

Η δράση πραγματοποιήθηκε εθελοντικά από έξι εκπαιδευτικούς δημόσιων σχολείων των Δήμων Αθηναίων, Ζωγράφου και Ηλιούπολης και τους μαθητές μιας τάξης ανά εκπαιδευτικό. Οι πέντε τάξεις ήταν Γυμνασίου (Β΄ ή Γ΄) και μία τάξη ήταν Α΄ Λυκείου. Η Α΄ Λυκείου και δύο τάξεις Γυμνασίου διδάχθηκαν τις «Εφαρμογές της νανοτεχνολογίας», μια τάξη γυμνασίου τα «Πλαστικά – καταστροφή των ωκεανών» και δύο Γυμνασιακές τάξεις το «Μητρικό γάλα». Η όλη εκπαιδευτική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε μεγάλο βαθμό εκτός ωραρίου, στο πλαίσιο σχολικών δραστηριοτήτων και προγραμμάτων, καθότι η πλήρης ένταξή της σε αυτό ήταν αρκετά δύσκολο να επιτευχθεί.
Οι εκπαιδευτικοί, λειτουργώντας στο πλαίσιο της «Κοινότητας μάθησης», επιμορφώθηκαν στο προς διδασκαλία επιστημονικό αντικείμενο και στις διαστάσεις της ΥΕΚ και προσάρμοσαν την κάθε διδακτική ενότητα στις συνθήκες της τάξης τους. Για τη λειτουργία της «Κοινότητας μάθησης» χρησιμοποιήθηκαν οι δια ζώσης συναντήσεις, οι τηλεδιασκέψεις, το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο και το Dropbox. Ο σχεδιασμός των διδακτικών ενοτήτων βασίστηκε στην προσέγγιση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών με διερεύνηση και πιο συγκεκριμένα την προσέγγιση των 5Ε (Εμπλοκή, Εξερεύνηση, Επεξήγηση, Επεξεργασία και Αξιολόγηση) του Bybee (2002), εισάγοντας ένα ακόμα στάδιο, την Ανταλλαγή, μεταξύ της Επεξεργασίας και της Αξιολόγησης. Στο στάδιο της Ανταλλαγής οι μαθητές είχαν να κατασκευάσουν εκθέματα προκειμένου να επικοινωνήσουν τη γνώση που απέκτησαν με το ευρύ κοινό και η παρουσίαση αυτού του σταδίου αποτελεί τον βασικό σκοπό της παρούσας εργασίας εφαρμογής.
Προκειμένου οι μαθητές να επικοινωνήσουν τις γνώσεις τους πάνω σε επιστημονικά θέματα των ενοτήτων που διδάχθηκαν, αλλά ταυτόχρονα και τους προβληματισμούς τους σχετικά με τα ζητήματα ΥΕΚ που προκύπτουν από τις επιστημονικές εφαρμογές, μπήκαν στη διαδικασία ανάπτυξης σχετικών επιστημονικών εκθεμάτων (Αλεξόπουλος κ.α. 2015). Για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και των μαθητών στην κατασκευή εκθεμάτων υπήρξε συνεργασία με το ίδρυμα Ευγενίδου (ΙΕ). Στο πλαίσιο της προετοιμασίας των εκπαιδευτικών, έγιναν δύο επιμορφωτικές συναντήσεις: η μία μέσω τηλεδιάσκεψης και η άλλη δια ζώσης επίσκεψη στο ΙΕ προκειμένου να ενημερωθούν για τις βασικές αρχές κατασκευής επιστημονικών εκθεμάτων (Hawkey 2001). Σε ό,τι αφορά την προετοιμασία των μαθητών, αυτή έλαβε χώρα σε δύο φάσεις: Στην πρώτη επισκέφθηκαν τη Διαδραστική Έκθεση Επιστήμης και Τεχνολογίας του Ιδρύματος Ευγενίδου (ΙΕ) όπου γνώρισαν τα αλληλεπιδραστικά εκθέματα και πήραν ιδέες για τα δικά τους. Στο ΙΕ, οι μαθητές, είχαν τη δυνατότητα να επεξεργαστούν έτοιμα εκθέματα και να διακρίνουν ποια είναι πιο αποτελεσματικά και ποια όχι, σχηματοποιώντας εμπειρικά κάποια κριτήρια για την επιλογή, το σχεδιασμό και την υλοποίηση των δικών τους εκθεμάτων. Σε δεύτερη φάση υποστηρίχθηκαν από τους εκπαιδευτικούς τους για να φέρουν σε πέρας τις δικές τους προτάσεις. Η κατασκευή των εκθεμάτων πραγματοποιήθηκε ομαδοσυνεργατικά στο χώρο του σχολείου από τους μαθητές μετά την ολοκλήρωση της αντίστοιχης διδακτικής ακολουθίας. Το ΙΕ εκτός από την επιμόρφωση παρείχε και υλικοτεχνική υποστήριξη στους μαθητές κατά την κατασκευή των εκθεμάτων. Τα εκθέματα ήταν διαδραστικά και μεταξύ άλλων περιελάμβαναν ηλεκτρονικές παρουσιάσεις, αφίσες, κατασκευές, πειράματα και παιγνίδια.

Η παρούσα εργασία αποτελεί εργασία εφαρμογής και δεν έχει το χαρακτήρα της αμιγώς ερευνητικής εργασίας. Ως προς το στάδιο της διαδικασίας (Ανταλλαγή) που παρουσιάζεται εδώ, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα αφορούν κυρίως την αξιολόγηση της διαδικασίας από την«Κοινότητας μάθησης» και όχι την απάντηση ερευνητικών ερωτημάτων. Η αξιολόγηση στηρίχθηκε στα εκθέματα που παρήγαγαν οι μαθητές, στην παρατήρηση των μαθητών κατά την παρουσίαση των εκθεμάτων στο κοινό και σε στοιχεία από το ημερολόγιο των εκπαιδευτικών κατά τη διάρκεια της δημιουργίας των εκθεμάτων.

3. Αποτελέσματα

Διαπιστώθηκε ότι η δημιουργία των διαδραστικών εκθεμάτων ήταν μια πρωτόγνωρη διαδικασία για τους μαθητές. Η ιδέα της «έκθεσης» τόσο του αντικειμένου που κατασκεύασαν όσο και του εαυτού τους τις ημέρες της παρουσίασής τους, τους έκανε αισθητά πιο υπεύθυνους από άλλες περιστάσεις της σχολικής τους ζωής και τους έδωσε το κίνητρο να διερευνήσουν περαιτέρω και να κατανοήσουν όσο γίνεται καλύτερα το θέμα τους. Οι μαθητές ήταν ιδιαίτερα αυστηροί με τους εαυτούς τους σε σχέση με το κατά πόσο τα εκθέματά τους είναι ευχάριστα και διαδραστικά και παρόλο που είχαν δυσκολία να εντάξουν πτυχές της ΥΕΚ κατά το σχεδιασμό των εκθεμάτων τους, τελικά στη πλειονότητα τους τα κατάφεραν. Ο διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης όπως έγινε στις διδακτικές ακολουθίες βοήθησε τους μαθητές να προσεγγίσουν θέματα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας. Σημαντικό ρόλο σε αυτό, κυρίως ως κίνητρο, έπαιξε και η αλληλεπίδραση των μαθητών με επιστήμονες των ερευνητικών κέντρων που επισκέφτηκαν. Οι μαθητές παρουσίασαν τα εκθέματα στο ευρύ κοινό στο χώρο του ΙΕ και κατασκεύασαν για κάθε έκθεμα ένα σύντομο βίντεο που προβλήθηκε στο Μουσείο Φυσικής Ιστορίας του Πανεπιστημίου Κρήτης. Τα εκθέματα ήταν:

1. Μητρικό γάλα: γάλα… αξίας

Το έκθεμα αποτελείται από δύο μέρη, μια ηλεκτρονική παρουσίαση διασυνδεδεμένη με ηλεκτρονικές αφίσες και μια αφίσα τοίχου. Στόχος του εκθέματος είναι να αναδειχθεί η αξία του μητρικού γάλακτος ως προς τη χημική του σύσταση. Για το σκοπό αυτό γίνεται σύγκριση του μητρικού γάλακτος με το αγελαδινό και τα υποκατάστατα γάλακτος και αναδεικνύεται η ιδιαιτερότητα του ως προς τους υδατάνθρακες και την υψηλή βιολογική τους αξία. Στόχος επίσης είναι να αναδειχθούν κάποιες αρχές της ΥΕΚ σχετικά με την παρασκευή υποκατάστατων γάλακτος και την προώθηση του μητρικού θηλασμού μέσω της νομοθεσίας. Για το σκοπό αυτό οι ηλεκτρονικές αφίσες περιέχουν σχετικά βίντεο, εικόνες και κείμενα. Επιπλέον, ο επισκέπτης δομώντας μόνος του με προσθήκη αποσπωμένων τμημάτων την αφίσα τοίχου, δείχνει τι θεωρεί σημαντικότερο σύμφωνα με όσα πληροφορήθηκε για τη σύσταση του μητρικού γάλακτος και εμπλέκεται στο πώς μπορεί να γίνει η προώθηση του θηλασμού στις εργαζόμενες μητέρες.

2. Ψηφίζουμε θηλασμό

Το έκθεμα δίνει την δυνατότητα στους επισκέπτες να ενημερωθούν για τη συμβολή του μητρικού θηλασμού στην εγκατάσταση υγιούς μικροβιώματος (εντερικής μικροχλωρίδας) και στην υγιή γήρανση του πληθυσμού, καθώς και στην εθνική οικονομία, να εξετάσουν πτυχές από το ηθικό και νομοθετικό πλαίσιο υποστήριξης του μητρικού θηλασμού, εστιάζοντας στους άξονες της ΥΕΚ και να εμπλακούν στο θέμα παίρνοντας θέση. Το έκθεμα περιέχει:
-Μία παρουσίαση powerpoint με ενσωματωμένα βίντεο όπου παρουσιάζονται 10 πρόσωπα (5 άνδρες και 5 γυναίκες) καθένα από τα οποία εξηγεί στον επισκέπτη τους λόγους για τους οποίους «ψηφίζει»/υποστηρίζει τον μητρικό θηλασμό.

-Δύο πινακίδες στις οποίες αναγράφονται τα 10 βήματα για επιτυχή θηλασμό καθώς και αποσπάσματα από τον Διεθνή Κώδικα Εμπορίας Υποκατάστατων Μητρικού Γάλακτος.
-Δύο μοντέλα εντερικών λαχνών (ενηλίκου και βρέφους), έργο των μαθητών.
-Ένα παιχνίδι αντιστοίχισης με κάρτες και τίτλο "Γίνε κι εσύ IRRESISTIBLE".
-Μία κάλπη και χαρτάκια-ψηφοδέλτια για τη διεξαγωγή ενός δημοψηφίσματος με αντικείμενο τον υποχρεωτικό εξάμηνο μητρικό θηλασμό.
Κυριότεροι στόχοι του εκθέματος είναι η ενημέρωση, η ευαισθητοποίηση και η εμπλοκή (γνωστική, συναισθηματική και φυσική) του επισκέπτη σε θέματα σημασίας και υποστήριξης του μητρικού θηλασμού, καθώς και η εξοικείωσή του με τους άξονες της ΥΕΚ.

3. Νανο-βιβλίο

Το έκθεμα στοχεύει στο να αναδείξει την ποικιλία των εφαρμογών της νανοτεχνολογίας σε πολλούς τομείς της επιστήμης, από την ιατρική μέχρι τα τρόφιμα καθώς και την ποικιλία των ερμηνειών φυσικών φαινομένων που οδήγησαν στην ανάπτυξη νέων μεθόδων (αυτοκαθαριζόμενα προϊόντα, δομικά χρώματα κ.α.). Για την επίτευξη του στόχου επιλέχθηκε η κατασκευή ενός βιβλίου – ευρετηρίου που αναδεικνύει ακριβώς ότι η νανοτεχνολογία είναι «πανταχού» παρούσα στην φύση και στα διάφορα επιστημονικά πεδία, αφού για κάθε «γράμμα» παρατίθεται ένα σχετικό θέμα. Συγκεκριμένα, μέσα από τις σελίδες του βιβλίου οι εμπνευστές – μαθητές προσπαθούν να επικοινωνήσουν στο κοινό – επισκέπτες με διαδραστικό και παραστατικό τρόπο τις σχετικές πληροφορίες: με χρήση εικόνων, δραστηριοτήτων τύπου παζλ, προτάσεων με συμπλήρωση κενού και ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής.

4. Νανό-δενδρο

Ο στόχος του εκθέματος είναι ο επισκέπτης να ενημερωθεί για τις εφαρμογές της νανοτεχνολογίας και να προβληματιστεί για τυχόν προβλήματα που δημιουργούν τα νανοϋλικά. Το έκθεμα αποτελείται, από το δέντρο (αφίσα), τους καρπούς (πλαστικοποιημένα χαρτόνια) και τους καρπούς που έχουν πέσει από το δέντρο (αντικείμενα από ναναοϋλικά). Το δέντρο είναι τυπωμένο σε αφίσα. Ο κορμός του νανό-δεντρου περιέχει πληροφορίες για την νανοκλίμακα και στις ρίζες του υπάρχει αναφορά για τα νανοϋλικά στην αρχαιότητα. Οι νανο-καρποί είναι χαρτόνια σε σχήμα κύκλου. Κάθε καρπός περιέχει πληροφορίες και ερωτήματα για τα νανοϋλικά. Στόχος είναι να αναδυθούν οι ιδιότητες, οι χρήσεις και τα προβλήματα των νανοϋλικών. Ο επισκέπτης καλείται αρχικά να κρεμάσει τους καρπούς στο δέντρο. Σε μια επιφάνεια, κάτω από το δέντρο, βρίσκονται οι καρποί που έχουν πέσει από το δέντρο και είναι διάφορα αντικείμενα από νανοϋλικά, τα οποία συνδέονται με τα θέματα που παρουσιάζονται στο δέντρο. Δηλαδή, είναι πραγματικά υλικά και ο επισκέπτης μπορεί να τα πιάσει και να ασχοληθεί με αυτά. Τέλος δίνονται τυπωμένοι προβληματισμοί σε χαρτί, για να παίρνει ο επισκέπτης μαζί του φεύγοντας.

5. Νανοδομημένες επιφάνειες – οι εχθροί του νερού

Στόχος του εκθέματος είναι να πληροφορήσει το κοινό για τη δημιουργία «έξυπνων» νανοδομημένων επιφανειών, οι οποίες έχουν την ικανότητα να απωθούν το νερό, τα λάδια, και τους μικροοργανισμούς όντας αυτοκαθαριζόμενες. Για τον σκοπό αυτό, ο επισκέπτης επιδρά πειραματικά πάνω σε μία πρώτη κατασκευή που είναι μια νανοδομημένη (υπερυδρόφοβη) επιφάνεια από πλέξιγκλας και στη συνέχεια σε μία δεύτερη κατασκευή, έναν γυάλινο κύβο που μοιάζει με ενυδρείο του οποίου οι δύο έδρες είναι αδιαβροχοποιημένες (νανοδομημένες/ υδρόφοβες στην περίπτωση αυτή). Ο κύβος περιέχει νερό, αντλία και εκτοξευτήρα νερού και ο επισκέπτης παρατηρεί / συγκρίνει τη συμπεριφορά του νερού (σχήμα των σταγόνων) πάνω στις νανοδομημένες επιφάνειες με αυτήν στις κανονικές

επιφάνειες. Επιπλέον, ενημερώνεται για την υδροφοβικότητα και τη βιομίμηση μέσω μιας αφίσας που συνοδεύει τις δύο πειραματικές κατασκευές.

6. Το χάσμα των διαστάσεων. Από τον νανόκοσμο στον μεγάκοσμο

Για τη δημιουργία του εκθέματος οι μαθητές εμπνεύστηκαν από την ιστορία εφεύρεσης των ferrofluids (1963) από τον St. Papell, επιστήμονα της NASA. Στόχος του εκθέματος είναι να εξασκήσει τις νοητικές δεξιότητες (δημιουργική και κριτική σκέψη) του επισκέπτη μέσω της διαδικασίας επίλυσης ενός προβλήματος (problem solving) και συγκεκριμένα του προβλήματος που έθεσε η NASA στον St. Papell: «Πώς θα μπορούσε το υγρό καύσιμο των διαστημικών πυραύλων να μεταφερθεί στον αγωγό (σωλήνα) σε συνθήκες έλλειψης βαρύτητας; ». Στο πρώτο μέρος του εκθέματος ο επισκέπτης εξοικειώνεται με τα φυσικά φαινόμενα που σχετίζονται με το προς επίλυση πρόβλημα μέσω παρουσίασης power point (δομημένη ως σενάριο). Στο δεύτερο μέρος ο επισκέπτης αλληλεπιδρά πειραματικά με ένα προσομοίωμα πυραύλου, στο οποίο προσπαθεί να μετακινήσει το ferrofluid μέσα στο σωλήνα (αγωγό) του καυσίμου. Στο τρίτο μέρος πειραματίζεται με μια λάμπα λάβας που περιέχει ferrofluid για να δημιουργήσει περίεργα σχέδια χρησιμοποιώντας μαγνήτες. Στο τέταρτο μέρος, συνεχίζοντας το σενάριο της παρουσίασης power point, ενημερώνεται για τις χρήσεις των ferrofluids (στην ιατρική -θεραπεία του καρκίνου, στην τέχνη, στα ηχεία, στον καθαρισμό πετρελαιοκηλίδων, στη διαστημική μηχανική) και καλείται μέσω ερωτηματολογίου, να υιοθετήσει μια κριτική στάση για τις επιπτώσεις της νανοτεχνολογίας στον άνθρωπο και στο περιβάλλον.

7. Ο κύκλος των χαμένων πλαστικών - Οι 5 κηλίδες απορριμμάτων στον ωκεανό

Στόχος του εκθέματος είναι να επισημανθεί η έκταση της πλαστικής ρύπανσης γενικότερα και της ρύπανσης από πλαστικά των ωκεανών ειδικότερα. Επιδίωξη είναι με σχετικά ευχάριστο τρόπο να καταγραφούν κάποιες πληροφορίες και να προβληματιστεί ο θεατής σχετικά με τη στάση του απέναντι στο θέμα. Πρόκειται για κατασκευή παγκόσμιου χάρτη σε πλεξιγκλας, με τις ηπείρους από άμμο θαλάσσης και τις περιστρεφόμενες κηλίδες απορριμμάτων να παριστάνονται από CD που μπορούν να περιστρέφονται και τα οποία φέρουν κολλημένα σε αυτά κομματάκια πλαστικών. Το έκθεμα με τον τρόπο που απεικονίζονται οι κηλίδες των απορριμμάτων γεννά ερωτήματα, κάποια από τα οποία απαντώνται από δύο άλλους δίσκους που βρίσκονται προσαρτημένοι στη δεξιά πλευρά του πίνακα. Θα χρειαστεί ο επισκέπτης να περιστρέψει τους δίσκους για να αντιστοιχιστούν οι ερωτήσεις με τις απαντήσεις (ταιριάζουν χρωματικά).

8. Ο βυθός των μικρο-πλαστικών

Στόχος του εκθέματος είναι να επισημανθούν ζητήματα που σχετίζονται με τα μικροπλαστικά και τις συνέπειές τους από την παρουσία τους στους ωκεανούς. Είναι μία κατασκευή πάνω σε μακετόχαρτο όπου στο κέντρο υπάρχει ένα "κοράλλι" από πλαστικά καλαμάκια και χοντρό σύρμα. Στις τέσσερις γωνίες υπάρχουν τέσσερις ερωτήσεις σχετικές με τα μικροπλαστικά, για τις οποίες οι αντίστοιχες απαντήσεις βρίσκονται διάσπαρτες στο "βυθό". Οι απαντήσεις είναι γραμμένες σε πλαίσια ίδιου χρώματος με αυτό των ερωτήσεων. Κάθε απάντηση αποτελείται από μία πρόταση που αρχίζει σε μία θέση και ολοκληρώνεται σε μία άλλη. Για την ανακάλυψη των απαντήσεων θα χρειαστεί να μετακινηθούν πλαστικά μπουκάλια στα οποία βρίσκονται προσαρτημένα πλαστικά θαλάσσια ζωάκια. Για να ανακαλύψει ο επισκέπτης τις απαντήσεις αρκεί να τοποθετήσει κάθε μπουκάλι με ζωάκι σε θέση που αρχίζει η πρόταση και ένα άλλο μπουκαλάκι, με το οποίο είναι συνδεδεμένο και περιέχει λαμπάκι, στην θέση με το τελείωμα της πρότασης. Αν η τοποθέτηση γίνει στη σωστή θέση ανάβει το λαμπάκι.

9. Δεν το πιστεύω

Στόχος του εκθέματος είναι να επισημανθεί η έκταση της πλαστικής ρύπανσης γενικότερα και της ρύπανσης από πλαστικά των ωκεανών ειδικότερα. Επιδίωξη είναι με σχετικά ευχάριστο τρόπο να καταγραφούν κάποιες πληροφορίες και να προβληματιστεί ο θεατής σχετικά με τη στάση του απέναντι στο θέμα. Πρόκειται για μια παρουσίαση (power point) με αφήγηση ηχητική αλλά και με "συννεφάκια" με κείμενο. Το θέμα της πλαστικής ρύπανσης περιγράφεται μέσα από τον "διάλογο" μιας πλαστικής σακούλας με ένα πλαστικό μπουκάλι. Οι "πρωταγωνιστές" της παρουσίασης (μια ροζ σακούλα και ένα πλαστικό μπουκάλι χωρίς καπάκι) περιμένουν την παρέμβαση του επισκέπτη (μερικά κλικ) για να συνεχίσουν τον διάλογό τους, μέσα από τον οποίο περιγράφονται (όχι πάντα με ορθόδοξο τρόπο) ζητήματα σχετικά με το θέμα της πλαστικής ρύπανσης. Πολλά από αυτά μοιάζει να μην θέλουμε να τα πιστέψουμε ότι συμβαίνουν, όπως αναφέρεται και στον τίτλο.

4. Συμπεράσματα

Κατά την απολογιστική συζήτηση μεταξύ των εκπαιδευτικών που συγκρότησαν την συγκεκριμένη κοινότητα μάθησης έγιναν οι παρακάτω διαπιστώσεις:

- Η συμμετοχή των εκπαιδευτικών σε κοινότητες μάθησης μπορεί να αποτελέσει έναν ισχυρό παράγοντα για την επιμόρφωση και εν γένει την υποβοήθηση του έργου τους.

- Είναι δυνατή η διδασκαλία θεμάτων και εννοιών των ΦΕ που άπτονται των τεχνολογιών αιχμής σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αρκεί να προηγηθεί ο κατάλληλος διδακτικός μετασχηματισμός και η επιμόρφωση των εκπαιδευτικών.

- Η συνεργασία των σχολείων με επιστημονικά ερευνητικά κέντρα δίνει την ευκαιρία στους μαθητές, αλλά και τους εκπαιδευτικούς, να δουν την επιστήμη «εν τω γεννάσθαι» και να αποδομήσουν στερεότυπα, εμπλουτίζοντας την άποψή τους για την επιστήμη, τις πρακτικές της και τους επιστήμονες.

- Η δημιουργία εκθεμάτων τα οποία κατασκευάζουν και παρουσιάζουν οι μαθητές στο ευρύ κοινό αποτελεί κίνητρο γι' αυτούς να διερευνήσουν περαιτέρω με υπευθυνότητα και να κατανοήσουν όσο γίνεται καλύτερα το αντικείμενο της διδασκαλίας.

- Οι μαθητές δείχνουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για θέματα τεχνολογίας και συμμετέχουν ευχάριστα και δημιουργικά σε καινοτόμες εργασίες και δραστηριότητες. Ωστόσο, όπως προέκυψε τα ωρολόγια προγράμματα και τα αναλυτικά προγράμματα δεν διευκολύνουν διδασκαλίες με τέτοια στόχευση και απαιτείται η αναπροσαρμογή τους.

5. Βιβλιογραφία

Αλεξόπουλος, Ι., Τρουμπετάρη, Χ., Βορεάδου, Αι., Μιχαηλίδη, Αι. (2015) Επικοινωνία της επιστήμης μέσω διαδραστικών εκθεμάτων σχετικά με την Υπεύθυνη Έρευνα και Καινοτομία στην Νανοτεχνολογία, Στο Ψύλλος Δ, Μολοχίδης Α & Καλλέρη Μ. (Επιμ). *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, σελ 60-66, http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr

Βελέντζας, Α., Δημητριάδη, Κ., Μανδρίκας Α., Μαργαρίτης Α., Σάλτα, Κ., (2015) Εφαρμογή διδακτικής ενότητας σε θέματα νανοτεχνολογίας. Στο Ψύλλος Δ, Μολοχίδης Α & Καλλέρη Μ. (Επιμ). *Πρακτικά 9ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές*, σελ 53-59, http://synedrioenephet-2015.web.auth.gr

Bybee, R.W. (2002) Scientific Inquiry, Student Learning and the Science Curriculum. In R.W. Bybee (ed.) *Learning Science and the Science of Learning.* Arlington, (pp. 25-35). VA:.NSTA Press

European Commission (2012) Responsible Research and Innovation - Europe's ability to respond to societal challenges. Ανακτήθηκε από http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/responsible-research-and-innovation-leaflet_en.pdf)

Hawkey, R. (2001) Innovation, inspiration, interpretation: museums, science and learning. *Ways of Knowing Journal*, 1(1), 23-31.

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΩΝ ΤΥΠΩΝ ΣΧΟΛΕΙΩΝ

Κυριακή Δημητριάδη[1], Γιάννης Βίγλης[1], Καλλιόπη Γιαννακουδάκη[1], Βασίλειος Δημόπουλος[1], Χρήστος Μάντζιος[1], Κωνσταντίνος Χαλκιαδάκης[2]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Συνεργάτης ΕΚΦΕ Ρεθύμνου

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται τα διαδραστικά εκθέματα που κατασκεύασαν οι μαθητές προκειμένου να επικοινωνήσουν τη γνώση που απέκτησαν στο ευρύ κοινό, ύστερα από την εφαρμογή στην τάξη δύο ενοτήτων που προσεγγίζουν θέματα έρευνας αιχμής. Οι ενότητες αυτές ("Εφαρμογές της Νανοεπιστήμης και της Νανοτεχνολογίας" και "Πλαστικά – Καταστροφή των ωκεανών") αναπτύχθηκαν στην Α΄ φάση του προγράμματος IRRESISTIBLE και εφαρμόστηκαν στη Β΄ φάση του προγράμματος από πέντε εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, που υπηρετούν σε διαφορετικούς «τύπους» σχολείου και οι οποίοι είχαν προηγουμένως επιμορφωθεί στα πλαίσια μιας κοινότητας μάθησης.

Abstract

In this work the creation of the exhibits that students constructed and presented to the wide public is described, after the implementation in class of two teaching modules -which deal with cutting edge research and have been developed in the phase A of the IRRESISTIBLE project-. These two modules were "Nanoscience and Nanotechnology applications" and "Plastic – Bane of the Oceans". The five secondary teachers who implemented these modules, work in different types of school and they had been trained in the framework of a Community of Learners (phase B of the project).

1. Εισαγωγή

Στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE (http://www.irresistible-greece.edc.uoc.gr) πραγματοποιήθηκε επιμόρφωση πέντε εκπαιδευτικών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από σχολεία Ρεθύμνου, Ηρακλείου και Αθήνας, προκειμένου να προσεγγιστούν θέματα που βρίσκονται στην αιχμή της έρευνας, επικεντρώνοντας παράλληλα σε βασικές διαστάσεις της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (European Commission 2012), που αποτελεί ένα αποτελεσματικό πλαίσιο διαπραγμάτευσης κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (Blonder et al. 2016). Οι εκπαιδευτικοί εφάρμοσαν τις ενότητες που είχαν αναπτυχθεί στα πλαίσια του προγράμματος και στη συνέχεια, ανέλαβαν να καθοδηγήσουν τους μαθητές τους να κατασκευάσουν διαδραστικά εκθέματα. Στο τέλος, οι μαθητές παρουσίασαν τα εκθέματά τους, επικοινωνώντας έτσι τη γνώση που απέκτησαν με το ευρύ κοινό.

2. Μεθοδολογία

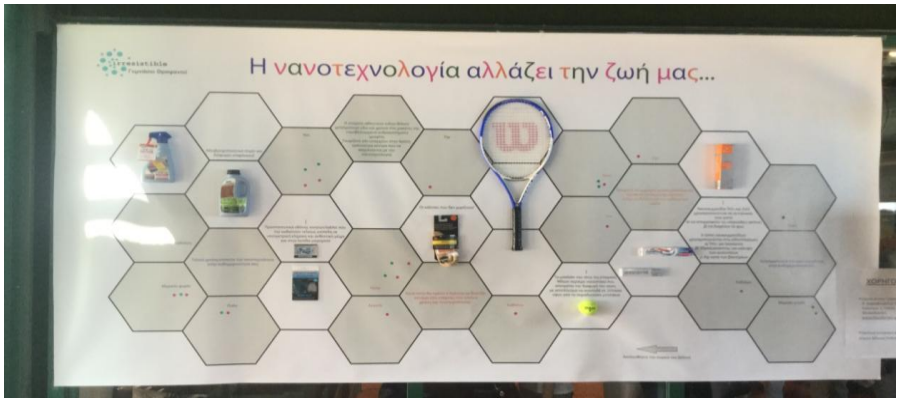
Η συγκεκριμένη εφαρμογή πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του σχολικού έτους 2015-16 και οι εκπαιδευτικοί που συγκρότησαν τη συγκεκριμένη Κοινότητα Μάθησης υπηρετούσαν σε

διαφορετικούς «τύπους» σχολείου (ένα Γυμνάσιο σε απομακρυσμένο χωριό του Ν. Ηρακλείου, ένα Πειραματικό Γυμνάσιο, ένα Γενικό Λύκειο και ένα Επαγγελματικό Λύκειο στο Ρέθυμνο και ένα Ιδιωτικό Λύκειο στην Αθήνα). Καθώς οι διά ζώσης συναντήσεις δεν ήταν δυνατές, η επιμόρφωση έγινε εξ αποστάσεως, με τη χρήση πλατφόρμας τηλεδιάσκεψης.
Οι ενότητες που επιλέχτηκαν να εφαρμοστούν και οι οποίες είχαν σχεδιαστεί στην Α΄ φάση του συγκεκριμένου προγράμματος ήταν οι «Εφαρμογές της Νανοεπιστήμης και της Νανοτεχνολογίας» και «Πλαστικά – καταστροφή των ωκεανών». Βασικές διαστάσεις και των δύο ενοτήτων αποτελούσαν: α) η ενεργός εμπλοκή κέντρων επιστήμης (ΙΤΕ για την ενότητα της νανοτεχνολογίας και ΕΛΚΕΘΕ για την ενότητα των πλαστικών) β) η συνεργασία με μουσεία επιστήμης (Ίδρυμα Ευγενίδου και Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Παν/μίου Κρήτης) και γ) η επικέντρωση σε θέματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας.
Έτσι αρχικά έγιναν τρεις τηλεδιασκέψεις της κοινότητας μάθησης που αφορούσαν στις παραπάνω διαστάσεις. Στη συνέχεια, και καθ' όλη τη διάρκεια της εφαρμογής γίνονταν τηλεδιασκέψεις ανά υπο-ομάδα (με βάση το θέμα που διαπραγματεύονταν) που είχαν ως στόχο να δίνονται κατευθύνσεις, να συζητιούνται οι προβληματισμοί των εκπαιδευτικών, να γίνεται ένας μικρός απολογισμός της κάθε συνάντησης που πραγματοποιούνταν στο σχολείο και να συναποφασίζεται η περαιτέρω πορεία. Παράλληλα, οι εκπαιδευτικοί στην τάξη τους εφάρμοζαν την ενότητα που είχαν επιλέξει, με βάση τη συζήτηση που είχε προηγηθεί.
Οι μαθητές στο τέλος της ενότητας, καθοδηγήθηκαν από τους εκπαιδευτικούς τους και κατασκεύασαν διαδραστικά εκθέματα σχετικά με την ενότητα που διδάχτηκαν, τα οποία παρουσίασαν σε εκθέσεις που πραγματοποιήθηκαν τον Απρίλιο του 2016.

3. Αποτελέσματα

Σχετικά με την ενότητα «Εφαρμογές της Νανοεπιστήμης και της Νανοτεχνολογίας» αναπτύχθηκαν δύο εκθέματα με τίτλους «Η νανοτεχνολογία αλλάζει τη ζωή μας…» και «Η νανοτεχνολογία των αυτοκαθαριζόμενων υλικών».
Σκοπός του πρώτου εκθέματος, που κατασκευάστηκε από μαθητές της Α΄ γυμνασίου ενός χωριού του Ν. Ηρακλείου, ήταν αφενός να ενημερώσει τον επισκέπτη ότι οι εφαρμογές της νανοτεχνολογίας υπάρχουν ήδη στην καθημερινότητά του και δεν αφορούν μόνο στο μέλλον του, και αφετέρου να εγείρει κάποιους προβληματισμούς γύρω από τη χρήση αυτών των προϊόντων και την ηθική, τη νομιμότητα και την επικινδυνότητά τους για την ανθρώπινη υγεία. Το έκθεμα αυτό (εικόνα 1) περιλάμβανε μία αφίσα 3,5m x 2m, στην οποία είχαν τοποθετηθεί προϊόντα νανοτεχνολογίας, που κυκλοφορούν ευρέως στην αγορά, ενώ παράλληλα δίνονταν πληροφορίες γύρω από τα νανοσωματίδια που περιέχονται στα προϊόντα και τις βασικές επιστημονικές αρχές στις οποίες έχει βασιστεί η κατασκευή τους.

Εικόνα 1: Η νανοτεχνολογία αλλάζει τη ζωή μας



Ταυτόχρονα, θέτονταν ερωτήματα που είχαν ως στόχο να προκαλέσουν προβληματισμό (π.χ. "Κατά πόσο θα πρέπει η πολιτεία να θεσπίζει κανόνες στις εταιρείες που κάνουν χρήση νανοτεχνολογίας;"), στα οποία ο επισκέπτης καλούνταν να πάρει θέση κολλώντας ένα sticker στο αντίστοιχο πλαίσιο της αφίσας που περιλάμβανε την απάντηση που τον εξέφραζε περισσότερο (π.χ. "πολύ", "αρκετά", "καθόλου"). Έτσι, προέκυπτε μία αμφίδρομη επικοινωνία ανάμεσα στο έκθεμα και τον επισκέπτη, καθώς το έκθεμα ενημέρωνε και δημιουργούσε προβληματισμούς στον επισκέπτη, αλλά και ο επισκέπτης με την σειρά του αποτύπωνε με αρκετά έκδηλο τρόπο τους προβληματισμούς του πάνω σε αυτό.
Το δεύτερο έκθεμα (εικόνα 2) κατασκευάστηκε από μαθητές Επαγγελματικού Λυκείου. Αποτελούνταν από τρία μέρη: i) Μια κατασκευή όπου οι επισκέπτες καλούνταν να λερώσουν με στάχτη μια ξύλινη επιφάνεια και στη συνέχεια να την καθαρίσουν με νερό με το πάτημα ενός κουμπιού. Καθώς η επιφάνεια ήταν κατά το ήμισυ αδιαβροχοποιημένη, ήταν σε θέση να παρατηρήσουν το διαφορετικό τρόπο συμπεριφοράς των δύο περιοχών με το νερό. ii) Δύο μοντέλα από καρφίτσες που αναπαριστούσαν τη νανο-δομή της τυπικής και της υπερυδρόφοβης επιφάνειας και τον τρόπο που το νερό κυλάει σε αυτές και ένα μοντέλο από μια μαγνητική σφαίρα και ρινίσματα σιδήρου που προσομοίωνε τον τρόπο αυτοκαθαρισμού των υπερυδρόφοβων επιφανειών. iii) Επίσης, συνοδευόταν από ένα διαδραστικό πόστερ που ενημέρωνε τον επισκέπτη για τους πιθανούς κινδύνους των προϊόντων της νανοτεχνολογίας και τον καλούσε να αποφασίσει ποια από αυτά θα χρησιμοποιούσε ή όχι και για ποιους λόγους.

Εικόνα 2: Η νανοτεχνολογία των αυτοκαθαριζόμενων υλικών

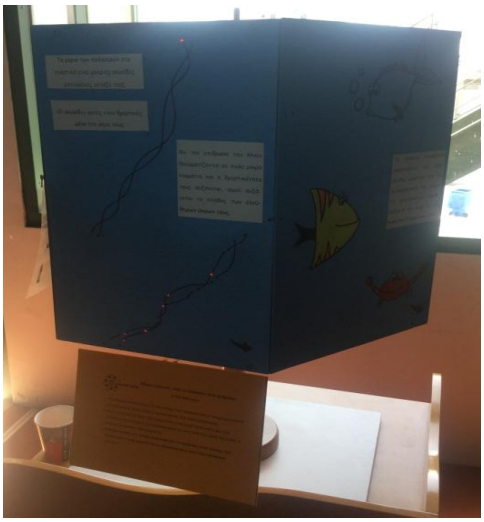
Για την ενότητα «Πλαστικά – καταστροφή των ωκεανών», κατασκευάστηκαν τρία εκθέματα:
Στο πρώτο έκθεμα που είχε τίτλο «Πλαστικά και Θαλάσσια Ζωή» (εικονα 3), οι μαθητές Πειραματικού Γυμνασίου κατασκεύασαν: i) Ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι στο οποίο ο παίκτης καλούνταν αρχικά να οδηγήσει ένα ψάρι σε ασφαλή τροφή και όχι σε υπολείμματα πλαστικών, ενώ στη συνέχεια έπρεπε να καθοδηγήσει έναν άνθρωπο ώστε με τη σειρά του να μην τραφεί με μολυσμένα ψάρια. ii) Ένα τρίπτυχο ταμπλό, επίσης, παρουσίαζε το όλο πρόβλημα στον επισκέπτη. Το ταμπλό πλαισιωνόταν από πλαστικά απορρίμματα που είχαν συλλέξει οι μαθητές από παραλία της πόλης τους, καθώς και από μια αφαιρετική κατασκευή ψαριού, το «στομάχι» του οποίου ήταν γεμάτο με πλαστικά σκουπίδια που συναντά κανείς στη θάλασσα. iii) Τέλος, μέσω ενός φωτεινού παντογνώστη παρουσιαζόταν η εξαιρετικά χρονοβόρα διαδικασία

«αποικοδόμησης» των πλαστικών από περιβαλλοντικούς παράγοντες. Ο επισκέπτης καλούνταν να αντιστοιχίσει διάφορα είδη πλαστικών απορριμμάτων με το χρόνο «αποικοδόμησής» τους στο θαλάσσιο περιβάλλον και να συγκρίνει το χρόνο αυτό με τη διάρκεια της ανθρώπινης ζωής.

Εικόνα 3: Πλαστικά και θαλάσσια ζωή

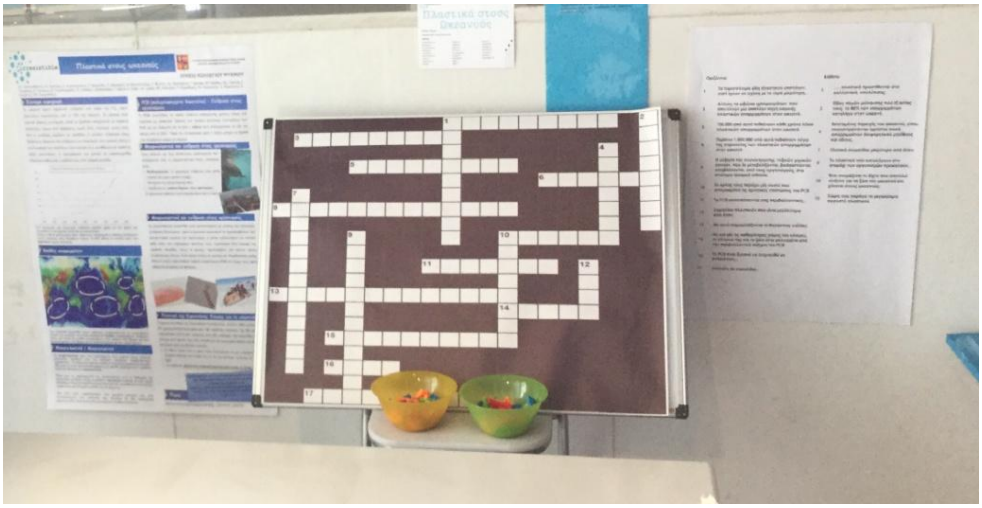
Το δεύτερο έκθεμα μαθητών Γενικού Λυκείου της πόλης του Ρεθύμνου (εικόνα 4) «Μικροπλαστικά: Από το πλαγκτόν στον άνθρωπο» επικεντρωνόταν στο πρόβλημα της ρύπανσης της θάλασσας που δημιουργείται από τα μικροπλαστικά. Συγκεκριμένα παρουσίαζε το φαινόμενο της βιοσυσσώρευσης σε έξι ορθογώνιες επιφάνειες (ταμπλώ) ενός στερεού το οποίο μπορούσε να περιστρέφεται μπροστά στο χρήστη, όπου φαινόταν η πρόσδεση των ρύπων στις ελεύθερες άκρες των μικροπλαστικών και στη συνέχεια η αύξηση της συγκέντρωσης των τοξικών ουσιών καθώς ανερχόμαστε στην τροφική αλυσίδα. Σε κάθε επιφάνεια, μια σειρά LED άναβαν και η πυκνότητά τους αυξανόταν όσο αυξάνεται η συσσώρευση. Τέλος, ζητούνταν από το χρήστη του εκθέματος να αφαιρέσει από την τελευταία εικόνα τα πλαστικά και τότε τα LED έσβηναν.

Εικόνα 4: Μικροπλαστικά: Από το πλαγκτόν στον άνθρωπο



Τέλος το τρίτο έκθεμα με τίτλο «Πλαστικά στους ωκεανούς» (εικόνα 5) κατασκευάστηκε από μαθητές ιδιωτικού Γενικού Λυκείου στην Αθήνα. Στόχος του εκθέματος ήταν να αναδείξει τα αποτελέσματα της ρύπανσης των θαλασσών από τα πλαστικά που καταλήγουν σε αυτές, να γίνει η διάκριση των πλαστικών σε μικροπλαστικά και μακροπλαστικά, αναδεικνύοντας την κλίμακα της ύλης και να ενημερώσει για την πολιτική που ακολουθεί η Ευρωπαϊκή Ένωση για τη χρήση πλαστικών σακουλών. Αποτελούνταν από ένα poster που παρείχε πληροφορίες σχετικά με τη θεματική και στη συνέχεια μέσω ενός σταυρολέξου πάνω σε ένα μεγάλο μαγνητικό πίνακα μπορούσε κανείς να «ελέγξει» τις γνώσεις του, αλλά και να αντλήσει επιπλέον πληροφορίες.

Εικόνα 5: Πλαστικά στους ωκεανούς



4. Συμπεράσματα

Συμπερασματικά, οι εκπαιδευτικοί σε απολογιστική συνάντηση που πραγματοποιήθηκε, δήλωσαν ότι η συνεχής αλληλεπίδραση τόσο μεταξύ τους, όσο και με την υπεύθυνη της ομάδας πριν αλλά και κατά τη διάρκεια υλοποίησης των ενοτήτων, τους βοήθησε να υπερβούν τις δυσκολίες που αντιμετώπιζαν και να εμπλουτίσουν τη διδασκαλία τους. Αποδεικνύεται έτσι ότι η δημιουργία κοινοτήτων μάθησης για τους εκπαιδευτικούς, όπως προτείνεται από τους Akerson, Cullen and Hanson (2009), είναι ιδιαίτερα χρήσιμη και αποδοτική, προκειμένου να επιμορφωθούν, καθώς τους δίνεται η δυνατότητα να αλληλεπιδράσουν ισότιμα και να εμπλουτίσουν τις πρακτικές τους ανταλλάσσοντας εμπειρίες και γνώσεις.

Επίσης, οι μαθητές στο μεγαλύτερο μέρος τους έδειξαν ιδιαίτερο ζήλο τόσο κατά την κατασκευή, όσο και κατά την παρουσίαση των εκθεμάτων. Είχαν πρωτότυπες ιδέες, προσαρμοσμένες στο επίπεδο και στα ενδιαφέροντά τους, που φανέρωναν τις πτυχές του θέματος που τους είχαν εντυπωσιάσει. Το γεγονός ότι προέρχονταν από διαφορετικούς τύπους σχολείων είχε ως αποτέλεσμα να υπάρξει μεγάλη ποικιλία στη μορφή και το είδος των εκθεμάτων, χωρίς ωστόσο να προκύψει διαφοροποίηση στην ανταπόκριση και στο ενδιαφέρον τους.

Συνολικά, η κατασκευή των εκθεμάτων στην οποία τόσο οι εκπαιδευτικοί, όσο και οι μαθητές ενεπλάκησαν για πρώτη φορά, αποδείχτηκε μια ιδιαίτερα προκλητική διαδικασία. Προκάλεσε το ενδιαφέρον των μαθητών και τους έδωσε τη δυνατότητα να αυτενεργήσουν, δρώντας σε πολλές περιπτώσεις ανεξάρτητα από τις προτιμήσεις που οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί είχαν σε σχέση με τη φύση του εκθέματος. Προκύπτει, λοιπόν, ότι τέτοιου είδους πρακτικές μπορούν να

ενταχθούν αποτελεσματικά και να εμπλουτίσουν την εκπαιδευτική διαδικασία, επιτρέποντας παράλληλα το άνοιγμα του σχολείου στην κοινωνία.

5. Βιβλιογραφία

Akerson, V. L., Cullen, T. A. & Hanson, D. L. (2009). Fostering a community of practice through a professional development program to improve elementary teachers' views of nature of science and teaching practice. *Journal of research in Science Teaching*, *46(10)*, 1090-1113.

Blonder, R., Zemler, E. & Rosenfeld, S. (2016). The story of lead: a context for learning about responsible research and innovation (RRI) in the chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, *17*(4), 1145-1155.

European Commission (2012). Responsible Research & Innovation. http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/responsible-research-and-innovation-leaflet_en.pdf [ημερ. πρόσβασης 27-11-2014].

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ ΚΑΙ ΛΥΚΕΙΟ ΜΕΣΑ ΑΠΟ ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ

Αντώνης Μαργαρίτης, Μαρία Ελευθερίου, Αλεξάνδρα Μπάκου, Μαρία Πανοπούλου, Ιωάννης Χατζηδάκης, Γεώργιος Χατζησάββας

Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Στη Β΄ φάση του Ευρωπαϊκού Προγράμματος IRRESISTIBLE εκπαιδευτικοί τεσσάρων σχολείων Ηρακλείου Κρήτης και ενός οροπεδίου Λασιθίου, μαζί με ερευνητές της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, συμμετείχαν σε μια «Κοινότητα Μάθησης», με στόχο να εφαρμόσουν στους μαθητές τους, επιλεγμένες διδακτικές ενότητες σε σχέση με τη «Νανοτεχνολογία» και το «Μητρικό Θηλασμό». Οι μαθητές των σχολείων αυτών, κατασκεύασαν «εκθέματα» σχετικά με τις παραπάνω ενότητες που παρουσίασαν στο ευρύ κοινό του Ηρακλείου προκειμένου να επικοινωνήσουν τη γνώση που απόκτησαν κατά την εφαρμογή του προγράμματος.

Abstract

During the second phase of the European Project IRRESISTIBLE, teachers from four schools at Heraklion Crete and one from Lassithi Plateau, together with researchers of science teaching, participated in a "Community of Learners" in order to apply modules on "Nanotechnology" and "Breast Milk" developed during the first phase of the project. Students of these schools constructed "exhibits" that were presented to the general public of Heraklion in order to disseminate the knowledge gained during the implementation of the project.

1. Εισαγωγή

Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα IRRESISTIBLE έθετε σαν στόχο την προώθηση της ενεργού συμμετοχής των μαθητών στη διαδικασία της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (Responsible Research & Innovation, RRI), βασιζόμενο στην ανάπτυξη διδακτικού υλικού για θέματα έρευνας αιχμής. Πεποίθηση πολλών ερευνητών είναι ότι τεχνολογίες αιχμής όπως για παράδειγμα η νανοτεχνολογία και οι νανοεπιστήμες, συνιστούν κατάλληλα διδακτικά εργαλεία για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Μιχαηλίδη 2013, Stevens et al. 2009, Hingant & Albe 2010).

2. Μεθοδολογία

Στην Α΄ Φάση του Προγράμματος IRRESISTIBLE δημιουργήθηκε από τις 10 συμμετέχουσες ευρωπαϊκές χώρες διδακτικό υλικό πάνω σε διάφορα θέματα έρευνας αιχμής (π.χ. Νανοτεχνολογία, Μικροπλαστικά, Μητρικό Γάλα, Κλιματική Αλλαγή κ.α.). Στη Β΄ Φάση του Προγράμματος, επιλεγμένες ενότητες που αναπτύχθηκαν κατά την Α΄ Φάση, εφαρμόστηκαν σε ευρύτερη κλίμακα σε κάθε χώρα. Κατά τη Β΄ Φάση του προγράμματος συμμετείχαν

τέσσερα σχολεία από το Ηράκλειο Κρήτης και ένα από το οροπέδιο Λασιθίου. Το Πειραματικό Λύκειο Ηρακλείου και το Γενικό Λύκειο Τζερμιάδων Λασιθίου, εφάρμοσαν την διδακτική ενότητα «Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας» η οποία αναπτύχθηκε στην Ελλάδα. Το 3ο Γενικό Λύκειο Ηρακλείου, το Γενικό Λύκειο Νέας Αλικαρνασσού και το Πειραματικό Γυμνάσιο Ηρακλείου, επέλεξαν να εφαρμόσουν την διδακτική ενότητα που ανέπτυξαν οι Ολλανδοί, με θέμα «Η υγιής Γήρανση ξεκινάει από τον
Θηλασμό». Οι εκπαιδευτικοί των πέντε αυτών σχολείων επιμορφώθηκαν τόσο με δια ζώσης συναντήσεις όσο και με τηλεδιασκέψεις. Εφοδιάστηκαν με κατάλληλο εκπαιδευτικό υλικό, το οποίο μπορούσαν να τροποποιήσουν ανάλογα με το δυναμικό της τάξης τους, ώστε να εφαρμόσουν τη διδακτική ενότητα σύμφωνα με τις αρχές της διερευνητικής μάθησης και συγκεκριμένα σύμφωνα με το μοντέλο 5E του Bybee (2002) που περιλαμβάνει τις φάσεις: Εμπλοκή (Engage), Εξερεύνηση (Explore), Επεξήγηση (Explain), Επεξεργασία (Elaborate) και Αξιολόγηση (Evaluation). Για την επίτευξη των στόχων του το Πρόγραμμα IRRESISTIBLE προέβλεπε την εισαγωγή μιας ακόμα φάσης, αυτή της Ανταλλαγής (Exchange), που αφορά την κατασκευή εκθεμάτων και επικοινωνία μαθητών-κοινού. Μαθητές και εκπαιδευτικοί των σχολείων που εφάρμοσαν την διδακτική ενότητα «Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας» επισκέφθηκαν το Ιδρυμα Τεχνολογίας και Ερευνας (ΙΤΕ). Επιστήμονες αναγνωρισμένου κύρους επισκέφθηκαν τα σχολεία και συζήτησαν με τους μαθητές θέματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (RRI). Οι μαθητές και των πέντε σχολείων κατασκεύασαν ισάριθμα εκθέματα.

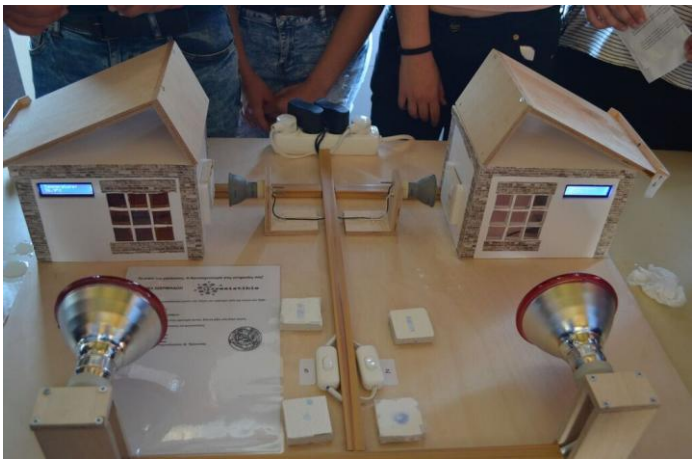
3. Αποτελέσματα

Ενότητα: «Εφαρμογές Νανοτεχνολογίας»

Το Γενικό Λύκειο Τζερμιάδων και ειδικότερα η Α και Β Λυκείου του σχολικού έτους 2015-2016 μέσα από το Ευρωπαϊκό πρόγραμμα IRRESISTIBLE δημιούργησαν ένα διαδραστικό έκθεμα. Το έκθεμα αποτελείται από δύο σπιτάκια ίδιων διαστάσεων (Εικόνα 1). Το αριστερό σπιτάκι διαθέτει εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας ενώ το σπιτάκι στα δεξιά όχι. Οι εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας είναι α) θερμοχρωμικά τζάμια, β) φωτοκαταλυτικός τοίχος, γ) υπερυδρόφοβη στέγη. Επίσης το αριστερό σπιτάκι διαθέτει αυτοματισμούς (αισθητήρα κίνησης και φωτεινότητας) τα οποία λειτουργούν με τη βοήθεια του μικροελεγκτή arduino. Το έκθεμα διαθέτει δύο λάμπες υπέρυθρων και λάμπες led. Ο επισκέπτης θα αλληλεπιδράσει με τα δύο σπιτάκια ανάβοντας διακόπτες, ρίχνοντας νερό, οπότε θα διαπιστώσει μέσα από όλα αυτά τις διαφορές των δύο σπιτιών και ταυτόχρονα την υπεροχή του σπιτιού το οποίο διαθέτει τις εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας.
Πώς λειτουργεί το έκθεμα; Ο επισκέπτης παρατηρεί τα δύο σπιτάκια. Και τα δύο διαθέτουν λάμπες υπέρυθρων από μπροστά, φωτάκια led από τη μια μεριά του εξωτερικού τοίχου, ξύλινες οροφές και ψηφιακές οθόνες στις οποίες φαίνεται η θερμοκρασία μέσα σε κάθε σπίτι. Επιπροσθέτως το αριστερό σπιτάκι στην πίσω του μεριά έχει αισθητήρα φωτεινότητας και κίνησης με αντίστοιχα λαμπάκια led τα οποία ανάβουν αντίστοιχα αν εκτεθούν σε φως και κίνηση. Ο επισκέπτης ανάβει πρώτα τη λάμπα των led πατώντας τον διακόπτη (1). Γράφει στους τοίχους των σπιτιών με μελάνι στο πανελάκι του τοίχου με το φωτοκαταλυτικό υλικό (αριστερό σπίτι) και στο κοινό πανελάκι (δεξί σπίτι). Έπειτα ανάβει τον διακόπτη (2) ο οποίος ενεργοποιεί τις λάμπες υπέρυθρων. Οι λάμπες υπέρυθρων προσομοιώνουν την ηλιακή ακτινοβολία. Παρατηρεί αμέσως τις θερμοκρασίες των δύο σπιτιών να ανεβαίνουν. Τέλος παίρνει με την πιπέτα νερό από το ειδικό δοχείο (3) και ρίχνει νερό στη στέγη του αριστερού σπιτιού και στη στέγη του δεξιού σπιτιού. Παρατηρεί την υπερυδροφοβικότητα της αριστερής στέγης η οποία δεν βρέχεται καθόλου, ενώ αντίθετα η στέγη του δεξιού σπιτιού μουλιάζει γιατί δεν έχει επίστρωση νανοϋλικού. Ο επισκέπτης παίζει με τον αισθητήρα φωτεινότητας

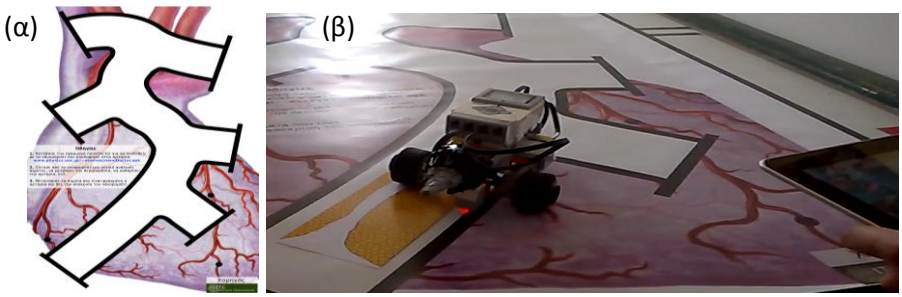
και κίνησης στην πίσω μεριά του αριστερού σπιτιού (4). Ξαναγυρνάει στις ψηφιακές οθόνες και παρατηρεί ότι το αριστερό σπιτάκι έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από ότι το δεξί λόγω των θερμοχρωμικών τζαμιών τα οποία έχουν αλλάξει χρώμα λόγω της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Τέλος κοιτάει τα πανελάκια και βλέπει ότι το μελάνι στον τοίχο του αριστερού σπιτιού έχει αποδομηθεί ενώ το μελάνι στον τοίχο του δεξιού σπιτιού παραμένει ως έχει. Η φωτοκαταλυτική δράση του αριστερού πανέλου έχει επιτευχθεί. Τέλος κλείνει τους διακόπτες (1) και (2).

Εικόνα 1: Διαδραστικό έκθεμα Γενικού Λυκείου Τζερμιάδων.



Στο Πειραματικό Γενικό Λύκειο Ηρακλείου και στο πλαίσιο του ομίλου «Εκπαιδευτική Ρομποτική και Νανοτεχνολογία» κατασκευάστηκε ένα έκθεμα που στόχευε στο να γνωρίσουν αλλά και να προβληματιστούν οι επισκέπτες με κάποιες από τις εφαρμογές της νανοτεχνολογίας στον τομέα της υγείας. Ένα ρομπότ με εξαρτήματα και αισθητήρες της εταιρίας Lego Mindstorms προχωρούσε αυτόνομα πάνω σε μια μακέτα ανθρώπινης αρτηρίας (Εικόνα 2α). Το ρομπότ αυτό προσομοίωνε ένα νανορομπότ το οποίο θα μπορούσε να βρίσκεται μόνιμα μέσα στο σώμα ενός ανθρώπου. Καθώς το νανορομπότ θα κυκλοφορούσε μέσα στις αρτηρίες του ανθρώπου θα εκτελούσε κάποιες λειτουργίες. Αρχικά θα μπορούσε με την βοήθεια αισθητήρων να ανιχνεύει την αρτηριακή πλάκα στα τοιχώματα της αρτηρίας και με μηχανικό τρόπο να την καθαρίζει. Στο έκθεμα οι επισκέπτες μπορούσαν να αλλάξουν το μέρος όπου ήταν η αρτηριακή πλάκα μετακινώντας το κίτρινο χαρτόνι που φαίνεται στην Εικόνα 2(β). Έτσι, καθώς το ρομπότ ανίχνευε την αρτηριακή πλάκα έβαζε σε λειτουργία ένα τρυπάνι που υπήρχε στο μπροστινό του μέρος προσομοιώνοντας ότι την καθαρίζει. Παράλληλα, το συγκεκριμένο ρομπότ επικοινωνούσε, μέσω bluetooth, με μία εφαρμογή σε τάμπλετ ή κινητό (με λειτουργικό σύστημα Android) όπου ενημέρωνε τον χρήστη όταν υπήρχε φραγμένη αρτηρία ή κάποιο άλλο πρόβλημα υγείας. Τέλος, ο χρήστης μπορούσε ανά πάσα στιγμή μέσω της εφαρμογής να στείλει εντολές στο νανορομπότ (αδρανοποίηση, έναρξη περιστροφής τρυπανιού, κτλ) ή ακόμη και να ζητήσει γενική ανάλυση αίματος ή ανάλυση ενός συγκεκριμένου δείκτη. Το ρομπότ έστελνε διαφορετικά δεδομένα/αναλύσεις ανάλογα με την φωτεινότητα και τα χρώματα που αναγνώριζε εκείνη τη στιγμή το ρομπότ.

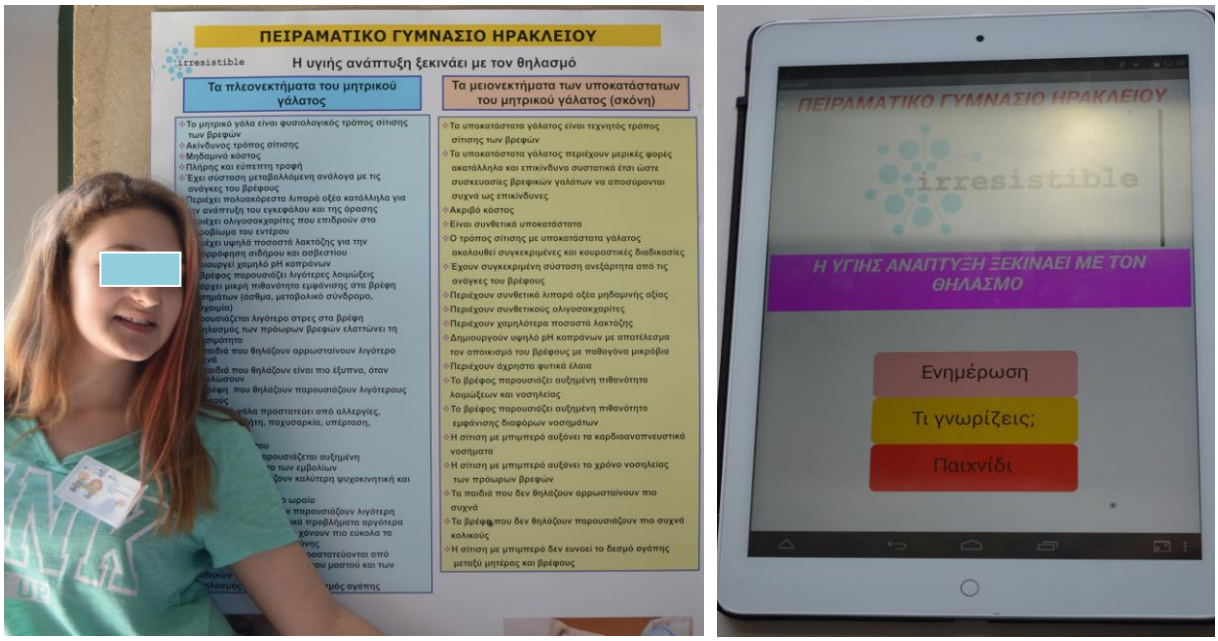
Εικόνα 2: Διαδραστικό έκθεμα Πειραματικού Γενικού Λυκείου Ηρακλείου.



Ενότητα: «Η υγιής ανάπτυξη ξεκινάει με τον Θηλασμό»

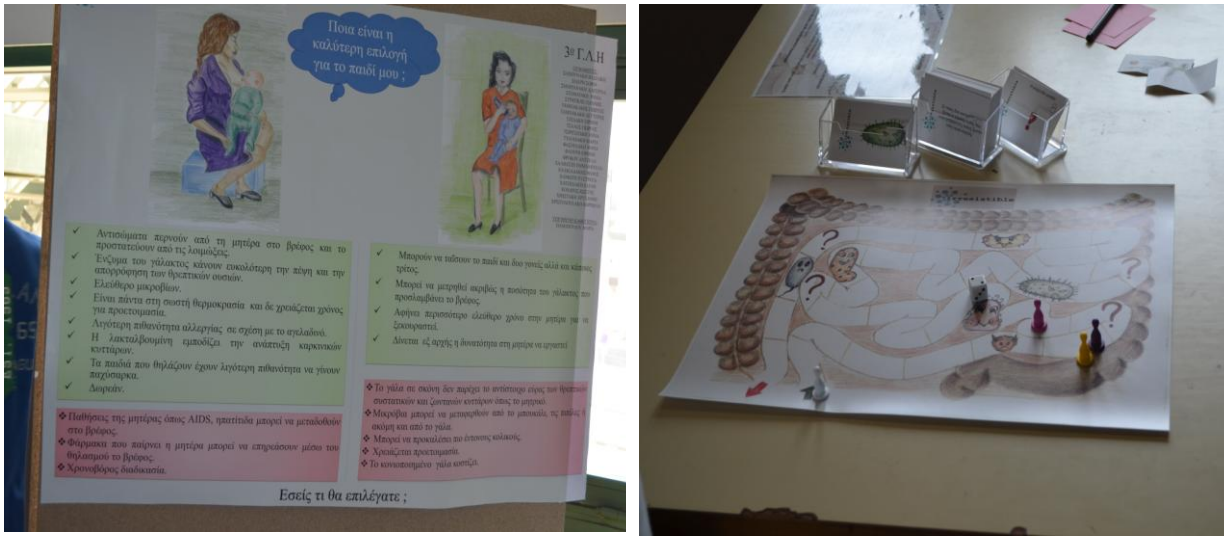
Μαθητές του Πειραματικού Γυμνασίου Ηρακλείου στο πλαίσιο του ομίλου «Η υγιής ανάπτυξη ξεκινά με τον θηλασμό» δημιούργησαν μία ιστοσελίδα με πληροφορίες για το μητρικό γάλα, τα πλεονεκτήματα του μητρικού θηλασμού και τα μειονεκτήματα του γάλακτος σκόνη σύμφωνα με τις γνώσεις και τις πληροφορίες που απέκτησαν στη διάρκεια λειτουργίας του ομίλου. Επίσης δημιούργησαν μία δεύτερη ιστοσελίδα με ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με το μητρικό γάλα που απαρτιζόταν από 34 ερωτήσεις με απαντήσεις πολλαπλής επιλογής ώστε ο χρήστης να ελέγξει τις γνώσεις του. Επιπρόσθετα δημιούργησαν ένα διαδυκτιακό παιχνίδι για το μητρικό γάλα που ο χρήστης μπορούσε να επιλέξει υγιή ή επιβλαβή συστατικά του γάλακτος, αν επέλεγε τα υγιή συστατικά, κέρδιζε. Δημιουργήθηκε μία εφαρμογή Android η οποία φιλοξένησε όλα τα παραπάνω. Επίσης οι μαθητές σχεδίασαν και τύπωσαν μία αφίσα με τα πλεονεκτήματα του μητρικού γάλακτος και τα μειονεκτήματα του γάλακτος σκόνη (Εικόνα 3). Το έκθεμα συμπλήρωνε μία κάλπη όπου οι επισκέπτες έριχναν τυπωμένα δελτία (ΝΑΙ ή ΟΧΙ), αν γνώριζαν τα πλεονεκτήματα του μητρικού θηλασμού.

Εικόνα 3: Αφίσα και διαδραστικό έκθεμα Πειραματικού Γυμνασίου Ηρακλείου.



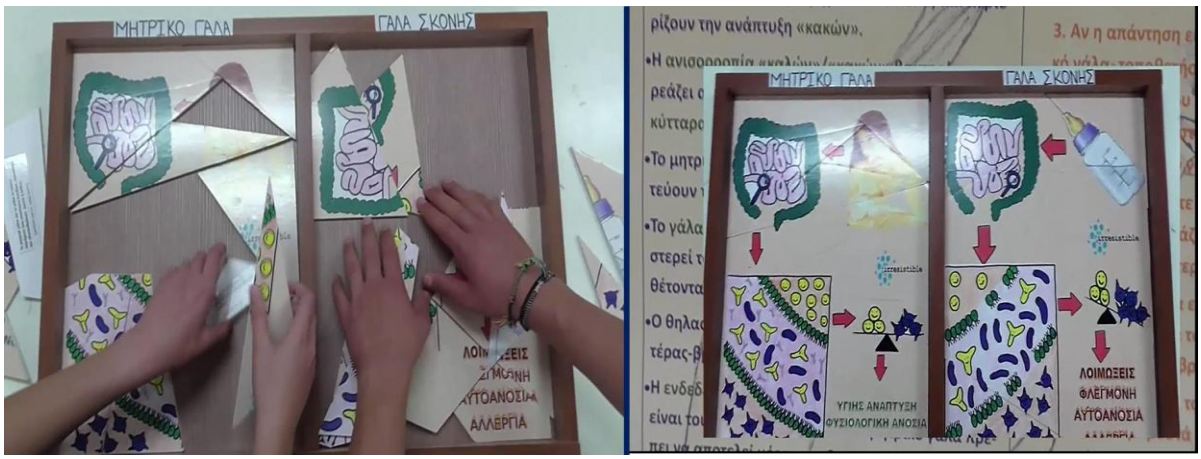
Μαθητές του 3ου Γενικού Λυκείου Ηρακλείου κατασκεύασαν έκθεμα που αποτελείτο από ένα επιτραπέζιο παιχνίδι με τίτλο «Irresistible milk», ένα παιγνίδι με γνώσεις που αποκτήθηκαν κατά τη διάρκεια του project αλλά κυρίως προβληματισμού. Το παιγνίδι αυτό παίζεται από δύο ή περισσότερους παίκτες, που ανάλογα με το τετραγωνάκι στο οποίο θα βρεθούν θα πρέπει να απαντήσουν σε ερώτηση σχετικά με τη διατροφή, τη βιολογία και την ιατρική ή θα πρέπει να καταγράψουν τη γνώμη τους για θέματα RRI/Βιοηθικής σε κάποιο χαρτί το οποίο θα βάλουν μέσα στην ειδική κάλπη, ενδεικτικά ζητήματα όπως προώθηση/διαφήμιση υποκατάστατων γάλακτος, διατροφικά σκάνδαλα με βρεφικό γάλα, σύγκρουση συμφερόντων έρευνας/ βιομηχανίας, βιοηθική διάσταση του θηλασμού (θηλασμός vs. εργασία, εργατικό δίκαιο, συμμετοχή του πατέρα στην απόφαση για θηλασμό κά. Επίσης οι μαθητές κατασκεύασαν Poster με τίτλο «Το μητρικό γάλα διαμορφώνει τη φυσιολογική εντερική μικροχλωρίδα οδηγώντας στην υγιή ανάπτυξη του ατόμου» που παρουσίαζε τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του μητρικού γάλακτος και του γάλακτος σε σκόνη και τη δυνατότητα ο επισκέπτης να επιλέγει την προτίμησή του (Εικόνα 4).

Εικόνα 4: Αφίσα και διαδραστικό έκθεμα 3ου Γενικού Λυκείου Ηρακλείου.



Μαθητές του Γενικού Λυκείου Νέας Αλικαρνασσού κατασκεύασαν έκθεμα με τίτλο «Το μητρικό γάλα διαμορφώνει τη φυσιολογική εντερική μικροχλωρίδα οδηγώντας στην υγιή ανάπτυξη του ατόμου». Στόχος του εκθέματος ήταν η ενημέρωση, με διαδραστική προσέγγιση, του επισκέπτη για τον ευεργετικό ρόλο του μητρικού γάλατος στη βρεφική και ενήλικη ζωή μέσω της διαμόρφωσης του εντερικού μικροβιώματος και της επακόλουθης επίδρασης στο ανοσοποιητικό σύστημα. Το έκθεμα αποτελείτο από δύο puzzle και ένα πόστερ (Εικόνα 5).Το πόστερ αφενός περιέχει πληροφορίες κυρίως για το πώς επιδρά το μητρικό γάλα στο μικροβίωμα, στο ανοσοποιητικό σύστημα και κατ' επέκταση στην υγεία του ατόμου και αφετέρου οδηγίες για την κατασκευή των puzzle. Τα puzzle απεικονίζουν το έντερο και τα μικρόβια που το αποικίζουν (μικροβίωμα), σε βρέφη που τρέφονται με μητρικό γάλα και γάλα σε σκόνη (δύο puzzle, αντίστοιχα). Επιπλέον, σε κάθε puzzle απεικονίζονται κύτταρα του ανοσοποιητικού που επηρεάζονται από τον τύπο διατροφής και οι συνέπειες που τελικά υπάρχουν στην υγεία του βρέφους, με έμφαση στις λοιμώξεις, την αλλεργία και την αυτοανοσία. Κομμάτια και των δύο puzzle είναι αρχικά ανακατεμένα και τοποθετούνται στο ένα ή στο άλλο puzzle αφού απαντηθούν από τον επισκέπτη ερωτήσεις που βρίσκονται στο πίσω μέρος τους.

Εικόνα 5: Διαδραστικό έκθεμα Γενικού Λυκείου Νέας Αλικαρνασσού.



4. Συμπεράσματα

Η κατασκευή των εκθεμάτων αν και αρχικά φαινόταν ότι θα δυσκόλευε μαθητές και εκπαιδευτικούς, αναδείχθηκε ως η σημαντικότερη φάση του προγράμματος. Ο «καταιγισμός» των ιδεών και η δημιουργική διάθεση των μαθητών ανακοπτόταν μόνο από τα στενά χρονικά περιθώρια για την κατασκευή του εκθέματος. Ο χρονικός περιορισμός επέβαλε από τον εκπαιδευτικό σε πρώτη φάση τον χωρισμό των μαθητών σε ομάδες για την κατασκευή των επιμέρους τμημάτων του εκθέματος. Σε δεύτερη φάση οι ομάδες των μαθητών συνεργάσθηκαν μεταξύ τους για τη σύνθεση του εκθέματος σε ολότητα, οδηγώντας έτσι την μικρή αυτή «κοινότητα μάθησης» σε πολλαπλά μαθησιακά οφέλη. Κατά την παρουσίαση των εκθεμάτων, η «επικοινωνία» μαθητών-κοινού, αναδείχθηκε ως η κορυφαία στιγμή του προγράμματος. Με υψηλό αίσθημα ευθύνης και επιστημονική τεκμηρίωση, οι μαθητές παρουσίασαν στο κοινό τα εκθέματά τους, αποκομίζοντας το μέγιστο εκπαιδευτικό όφελος. Η Β΄ φάση εφαρμογής του Προγράμματος IRRESISTIBLE λειτούργησε πολλαπλασιαστικά ώστε ένας σημαντικός αριθμός μαθητών να ευαισθητοποιηθεί στις αρχές της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (RRI). Ο αριθμός των εκπαιδευτικών που συμμετείχε στη δεύτερη φάση θεωρείται πλέον «κρίσιμος» για την περαιτέρω διάχυση των ευρωπαϊκών αυτών αρχών σε περισσότερα σχολεία, αλλά με την υποστήριξη πλέον της πολιτείας.

5. Βιβλιογραφία

Μιχαηλίδη Α. Α. (2013). *Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικής μαθησιακής σειράς για τη νανοτεχνολογία στην υποχρεωτική εκπαίδευση*. Αδημοσίευτη πτυχιακή εργασία, Π.Τ.Δ.Ε. Πανεπιστημίου Κρήτης.

Bybee R. W. (2002). Scientific inquiry, student learning, and the science curriculum. In R. W. Bybee (Ed.). *Learning science and the science of learning*. Arlington, VA: NSTA Press.

Hingant B. & Albe V. (2010). Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature. *Studies in Science Education 46*, 121-152.

Sadler T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching, 41(5)*, 513-536.

Stevens S., Sutherland L. & Krajcik J. (2009). *The 'big ideas' of nanoscale science and engineering.* Arlington, VA: National Science Teachers Association Press.

ΘΕΜΑΤΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΑΙΧΜΗΣ ΕΜΠΝΕΟΥΝ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ

Κατερίνα Σάλτα[1], Αγγελική Ευαγγελοπούλου[2], Ιωάννα Καραχάλιου[2], Μαρία Κωνσταντογιάννη[2], Ελένη Μελανίτου[2], Πανδώρα Σιφνιώτη[3], Φωτεινή Χάλαρη[3], Κωνσταντίνος Χαρίτος[2]

[1]Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Ηλιούπολης
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[3]Εκπαιδευτήρια Κωστέα Γείτονα

Περίληψη

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στο πως οι εμπειρίες των μαθητών κατά την ανάπτυξη εκθεμάτων σχετικών με θέματα έρευνας αιχμής αναδεικνύουν τη σημασία τους ως μέσο μάθησης και αξιολόγησης της μάθησης. Από όλη τη διαδικασία αναδείχθηκαν ως παράγοντες μάθησης οι διαπραγματεύσεις μέσα στην ομάδα, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ομάδων, τα εργαλεία και υλικά στα διάφορα στάδια ανάπτυξης του εκθέματος και η αλληλεπίδραση με το κοινό. Τόσο η διαδικασία δημιουργίας των εκθεμάτων, όσο και τα ίδια τα εκθέματα αποδείχθηκαν πόροι που δομούν τη μαθησιακή διαδικασία ανοίγοντας νέες προοπτικές και παρέχοντας περιορισμούς. Εξυπηρετούν επίσης το συντονισμό θεωρητικών και πρακτικών δράσεων.

Abstract

This paper focuses on how students' experiences during the development of interactive exhibits related to cutting-edge research topics highlight their importance as a means of learning and evaluation. Throughout the process, negotiations within group, groups' interactions, tools and materials at the various stages of the exhibit's development and interaction with the public have emerged as learning factors. Both the process of development and the exhibits themselves have proved to be the resources that structure the learning process, opening up new perspectives and providing constraints. They also serve the coordination of theoretical and practical actions.

1. Εισαγωγή

Η υπάρχουσα ερευνητική βιβλιογραφία υποστηρίζει ότι ο σχεδιασμός και η κατασκευή τεχνημάτων, όπως τα διαδραστικά εκθέματα, περιλαμβάνει την επινόηση λύσεων σε ανοικτά και ατελώς δομημένα προβλήματα με απαίτηση μια λύση δημιουργική, δηλαδή πρωτότυπη και σκόπιμη (Middleton 2004, Roth 1996). Οι δραστηριότητες στις οποίες συμμετέχουν οι μαθητές έχουν νόημα επειδή συνδέονται με τον πραγματικό κόσμο μέσα και έξω από την τάξη και παράγουν πραγματικές λύσεις με πραγματικά υλικά (Middleton 2004). Επιτρέπουν στους μαθητές να ελέγξουν τις γνώσεις τους ενσωματώνοντας τις ιδέες και τα συναισθήματά τους στο σχεδιασμό και στην κατασκευή των εκθεμάτων (Roth 1996).
Βασικά εργαλεία για την ενίσχυση του δημιουργικού σχεδιασμού αποτελούν οι μεταφορές και οι αναλογίες (Hey et al. 2008). Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη παιχνιδιών σε περιβάλλον υπολογιστή από μαθητές βοηθούν, επίσης, στην ανάπτυξη εννοιών περιεχομένου (θέμα παιχνιδιού) και προγραμματισμού (Baytak & Land 2011). Η μάθηση μέσω του σχεδιασμού δεν αντικατοπτρίζεται αποκλειστικά στα τελικά προϊόντα (τις δημιουργίες των μαθητών),

αλλά και στη διαδικασία, η οποία καθίσταται κεντρικό θέμα της εκπαίδευσης. Το γεγονός αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και στην αξιολόγηση της μάθησης η οποία παραδοσιακά στηρίζεται μόνο στα αντικείμενα που προκύπτουν από τη διαδικασία σχεδιασμού (Roth 1996). Επιπλέον, όταν η δημιουργία εκθεμάτων γίνεται με βάση την ομαδική εργασία, οι μαθητές μαθαίνουν να λειτουργούν συλλογικά, να διαπραγματεύονται μεταξύ τους, να λαμβάνουν αποφάσεις και να εκτελούν τα συμφωνηθέντα (Middleton 2004).

2. Μεθοδολογία

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στις εμπειρίες των μαθητών κατά την κατασκευή εκθεμάτων (δημιουργίες των μαθητών) με θέματα έρευνας αιχμής και στην ανάδειξη της σημασίας τους ως μέσο μάθησης και αξιολόγησης της μάθησης με βάση τις κατευθύνσεις της ερμηνευτικής (Schwandt 2000, 2007) και της ανάλυσης της αλληλεπίδρασης (Jordan & Henderson 1995). Καταρχάς, θεωρούμε ότι η εμπλοκή των μαθητών στις δραστηριότητες δημιουργίας εκθεμάτων στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE προάγει τη μάθηση τους. Υποθέσαμε ότι οι μαθητές δημιουργώντας (σχεδιάζοντας και κατασκευάζοντας) και παρουσιάζοντας στο κοινό διαδραστικά εκθέματα θα μάθουν (α) για τα θέματα έρευνας αιχμής που θα συμπεριλάβουν στο έκθεμα και (β) τις πτυχές της «Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας» (RRI) που θα ενσωματώσουν στο έκθεμα. Δεύτερον, οι δραστηριότητες αυτές θεωρούνται ως "αυθεντικά" μαθησιακά περιβάλλοντα στο βαθμό που τα προβλήματα που έχουν να λύσουν οι μαθητές είναι ανοικτά και ατελώς δομημένα ώστε οι μαθητές να μπορούν να καθορίσουν τους δικούς τους στόχους και τα δικά τους πλαίσια προβλημάτων και να βιώσουν ένα επαρκές επίπεδο αβεβαιότητας και αμφιβολίας στην εξεύρεση και επίτευξη λύσεων. Τρίτον, αυτά τα μαθησιακά περιβάλλοντα επιτρέπουν στους μαθητές να βιώσουν τον εαυτό τους ως μέρος μιας κοινότητας στην οποία μοιράζονται συγκεκριμένες πρακτικές και πόρους και αξιοποιούν την εμπειρία των πιο έμπειρων συμμαθητών, εκπαιδευτικών ή ειδικών επιστημόνων. Οι ακόλουθες παράγραφοι παρέχουν περιγραφές του πλαισίου εργασίας, των συμμετεχόντων, των διαδραστικών εκθεμάτων, των δεδομένων και μεθόδων ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή τη εργασία.

Το πλαίσιο εργασίας των μαθητών

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του ευρωπαϊκού προγράμματος IRRESISTIBLE, το οποίο στόχευε στην ανάπτυξη και εφαρμογή στη σχολική τάξη διδακτικών ενοτήτων σχετικών με θέματα έρευνας αιχμής. Οι ενότητες εστίαζαν, επίσης, σε διάφορες πτυχές της «Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας» (RRI), όπως η ενεργή εμπλοκή ερευνητών, βιομηχανίας, πολιτικών και κοινωνίας, η φυλετική ισότητα, η απόκτηση απαραίτητης γνώσης και εργαλείων Φυσικών Επιστημών για συμμετοχή στην έρευνα και την καινοτομία, η ελεύθερη πρόσβαση στα αποτελέσματα των ερευνών και ζητήματα ηθικής δεοντολογίας.
Η εργασία αφορά στην εφαρμογή της ενότητας «Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας» σε 4 σχολεία και της ενότητας «Μητρικό Γάλα» σε 2 σχολεία. Η εφαρμογή των ενοτήτων ακολούθησε τη δομή του μοντέλου 6E (Kähkönen 2016): (α) Εμπλοκή (φάση πρόκλησης ενδιαφέροντος - έκφρασης απόψεων), (β) Εξερεύνηση (εκτέλεση πειραμάτων - συλλογή δεδομένων), (γ) Εξήγηση (φάση επιστημονικής ερμηνείας δεδομένων – εξαγωγή συμπερασμάτων), (δ) Επεξεργασία θεμάτων RRI, (ε) Ανταλλαγή ιδεών (φάση δημιουργίας εκθεμάτων) και (στ) Αξιολόγηση της εφαρμογής. Κατά τη φάση ανταλλαγής ιδεών αφού συζητηθήκαν οι αρχές ανάπτυξης διαδραστικών εκθεμάτων, οι τρόποι επικοινωνίας του περιεχομένου στους χρήστες, τα επίπεδα διαδραστικότητας, τα πλεονεκτήματα και τα

μειονεκτήματα διαφόρων εκθεμάτων, οι μαθητές ενεπλάκησαν με δραστηριότητες σχεδιασμού, κατασκευής και παρουσίασης σε κοινό διαδραστικών εκθεμάτων, εμπνεόμενοι από όσα έμαθαν για τα θέματα έρευνας αιχμής.

Οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές

Στην παρούσα εργασία συμμετείχαν μαθητές και εκπαιδευτικοί από 6 σχολεία της Αττικής όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Οι 6 από τους 7 εκπαιδευτικούς και μία εκπαιδευτικός (μέντορας), η οποία είχε συμμετάσχει στην ανάπτυξη και την εφαρμογή της ενότητας «Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας» την προηγούμενη σχολική χρονιά, λειτούργησαν ως μια κοινότητα μάθησης με στόχο την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και τη συνεργασία τους στην επίλυση προβλημάτων που προέκυπταν καθ' όλη τη διάρκεια της εφαρμογής.

Πίνακας 1: Κατανομή εκπαιδευτικών, μαθητών, τρόπου εφαρμογής ανά ενότητα

Ενότητα	**Εκπαιδευ -τικοί**	**Μαθητές**	**Τρόπος εφαρμογής**	**Σχολείο**
Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας	2	11	Όμιλος Φυσικών Επιστημών	Ιδιωτικό Δημοτικό
	1	20	Μάθημα Ερευνητική Εργασία	Δημόσιο Λύκειο
	1	25	Μάθημα Χημείας	Δημόσιο Λύκειο
	1	21	Όμιλος Φυσικών Επιστημών	Δημόσιο Πρότυπο Λύκειο
Μητρικό Γάλα	1	17	Μαθήματα Χημείας και Βιολογίας	Ιδιωτικό Γυμνάσιο
	1	24	Μαθήματα Χημείας και Βιολογίας	Δημόσιο Γυμνάσιο

Τα εκθέματα των μαθητών

Με έμπνευση θέματα έρευνας αιχμής από την ενότητα «Μητρικό Γάλα» οι μαθητές εργαζόμενοι ομαδικά δημιούργησαν 3 εκθέματα. Το ένα με τίτλο «ΓΑΛΑΚΤΟ…ΤΕΧΝΙΕΣ» έχει ως κεντρικό θέμα ένα διατροφικό σκάνδαλο. Ο επισκέπτης ενημερώνεται για την ιστορία, τα θρεπτικά συστατικά του γάλακτος, και τη δυσανεξία, φτιάχνει παζλ με τις λέξεις-κλειδιά του θέματος και στο τέλος ψηφίζει για το γάλα που προτιμά, με αιτιολόγηση της ψήφου, δίνοντας μας τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε την επίδραση του εκθέματος στον τρόπο σκέψης του. Το έκθεμα «Μάντεψε πως… στο ΓΑΛΑ?» είναι ένα παιχνίδι που αποτελείται από χάρτινες συσκευασίες γάλακτος, που περιέχουν πληροφορίες για συστατικά, μεθόδους επεξεργασίας γάλακτος και θέματα RRI. Δυο παίκτες επιλέγουν από μία έννοια και μέσα από ερωτήσεις ο καθένας προσπαθεί να μαντέψει πρώτος την έννοια του αντιπάλου του. Το έκθεμα «ΜεΓΑΛΑ Πειράματα» παρουσιάζει απλά πειράματα και μοντέλα συστατικών του γάλακτος που μπορούν να αναπαράγουν οι επισκέπτες μόνοι τους.
Θέματα έρευνας αιχμής της ενότητας «Εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας» υπήρξαν πηγή έμπνευσης για 5 εκθέματα που σχεδίασαν και κατασκεύασαν οι μαθητές. Οι μικρότεροι μαθητές προσομοίωσαν, χρησιμοποιώντας μια αναλογία, την καταστροφή καρκινικών κυττάρων από ένα φάρμακο νανοτεχνολογίας. Ο επισκέπτης οδηγεί μια σταγόνα Ferrofluid (φάρμακο) στα κύτταρα-στόχο με τη βοήθεια ενός μαγνήτη. Μετά τη διάδραση συμπληρώνει σχετικό ερωτηματολόγιο. Το έκθεμα «Nanoquiz» είναι παιχνίδι 6 ερωτήσεων τριών επιλογών με μία σωστή απάντηση για την νανοτεχνολογία και την RRI. Ο επισκέπτης παίρνει πληροφορίες για την νανοτεχνολογία και τις εφαρμογές της από ολόγραμμα που έφτιαξαν οι

μαθητές. Με το έκθεμα «Φωτίζοντας τα Νανοσωματίδια» ο επισκέπτης διερευνά την πορεία ακτίνας laser μέσα από σώματα που περιέχουν διασπορά σωματιδίων διαφορετικού μεγέθους της νανοκλίμακας. Το έκθεμα «Σταγονοδρομίες» παρουσιάζει το φαινόμενο της υδροφοβίας, το συνδέει, χρησιμοποιώντας μια αναλογία, με τη δομή μιας επιφάνειας και αναδεικνύει εφαρμογές που έχει στην καθημερινή ζωή και τη σχέση τους με την RRI. Τέλος, το έκθεμα «Τότε που άλλαξα τον κόσμο» είναι μια διαδραστική ιστορία σχετική με τη νανοτεχνολογία και τις βασικές αρχές της RRI. Ο κάθε επισκέπτης επιλέγοντας αν θα ακολουθήσει ή όχι μια βασική αρχή της RRI δημιουργεί μια διαφορετική ιστορία η οποία μπορεί να τον οδηγήσει στο βραβείο Νομπέλ ή στην καταστροφή του κόσμου.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Τα δεδομένα μας προήλθαν από άμεσες παρατηρήσεις κατά το σχεδιασμό, την κατασκευή και την παρουσίαση των εκθεμάτων, τα σχόλια και τις αξιολογήσεις των μαθητών και των εκπαιδευτικών. Οι αναλύσεις των δεδομένων ακολούθησαν τις συστάσεις της βιβλιογραφίας στους τομείς της ερμηνευτικής έρευνας (Schwandt 2000, 2007) και της ανάλυσης της αλληλεπίδρασης (Jordan & Henderson 1995). Ο κάθε ισχυρισμός που διατυπώθηκε από την ομάδα μας ελέγχθηκε με βάση το σύνολο των δεδομένων για να αναζητηθούν στοιχεία που τον επιβεβαιώνουν και άλλα που τον διαψεύδουν. Με βάση αυτά τα στοιχεία απορρίφθηκαν, τροποποιήθηκαν ή διατηρήθηκαν οι αρχικοί ισχυρισμοί.

3. Αποτελέσματα

Διάφοροι παράγοντες συνέβαλαν στην εξέλιξη ενός εκθέματος ώστε να αποκτήσει την τελική του μορφή. Τα εργαλεία, τα υλικά, οι περιορισμοί οι ατομικές προτιμήσεις και οι προηγούμενες σχετικές εμπειρίες συνέβαλαν στην εμφάνιση ενός συγκεκριμένου εκθέματος. Ωστόσο, όλοι οι παράγοντες δεν είχαν την ίδια σημασία για όλους τους μαθητές, και λόγω των διαφορετικών νοημάτων που μπορούν να έχουν για διαφορετικούς μαθητές, οδηγούν σε διαφορετικές σχεδιαστικές ενέργειες και τελικά στη μάθηση (Roth 1996). Από όλη τη διαδικασία σχεδιασμού, κατασκευής και έκθεσης αναδείχθηκαν ως παράγοντες μάθησης:

(α) *Οι διαπραγματεύσεις μέσα στην ομάδα*: Τα εκθέματα των μαθητών ήταν αποτέλεσμα ενός συνεργατικού σχεδιασμού, προγραμματισμού, κατασκευής και διαπραγμάτευσης των μελών της ομάδας. Κατά τη διάρκεια αυτών των διαπραγματεύσεων προέκυψαν αλλαγές στο σχεδιασμό και τα «κυρίαρχα» σχέδια δεν ήταν το άθροισμα ή ο ελάχιστος κοινός παρονομαστής των αρχικών. Αντίθετα, οι διαπραγματεύσεις αποτελούσαν ένα μεταβαλλόμενο πλαίσιο, έτσι ώστε να μεταβάλλονται οι μεμονωμένες προτάσεις. Δημιουργήθηκαν νέα σχέδια με ή χωρίς ομοιότητα με τις ξεχωριστές αρχικές ιδέες.

(β) *Οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ομάδων*: Η συνεργασία των εκπαιδευτικών στα πλαίσια μιας κοινότητας μάθησης του προγράμματος IRRESISTIBLE διευκόλυνε τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ομάδων σχεδιασμού και την εμφάνιση κοινοτικών προτύπων και τάσεων. Αυτά τα πρότυπα και οι τάσεις συνέβαλαν στα μεμονωμένα σχέδια και μπορούσαν να αναγνωριστούν σε ομοιότητες ανάμεσα σε εκθέματα διαφορετικών ομάδων και στις συναφείς εξηγήσεις.

(γ) *Τα εργαλεία και υλικά στα διάφορα στάδια ανάπτυξης του εκθέματος*: Η διαθεσιμότητα εργαλείων και υλικών άλλαξε τη διαδικασία σχεδιασμού και επηρέασε τα παραγόμενα εκθέματα. Οι ιδέες των παιδιών μεταφέρονταν στα αναδυόμενα αντικείμενα σχεδιασμού. Καθώς οι ιδέες μετασχηματίζονταν σε αντικείμενα, τα απαιτούμενα υλικά περιόριζαν κάποιες

σχεδιαστικές επιλογές, αλλά προσέφεραν και νέες διαφορετικές ιδέες. Κάθε νέα ιδέα χρησιμοποίησε την αρχική κατάσταση του εκθέματος ως σημείο εκκίνησης.

(δ) *Η αλληλεπίδραση με το κοινό*: Το τελικό στάδιο της εφαρμογής της ενότητας συμπεριλάμβανε και την παρουσίαση των εκθεμάτων των μαθητών των 6 σχολείων που αναφέρονται στην παρούσα εργασία μαζί με τα εκθέματα μαθητών από 14 άλλα σχολεία που συμμετείχαν στο πρόγραμμα IRRESISTIBLE στην Αττική. Η προοπτική της παρουσίασης των εκθεμάτων στο κοινό κινητοποίησε τα μέγιστα τους μαθητές καθ' όλη τη διάρκεια εφαρμογής της ενότητας και όχι μόνο στο στάδιο σχεδίασης και κατασκευής. Και η ίδια η διαδικασία της παρουσίασης και συζήτησης με το κοινό έφερε κοντά τους μαθητές με συμμαθητές τους από άλλα σχολεία αλλά και ενήλικες, τους έδωσε δυνατότητα να αλληλεπιδράσουν με εκθέματα συμμαθητών τους, να εξηγήσουν, να απαντήσουν ερωτήματα, να παρέχουν πηγές πληροφοριών για τα θέματα έρευνας αιχμής και πτυχές της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας. Αποτέλεσμα ήταν η αύξηση της αυτοεκτίμησης των μαθητών. Ενδεικτικές είναι οι παρατηρήσεις τους: «*Μου άρεσε που βοηθούσα τον κόσμο να κατανοήσει περισσότερα για την κατασκευή του ολογράμματος και τη νανοτεχνολογία*», «*Μέσα από τα εκθέματα (των άλλων) είδαμε πως είχαν αντιληφθεί τα υπόλοιπα παιδιά ότι είχαμε διδαχθεί*» «*Βάλαμε τον κόσμο να ψηφίσει και να παίξει*».

4. Συμπεράσματα

Από τη συνολική αποτίμηση των διαδικασιών σχεδιασμού, κατασκευής και παρουσίασης των εκθεμάτων από τους μαθητές, μετά την εφαρμογή ενοτήτων σχετικών με θέματα έρευνας αιχμής, αναδεικνύονται τόσο οι δυνατότητες όσο και οι περιορισμοί περιβαλλόντων μάθησης, στα οποία η δημιουργικότητα των μαθητών είναι στόχος της διδασκαλίας και της αξιολόγησης των δραστηριοτήτων των μαθητών σε αυτά. Το πρόβλημα της δημιουργίας του διαδραστικού εκθέματος, με το οποίο θα έρεπε να επικοινωνήσουν με το κοινό της έκθεσης ότι έμαθαν από την ενότητα του IRRESISTIBLE που εφαρμόστηκε στη τάξη τους, δεν μπλόκαρε τους μαθητές, αλλά αντίθετα χρησιμοποίησαν την ευελιξία που τους έδινε η κατάσταση με δημιουργικούς τρόπους. Οι μαθητές έμαθαν να αντιμετωπίζουν την πολυπλοκότητα των εργασιών ανοικτού σχεδιασμού και κατασκευής ως μια μεγάλη πρόκληση που έφεραν σε πέρας με μεγάλη επιμονή σε περίοδο 3-4 εβδομάδων. Θεώρησαν αρκετές εναλλακτικές προτάσεις, ιδέες σχεδιασμού, κατέληξαν σε λύσεις και αξιοποίησαν τη συνεργασία για την επίτευξη των καλύτερων από αυτές. Όλη η εμπειρία τους αύξησε την αυτοπεποίθηση που τους επιτρέπει να αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις αντίστοιχων εργασιών. Οι μαθητές εργάστηκαν συλλογικά και απέκτησαν δεξιότητες που τους επέτρεψαν να διαπραγματευτούν εναλλακτικές ιδέες, σχέδια και ενέργειες.

Οι εκπαιδευτικοί συνέβαλλαν στα εκθέματα των μαθητών θέτοντας το πλαίσιο, δίνοντας συμβουλές σχετικά με την βελτίωση λειτουργικών χαρακτηριστικών των εκθεμάτων και θέτοντας περιορισμούς στα υλικά που μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αλλά και ενισχύοντας τις προσπάθειές τους. Το αν και πως αυτές οι παρεμβάσεις των εκπαιδευτικών περιορίζουν τη δημιουργικότητα των μαθητών είναι ένα από τα θέματα που χρήζουν διερεύνησης.

Αυτή η μελέτη δείχνει ότι τα αντικείμενα σχεδιασμού, όπως τα εκθέματα, αποτελούν σημαντικές πτυχές μάθησης επειδή επιτρέπουν τη σκέψη μέσω χειρισμού υλικών και εργαλείων, δηλαδή δίνουν ευκαιρίες στους μαθητές να ενσωματώσουν δράση και σκέψη. Τα ευρήματα έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην προσφορά και τους περιορισμούς των μαθησιακών περιβαλλόντων όπου ο σχεδιασμός αποτελεί το στόχο και το όχημα διδασκαλίας και της αξιολόγησης δραστηριοτήτων των μαθητών σε τέτοια περιβάλλοντα. Η κατασκευή εκθεμάτων είναι πολύ πιο σημαντική για την μάθηση και η παρουσίαση των εκθεμάτων για την κινητοποίηση των μαθητών. Οι δραστηριότητες με τις οποίες οι μαθητές ομαδικά

κατασκευάζουν εκθέματα πρέπει να αποτελέσουν κεντρικές πτυχές της μάθησης αντί για δευτερεύουσες που απλώς δημιουργούν κίνητρα. Όσοι λαμβάνουν πολιτικές αποφάσεις για την εκπαίδευση και οι εκπαιδευτικοί πρέπει να συνειδητοποιήσουν τις δυνατότητες μάθησης μέσω σχεδιασμού και κατασκευής που ενσωματώνει την επίλυση ατελώς σχεδιασμένων προβλημάτων, διευκολύνει τις αλληλεπιδράσεις και την ανταλλαγή γνώσεων στην τάξη.

5. Βιβλιογραφία

Baytak, A. & Land, S. M.b (2011) An investigation of the artifacts and process of constructing computers games about environmental science in a fifth grade classroom. *Educational Technology Research and Development*, 59(6), 765–782.

Hey, J., Linsey, J., Agogino, A. M., Wood, K. L. (2008) Analogies and Metaphors in Creative Design. *International Journal of Engineering Education*, 24(2), 283-294.

Jordan, B. & Henderson, A. (1995). Interaction analysis: Foundations and practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 4, 39-103.

Kähkönen, A. L. (2016). Models of inquiry and the IRRESISTIBLE 6E model. Ανακτήθηκε από http://www.irresistible-project.eu/index.php/tr/blog-tr/168-models-of-inquiry-and-the-irresistible-6emodel στις 10-6-2016.

Middleton, H. E. (2004). Creative Thinking, Values and Design and Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 15, 61–71.

Roth, W.-M. (1996). Art and Artifact of Children's Designing: A Situated Cognition Perspective. *The Journal of the Learning Sciences*, 5(2), 129-166.

Schwandt, T. A. (2000). Three epistemological stances for qualitative inquiry: Interpretivism, hermeneutics, and social constructionism. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), Handbook of qualitative research (2nd ed., pp. 189–214). Thousand Oaks, CA: Sage.

Schwandt, T. A. (2007). The SAGE dictionary of qualitative inquiry. (3rd ed. ed.) Los, Angeles, Calif: Sage Publications.

Ο ΚΗΠΟΣ ΤΩΝ ΟΝΕΙΡΩΝ ΜΑΣ

Αγγελάκου Μαρία, Καλκαντάρα Καρολίνα, Νατσίκου Παναγιώτα, Σωτηρίου Σοφοκλής, Σπάτουλα Μαρία, Στάθη Ευαγγελία, Τσούτσια Αγγέλικα

Ελληνογερμανική Αγωγή

Περίληψη

Το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό σενάριο αποτελεί ένα πρόγραμμα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης, στο οποίο αξιοποιούνται σύμφωνα με τις αρχές της διαθεματικότητας όλα τα διδακτικά αντικείμενα με έμφαση στις Φυσικές Επιστήμες. Βασίζεται στη δημιουργία και τη φροντίδα ενός βιολογικού κήπου στην αυλή του νηπιαγωγείου. Ο βιολογικός κήπος μετατρέπεται σε μικρό εργαστήριο, όπου οι μαθητές χρησιμοποιώντας καινοτόμα μεθοδολογικά εργαλεία πραγματοποιούν δραστηριότητες. Η παραπάνω διαδικασία αποτελεί και μοναδική ευκαιρία τόσο για την εμπλοκή της τοπικής κοινωνίας όσο και των οικογενειών στη διαδρομή του εκπαιδευτικού σεναρίου.

Abstract

Our activity describes the design and development of a school garden in a nursery school environment. We emphasize how to sustain a garden program by involving community partners, such as parents, farmers, college students, and agricultural professionals. At the end of the school season students will eat what they grow. School gardens are an excellent tool for experiential learning and nutrition education.

1. Εισαγωγή

Μέσω του εκπαιδευτικού σεναρίου «Ο κήπος των ονείρων μας» στοχεύουμε:

- στην εξοικείωση του μαθητή με έννοιες σχετικές με την καλλιέργεια και τη φροντίδα ενός βιολογικού κήπου
- στην απόκτηση περιβαλλοντικής συνείδησης και στη μύηση των μαθητών στο αίσθημα του «ανήκειν» στο περιβάλλον
- στην ενθάρρυνση του διαλόγου ανάμεσα στα μέλη της ομάδας και επομένως στην καλλιέργεια της επικοινωνίας και της συνεργασίας μεταξύ τους
- στην προαγωγή της κριτικής σκέψης και στο σχεδιασμό από μέρος του μαθητή στρατηγικών για την επίλυση ενός προβλήματος
- στην ανανέωση του κινήτρου για μάθηση με πρωτότυπο υλικό, όπως υπολογιστικά περιβάλλοντα και ψηφιακές συσκευές.

Το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό σενάριο πραγματοποιήθηκε στο Νηπιαγωγείο της Ελληνογερμανικής Αγωγής τη σχολική χρονιά 2014-2015 και ο χρόνος υλοποίησής του ήταν από τις αρχές Νοεμβρίου έως και τα τέλη Μαΐου. Το εκπαιδευτικό σενάριο λάμβανε χώρα στον κήπο, στην τάξη (σε περιπτώσεις κακοκαιρίας ή διαφορετικών απαιτήσεων των

δραστηριοτήτων) και σε εξωσχολικούς χώρους (όταν είχε προγραμματιστεί εκπαιδευτική επίσκεψη). Στις δραστηριότητες του σεναρίου συμμετείχαν συνολικά 140 μαθητές, ηλικίας 5-6 χρόνων, χωρισμένοι σε 5 τμήματα, καθώς και οι υπεύθυνοι εκπαιδευτικοί των τμημάτων. Τα χαρακτηριστικά της ομάδας ήταν η ομοιογενής εθνική προέλευση, η κοινή μητρική γλώσσα και το ομοιογενές κοινωνικοοικονομικό υπόβαθρο.
Οι δραστηριότητες σχεδιάστηκαν με βάση τις αρχές της διαθεματικότητας και με στόχο την αξιοποίηση όλων των διδακτικών αντικειμένων του Νηπιαγωγείου (Γλώσσα, Μαθηματικά, Περιβάλλον, Πληροφορική, Δημιουργία και Έκφραση). Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις Φυσικές Επιστήμες, οι οποίες αποτελούν ένα βασικό και ευχάριστο τρόπο εξερεύνησης και κατανόησης του περιβάλλοντός μας. (Νικολάου Κυριακίδου 2002). Επίσης οι Τ.Π.Ε χρησιμοποιήθηκαν ως μέσο για τη γνωριμία των μαθητών με τη χρήση του υπολογιστή, τόσο ως εποπτικού εργαλείου όσο και ως εργαλείου διερεύνησης και επικοινωνίας πάντα με τη στενή βοήθεια του εκπαιδευτικού. (ΔΕΠΠΣ 2002).

2. Μεθοδολογία

Ένα βασικό μεθοδολογικό χαρακτηριστικό της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης είναι η παρακολούθηση των ρυθμών του μαθητή, με σκοπό η μάθηση να προέρχεται από την ενεργό δράση των ίδιων των μαθητών (Φράγκος 1977). Η πραγματική γνώση, σύμφωνα με τον Piaget, επιτυγχάνεται μόνο όταν η εργασία είναι χρήσιμη στον μαθητή και όταν ο μαθητής είναι ψυχολογικά έτοιμος. Η διδακτική προσέγγιση πρέπει να συνίσταται στη δημιουργία περιβαλλόντων που επιτρέπουν την αλλαγή των γνωστικών δομών, των μαθητών, ώστε να προκύψουν περιβάλλοντα που εξασφαλίζουν ευκαιρίες μάθησης σε ένα επίπεδο ακριβώς πάνω από το τρέχον γνωστικό επίπεδο του μαθητή (Joyce 1996). Το σενάριο «Ο Κήπος Των Ονείρων μας» και οι δραστηριότητες του έχουν ως βασικό παιδαγωγικό πρότυπο το μαθητοκεντρισμό (http://panamitsis.files.wordpress.com/2010/01/periballontikh-ekpaideysh-opseis-prooptikes.pdf, σελ. 29-30) αλλά και άλλες διδακτικές προσεγγίσεις από διάφορα μοντέλα, όπως αυτό του Εποικοδομητισμού (ο μαθητής είναι ο πρωταγωνιστής της εκπαιδευτικής διαδικασίας, κατακτά νέες γνώσεις και σχηματίζει νοήματα μέσα από την εμπειρία και την ενεργό συμμετοχή σε συζητήσεις και δραστηριότητες)
(http://www.slideshare.net/jsakrobat/ss-6796938, χρόνος 6:19-8:52), της Συνεργατικής και Διερευνητικής μάθησης (η συνεργατική μάθηση όσο και η διερευνητική μάθηση εσωκλείουν τη δυναμική εισαγωγής των μαθητών/τριών σε ενδιαφέρουσες εκπαιδευτικές εμπειρίες με πολλαπλά εκπαιδευτικά οφέλη για τους συμμετέχοντες)
(http://www.epyna.eu/agialama/synedrio_syros_6/eishghseis/periballontiki/104tsalapatas.pdf σελ 3), του Γνωστικισμού (η γνώση έρχεται μέσω περίπλοκης διαδικασίας που αφορά στην κατανόηση και επεξεργασία των πληροφοριών)
(http://www.slideshare.net/jsakrobat/ss-6796938, χρόνος 3:50- 6:18) αλλά και του μοντέλου της ομαδικής επεξεργασίας (Group Investigation Model) που κινείται σε 6 φάσεις σχεδόν πανομοιότυπα με τη βιωματική επικοινωνιακή διδασκαλία:

- Επιλογή του τομέα εργασίας
- Συνεργατικός σχεδιασμός
- Διεξαγωγή του σχεδίου
- Αξιολόγηση από τους μαθητές
- Ανταλλαγή αποτελεσμάτων από τις επιμέρους ομάδες σε ολομέλεια
- Κοινή αξιολόγηση εκπαιδευτικού-μαθητών (Χρυσαφίδης 1994)

Με λίγα λόγια η συγκεκριμένη εκπαιδευτική διαδρομή πραγματοποιείται μέσα σε ένα πλαίσιο που αποσκοπεί στην εκτός θυρών εκπαίδευση, στην ενεργό μάθηση, στην επίλυση προβλημάτων και στην προσπάθεια αυτονομίας και απόκτησης περιβαλλοντικής συνείδησης των μαθητών. Αποσκοπεί, λοιπόν, σε μια γνωστική, ενεργή και ευχάριστη μάθηση και ακολούθησε τα παρακάτω βήματα:

- Συζήτηση στην ολομέλεια με στόχο την ανάδυση προηγούμενων γνώσεων
- Καταιγισμός ιδεών, προτάσεων για νέες διερευνήσεις και επέκταση, αποσαφήνιση και κατανόηση του ζητήματος
- Προσδιορισμός προτεραιοτήτων, ρόλος εκπαιδευτικού
- Ορισμός τρόπου δουλειάς (δημιουργία υπο-ομάδων), ομαδοσυνεργατική διαδικασία
- Ορισμός χωρικού και χρονικού πλαισίου μέσα στο οποίο θα ολοκληρωθεί η έρευνα
- Υλικά, εξοπλισμός που απαιτείται
- Καταγραφή ερωτημάτων για τον καθορισμό της πορείας των δραστηριοτήτων-αξιολόγηση (van den Akker 2007)

Στηριζόμενοι στην παραπάνω μεθοδολογία αναπτύχθηκαν οι εξής δραστηριότητες:

- Αφόρμηση: Βόλτα στον κήπο και παρατήρηση των άδειων παρτεριών
- Συνάντηση στο κιόσκι του κήπου μας: Συζήτηση στην ολομέλεια, καταιγισμός ιδεών, ανίχνευση των προηγούμενων γνώσεων των μαθητών, καθορισμός προτεραιοτήτων
- Επιστροφή στη φύση: Παρατήρηση κατάλληλων συνθηκών για φύτεμα και προετοιμασία των παρτεριών
- Με κέφι, μεράκι και χάχανα, φυτέψαμε τα πρώτα μας λάχανα

  Διαδικασία φυτέματος: ταξινόμηση ανά είδος λαχανικών, κατηγοριοποίηση, φύτεμα βολβών, βλαστών και διαφόρων σπόρων
- Ένα σποράκι είμαι εγώ, δείτε τι θέλω, να αναπτυχθώ

  Διερεύνηση, προβληματισμός για τις συνθήκες ανάπτυξης του φυτού
- Ο λαχανόκηπος μπαίνει στις τάξεις μας

  Αξιοποίηση του απρόβλεπτου: βροχερός καιρός

  Χειροτεχνική εργασία στην τάξη για την καλύτερη οργάνωση του κήπου (ταμπέλες, σκιάχτρα κ.τ.λ.)
- Εγκαίνια του κήπου μας

  Άνοιγμα προς την τοπική κοινωνία (παρουσία εξειδικευμένων συνεργατών) καθώς και στους μικρότερους μαθητές του σχολείου
- Κομποστοποίηση - Πειράματα και θαύματα στο μικρό μας κήπο

  Αξιοποίηση πηγών: Βιβλία, συγκέντρωση υλικού στο πλαίσιο της εμπλοκής των γονέων, Τ.Π.Ε σχετικές με την κομποστοποίηση, δημιουργία κάδου κομπόστ, πειράματα με υλικά διασπώμενα ή μη διασπώμενα στο χώμα
- Τις απορίες για να λύσω, τα φυτά μου θα μετρήσω

  Καταμέτρηση και σύγκριση φυτών με συμβατές ή ασύμβατες μονάδες μέτρησης
- Τα φυτά αναπνέουν

  Διαδικασία φωτοσύνθεσης-πειράματα
- Μια τηλεφιλία χτίζεται

Εξ αποστάσεως επικοινωνία και συνεργασία με Νηπιαγωγείο της Κρήτης μέσω της χρήσης Τ.Π.Ε. από τους εκπαιδευτικούς (e-mail, skype)

- Ανταλλαγή γνώσεων και εμπειριών μέσω της αξιοποίησης της δημιουργικότητας των μαθητών και των δυνατοτήτων των Τ.Π.Ε. (διαδραστική αφίσα, glokster, αινίγματα με movie maker). Αξιοποίηση αποτελεσμάτων σχετικής επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών
- Ώρα για εξωσχολικές αποδράσεις

  Ταξιδεύοντας σε έναν κήπο στις Αχαρνές και στο Πάρκο Τρίτση

  Σύνδεση του σχολείου με την ευρύτερη κοινότητα

  Επέκταση των γνώσεων-Αξιολόγηση
- Το ένα χέρι νίβει τ' άλλο και τα δυο το πρόσωπο

  Συνεργασία με τους μαθητές της Α΄ Δημοτικού (σύγκριση των φυτών των παρτεριών τους, συγκομιδή της παραγωγής, ταξινόμηση των λαχανικών, παιχνίδι ρόλων σε μια βιολογική λαϊκή αγορά, λαχανοδρομίες)
- Μικροί και μεγάλοι ανθίσαμε από περηφάνια

  Αξιολόγηση του εκπαιδευτικού σεναρίου μέσα από την οργάνωση έκθεσης με την παρουσία γονέων που περιελάμβανε όλες τις ατομικές και ομαδικές εργασίες των μαθητών, τους πίνακες καταμέτρησης των φυτών, τα φρέσκα βιολογικά προϊόντα, πλούσιο φωτογραφικό υλικό, καθώς και μπουφέ με τα προϊόντα της παραγωγής μας, μ' άλλα λόγια στο τέλος… τα κάναμε σαλάτα!!!

3. Αποτελέσματα

Από την αξιολόγηση των δράσεών μας προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

1. Το εκπαιδευτικό σενάριο «Ο κήπος των ονείρων μας» είχε μεγάλη απήχηση στους μαθητές κι αυτό φάνηκε από τον ενθουσιασμό που εκδήλωσαν καθ' όλη τη διάρκεια πραγματοποίησης των δράσεων. Το γεγονός ότι σχεδόν όλες οι δράσεις πραγματοποιήθηκαν στον κήπο του Νηπιαγωγείου, στη μεγαλύτερη δηλαδή «αίθουσα» του σχολείου, ενέτεινε το ενδιαφέρον και τη συναισθηματική εμπλοκή των μαθητών.
2. Τα παιδιά μυήθηκαν στο αίσθημα του «ανήκειν» στο περιβάλλον, ενώ παράλληλα καλλιεργήθηκε η αντίληψη ότι κάθε άτομο αποτελεί τμήμα του περιβάλλοντος. Αυτό φάνηκε από τον υπερβάλλοντα ζήλο που έδειξαν στην καλλιέργεια των φυτών του βιολογικού κήπου καθώς και από την ενασχόλησή τους στο διάλειμμα με δική τους πρωτοβουλία, χωρίς την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών.
3. Μέσα από συζητήσεις και δράσεις που είχαν ως στόχο τη μεταγνώση (π.χ. εκπαιδευτικές επισκέψεις-εκθέσεις) διαπιστώσαμε τη μεταβολή των αρχικών γνώσεων και ενδιαφερόντων των μαθητών.
4. Αναπτύχθηκαν δεξιότητες που αποτελούν βασικό εργαλείο των Φυσικών Επιστημών και προωθούν την επιστημονική μέθοδο. Σε ένα πρώτο επίπεδο το σύνολο των μαθητών κατέκτησε τις δεξιότητες επικοινωνίας, υποβολής ερωτήσεων και σε ένα πιο προχωρημένο επίπεδο κάποιοι μαθητές κατάφεραν να αναπτύξουν δεξιότητες, όπως η αναγνώριση παραγόντων, η ερμηνεία παρατήρησης, η πρόβλεψη, η υπόθεση στην ερμηνεία δεδομένων, η αξιολόγηση και η εξαγωγή συμπερασμάτων. Όλες οι παραπάνω δεξιότητες αποτέλεσαν το βασικό μηχανισμό για την πρόσληψη πληροφοριών και τη μετατροπή τους σε γνώση, γεγονός που βοηθά στη χειραφέτηση

των μαθητών, στον καθορισμό των δικών τους στρατηγικών και στη θετική στάση προς τη μάθηση.

5. Οι μαθητές με την υποστήριξη του εκπαιδευτικού ήρθαν σε επαφή με υπολογιστικά περιβάλλοντα (powerpoint, movie maker, glokster, e-mail, skype). Κατάφεραν με την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών να πειραματιστούν και να ανακαλύψουν τις δυνατότητες των Τ.Π.Ε., να επικοινωνήσουν και να συνεργαστούν, να εκφραστούν δημιουργικά και να κατανοήσουν σε πρώτο επίπεδο το ρόλο των ψηφιακών τεχνολογιών στη σύγχρονη κοινωνία, χωρίς ωστόσο να δείχνουν όλοι οι μαθητές το ίδιο ενδιαφέρον και την ίδια ανταπόκριση στις δραστηριότητες που σχετίζονται με την τεχνολογία. Αυτό εξάλλου δεν ήταν προτεραιότητα του εκπαιδευτικού σεναρίου.

4. Συμπεράσματα

Το εκπαιδευτικό σενάριο «ο κήπος των ονείρων μας» συνέβαλε στην ολόπλευρη ανάπτυξη των μαθητών. Συγκεκριμένα, οι μαθητές αναπτύχθηκαν: α) νοητικά (διασαφήνιση εννοιών, διατύπωση υποθέσεων-προβλέψεων, παρατήρηση, γνώση, μνήμη, κριτική σκέψη), β) κοινωνικοσυναισθηματικά (κοινωνικοποίηση, συνεργασία, αυτονομία) γ) ψυχοκινητικά (λεπτοί χειρισμοί και κινήσεις) καλλιέργησαν τη φαντασία και τη δημιουργικότητά τους, ενώ παράλληλα ψυχαγωγήθηκαν (Riding and Powell, 1987, Πετρινώλη, 1992, Clements, Nastasi, and Swaminathan, 1993, Ντολιοπούλου, 1999).
Μέσα από την πορεία του εκπαιδευτικού σεναρίου οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα για εξερεύνηση και διάλογο, για διασύνδεση των γνώσεων με οικείες πρακτικές της καθημερινής ζωής και για διαμόρφωση ή αναδιαμόρφωση της στάσης τους προς το περιβάλλον.
Επίσης, τους δόθηκε η δυνατότητα να κάνουν λάθος, να το καταλάβουν χωρίς την υπόδειξη του εκπαιδευτικού, να το διορθώσουν αλλά και να επαναλάβουν τη δραστηριότητα καλλιεργώντας μ' αυτό τον τρόπο την κριτική τους σκέψη και υιοθετώντας την αυτοαξιολόγηση.
Επιπλέον, δόθηκαν κίνητρα που τόνωσαν το ενδιαφέρον των παιδιών (υλικά, πηγές, ενημερώσεις από εξειδικευμένους συνεργάτες, νέες εξ αποστάσεως συνεργασίες και γνωριμίες μέσω Τ.Π.Ε. κ.α.) για ενεργό εμπλοκή, για συμμετοχή στο σχεδιασμό και οργάνωση των δραστηριοτήτων και μεταδόθηκαν στα παιδιά πρακτικές και συνήθειες που προωθούν τη δια βίου μάθηση (Δαφέρμου 2006). Με τον τρόπο αυτό προωθήθηκε η συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων στο εκπαιδευτικό σενάριο και δημιουργήθηκε ένα θετικό κλίμα ανάμεσα σε μαθητές, εκπαιδευτικούς, γονείς και εξειδικευμένους συνεργάτες.
Σ' ό,τι αφορά στο ρόλο του εκπαιδευτικού δεν περιορίστηκε στο παραδοσιακό μοντέλο αλλά πέρασε στο επίπεδο του συνδημιουργού της γνώσης, του διευκολυντή, του συντονιστή και του εμψυχωτή, γεγονός που επηρέασε θετικά την ολομέλεια της τάξης και οδήγησε τα παιδιά στη νέα γνώση και στον αναστοχασμό όσων έμαθαν.

5. Βιβλιογραφία

Δαφέρμου Χ., Κουλούρη Π., Μπασαγιάννη Ε. (2006). Οδηγός Νηπιαγωγού, Εκπαιδευτικοί σχεδιασμοί Δημιουργικά περιβάλλοντα μάθησης, Αθήνα, ΟΕΔΒ

Ντολιοπούλου, Ε. (1999). Σύγχρονες τάσεις της προσχολικής αγωγής, εκδόσεις Τυπωθήτω, Αθήνα

Πετρινώλη, Τ. (1992). Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής, ένας καινούριος φίλος για το παιδί

ΥΠΕΠΘ (2002), ΔΕΠΠΣ, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.

ΥΠΠΚ (2002) Οι Φυσικές Επιστήμες στο Νηπιαγωγείο, Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης, Λευκωσία

Φράγκος Χ. (1977), Ψυχοπαιδαγωγική, Gutenberg, Αθήνα

Χρυσαφίδης Κ. (1994), Βιωματική-Επικοινωνιακή Διδασκαλία: Η Εισαγωγή της Μεθόδου Project στο Σχολείο, Gutenberg, Αθήνα

Joyce B. & Weil M. (1996), Models of teaching. Allyn and Bacon, Boston

van den Akker, J, (2007). Curriculum Design Research. In Plomp, N. and Nieven N. (Eds.) *An Introduction to Educational Design Research*. SLO Netherland Institute for Curriculum Development. pp. 37-53

http://panamitsis.files.wordpress.com/2010/01/periballontikh-ekpaideysh-opseis-prooptikes.pdf, σελ. 29-30

http://www.slideshare.net/jsakrobat/ss-6796938, χρόνος 6:19-8:52

http://www.slideshare.net/jsakrobat/ss-6796938, χρόνος 3:50-6:18

ΕΛεΦυΣ – ΕΙΚΟΝΟΓΡΑΦΗΜΕΝΟ ΛΕΞΙΚΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΧΟΛΕΙΟ

Ιωάννης Λεύκος[1], *Μαρία Μητσιάκη*[2]

[1]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Η διεπίδραση επιστημονικού και γλωσσικού γραμματισμού έχει αναδειχθεί εδώ και πολλές δεκαετίες. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι σχεδιαστικές αρχές και η δομή ενός *Ε(ικονογραφημένου) Λε(ξικού) Φυ(σικής) για το Σ(χολείο), το οποίο μπορεί να συμβάλλει σε αυτήν την κατεύθυνση*. Η καινοτομία του ΕΛεΦυΣ έγκειται στα εξής: (α) συνιστά το πρώτο λεξικό/ διδακτικό υλικό που έχει εκπονηθεί στην Ελλάδα για την παράλληλη ανάπτυξη του επιστημονικού και γλωσσικού γραμματισμού στο Δημοτικό και το Γυμνάσιο, (β) μπορεί να αξιοποιηθεί στο πλαίσιο καινοτόμων προσεγγίσεων διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην ενίσχυση των επικοινωνιακών και ακαδημαϊκών γλωσσικών δεξιοτήτων των μαθητών και (γ) είναι πολυλειτουργικό και διατίθεται σε ηλεκτρονική μορφή.

Abstract

The interaction between scientific and linguistic literacy has been proposed a number of decades ago. In this work we present the principles taken into consideration for the design of the *Illustrated Science Dictionary for School* (ΕΛεΦυΣ), that can be used as an aid to this link. Special emphasis is laid on the innovative features of this dictionary, as portrayed below: (a) it is the first of this kind in Greece, aiming at scientific and also linguistic literacy, (b) it can be used as teaching material for innovative Science teaching approaches, while fostering students' communicative and academic language skills and (c) it is multifunctional and available in digital format.

1. Εισαγωγή-Θεωρητικό πλαίσιο

Είναι πλέον κοινός τόπος ότι οι μαθητές έρχονται στο σχολείο έχοντας ήδη προδιαμορφώσει ιδέες και ερμηνείες για τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), ακόμη και αν δεν έχουν εκτεθεί σε συστηματική διδασκαλία (Driver et al., 1985), οι οποίες συνήθως δεν συμβαδίζουν με τις επιστημονικά αποδεκτές. Σημαντική αιτία για τη διαμόρφωση των εναλλακτικών αυτών ιδεών θεωρείται η καθημερινή εξοικείωση των μαθητών με τα φαινόμενα και τις έννοιες μέσω των αισθήσεων (για παράδειγμα, νιώθουν κρύο, όταν περπατούν με γυμνά πόδια πάνω στο μάρμαρο αλλά ζέστη, όταν πατούν πάνω στο ξύλινο πάτωμα του ίδιου σπιτιού). Για τον λόγο αυτό, η εκπαίδευση στις Φ.Ε. προσδίδει μεγάλη βαρύτητα στην εμπειρική εργασία μέσα στο σχολικό εργαστήριο και διαθέτει κυρίως πρακτικό χαρακτήρα. Ωστόσο, η έρευνα έχει αποδείξει ότι η παρατήρηση των φαινομένων που συντελείται μέσα σε ένα εργαστήριο δεν αρκεί από μόνη της για τη διατύπωση των αληθειών της επιστήμης (Osborne, 2002: 206).
Άλλη σημαντική αιτία για τη διαμόρφωση εναλλακτικών ιδεών των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα θεωρείται η γλώσσα με την οποία επικοινωνούν στην καθημερινότητά τους.

Χρησιμοποιώντας, δηλαδή, την ανεπίσημη γλώσσα της καθημερινής επικοινωνίας οδηγούνται σε εμπειρικές περιγραφές των φαινομένων, οι οποίες συχνά δεν είναι συμβατές με την επιστημονική άποψη (Lewis & Linn, 1994).

Έτσι, οι αντιλήψεις των μαθητών, όπως προκύπτουν τόσο μέσω των αισθήσεων όσο και μέσω της γλωσσικής απλοποίησης του επιστημονικού λόγου, προωθούν ποικίλες παρερμηνείες των επιστημονικών εννοιών (για παράδειγμα, στην καθημερινή μας γλώσσα συνηθίζουμε να λέμε «κλείσε την πόρτα, γιατί μπαίνει κρύο»). Μάλιστα, η επίδραση της γλώσσας στη διαμόρφωση των ιδεών και των στάσεων των μαθητών δεν σταματά εδώ. Ακόμη και τα σχολικά βιβλία συμβάλλουν στη διαμόρφωση και διάχυση διαφορετικών ή εναλλακτικών απόψεων, καθώς εμφανίζουν σε πολλές περιπτώσεις ασυνέπειες ως προς την ορολογία που χρησιμοποιούν για τις ίδιες ή παρόμοιες έννοιες (Bauman, 1992).

Συνεπώς, προϋπόθεση για να υπάρξει η επιθυμητή ισορροπία ανάμεσα στην πρακτική εργασία και στην κατασκευή και ερμηνεία των επιστημονικών νοημάτων είναι οι μαθητές να εξοικειωθούν με τη γλώσσα των Φ.Ε, καθώς με τον τρόπο αυτό θα μπορέσουν να οδηγηθούν στην κατάκτηση του επιστημονικού γραμματισμού (De Boer, 2000).

Παρά την εμφανή πολυπλοκότητά της, η γλώσσα των Φ.Ε. θεωρείται σημασιολογικά διαφανής από πολλούς εκπαιδευτικούς, εφόσον έχει τη μοναδική ικανότητα να περιγράφει τον κόσμο που μας περιβάλλει με απόλυτα σαφή τρόπο (Lemke, 1990). Έτσι, συχνά δημιουργείται η εντύπωση ότι οι δυσκολίες των μαθητών στην κατανόηση της επιστήμης συνδέονται άμεσα με την αδυναμία πρόσληψης και επεξεργασίας των σύνθετων εννοιών της (Shayer & Adey, 1981). Στην πραγματικότητα, όμως, ο επιστημονικός λόγος δεν είναι απλός και σαφής αλλά σύνθετος και πολυδιάστατος. Η επιστήμη εκφράζεται μέσω ενός πολυσημειωτικού γλωσσικού συστήματος, διαθέτει, δηλαδή, πολλές «γλώσσες», και σκοπός της εκπαίδευσης είναι να μπορούν οι μαθητές να χρησιμοποιούν αυτές τις γλώσσες ορθά και κατάλληλα, προκειμένου να οικοδομούν, να ερμηνεύουν και να πραγματεύονται τα νοήματα και τις έννοιές της (Osborne, 2002). Μια έννοια, όπως, για παράδειγμα, η έννοια της δύναμης μπορεί να αναπαρασταθεί με διάφορους τρόπους: με το σύμβολο *F*, με τη μονάδα μέτρησης Newton, με ένα διάγραμμα ή μια μαθηματική εξίσωση, κτλ. Η κατανόηση, δηλαδή, της έννοιας αυτής προϋποθέτει τη συνδυαστική ικανότητα των μαθητών να διαχειρίζονται πολλαπλές αναπαραστάσεις, διαγραμματικές, μαθηματικές, συμβολικές και λεκτικές και να αναγνωρίζουν τις αντιστοιχίες μεταξύ των διαφορετικών μορφών της (Lemke, 1998).

Επιπλέον, οι περισσότεροι από τους όρους των Φ.Ε. χαρακτηρίζονται από πολυσημία, καθώς χρησιμοποιούνται άλλοτε με παρόμοια και άλλοτε με διαφορετική σημασία στην επιστήμη και στην καθημερινή γλώσσα (π.χ. *έλξη, επαφή, ενέργεια*, κ.ά.). Επίσης, τα διαφορετικά συμφραζόμενα χρήσης του ίδιου επιστημονικού όρου μπορούν να αναδείξουν και τις διαφορετικές σημασίες του, π.χ. ο όρος *ηλεκτρισμός* μπορεί να ερμηνευθεί ως «ηλεκτρικό φορτίο», «ηλεκτρική ισχύς», «ηλεκτρική τάση» και «ηλεκτρικό ρεύμα» (Osborne, 2002: 209). Στις περιπτώσεις αυτές ο επιστημονικός γραμματισμός συνδέεται άμεσα με την ικανότητα αναπλαισίωσης των λέξεων και της εκ νέου σημασιοδότησής τους. Υπό την έννοια αυτή κάθε μάθημα Φ.Ε. είναι στην πραγματικότητα ένα γλωσσικό μάθημα (Wellington & Osborne, 2001).

Ακόμη, ο επιστημονικός λόγος χαρακτηρίζεται από αντικειμενικότητα και αποστασιοποίηση, καθώς εκφέρεται έτσι ώστε να αντανακλά τον πραγματικό κόσμο μέσα από τα μάτια ενός ανεξάρτητου παρατηρητή. Αποκλίνει, δηλαδή, από τα κειμενικά είδη που διαθέτουν προσωπικό ύφος και που κατά συνέπεια είναι περισσότερο οικεία στον μαθητή. Έτσι, ιδιαίτερες δυσκολίες προκαλεί η αθροιστικότητα που χαρακτηρίζει τη γνώση των Φ.Ε.: η νέα γνώση και η γλωσσική κωδικοποίησή της χτίζεται πάνω στην προηγούμενη γνώση και στην αντίστοιχη γλωσσική κωδικοποίησή της (Osborne, 2002: 211).

Γενικότερα, η σύνθετη αυτή επιστημονική γλώσσα μέσω της οποίας οι μαθητές καλούνται να μελετήσουν τις Φ.Ε. διαθέτει χαρακτηριστικά και δομές που συχνά προκαλούν επιπρόσθετη δυσκολία,[1] όπως:

- η λεξιλογική πυκνότητα, π.χ. οι λεξικές μονάδες *άτομο, μόριο, κουάρκ, στοιχείο, υποατομικό σωματίδιο, στοιχειώδες σωματίδιο*
- το λόγιο επίπεδο ύφους, π.χ. *ασκώ έλξη* (σε αντίθεση με την καθημερινή στερεότυπη έκφραση *νιώθω έλξη*)
- η χρήση παθητικής σύνταξης, π.χ. *μεταξύ των όμοιων μαγνητικών πόλων ασκείται άπωση*
- η χρήση υπόταξης, π.χ. *ο μαγνήτης είναι το σώμα που έχει την ιδιότητα να έλκει αντικείμενα από σίδηρο και ορισμένα άλλα μέταλλα*
- η χρήση ταξινομιών, π.χ. *υποατομικά σωματίδια: πρωτόνια, νετρόνια, ηλεκτρόνια*
- η νοηματική αφαίρεση, π.χ. *η ύλη είναι το συστατικό των σωμάτων που βρίσκονται σε στερεή, αέρια και υγρή μορφή* και
- οι ονοματοποιήσεις, π.χ. *κακός αγωγός του ηλεκτρισμού*.

Η δυσκολία των μαθητών στην κατανόηση του σύνθετου επιστημονικού λόγου επιτείνεται από τη δυσκολία τους στην εκφορά του σύνθετου ακαδημαϊκού λόγου, δηλαδή του λόγου που προσδιορίζεται από επίσημο επίπεδο ύφους και χρησιμοποιείται στο εκπαιδευτικό περιβάλλον για διδακτικούς αλλά και διαδικαστικούς σκοπούς (Bailey, 2010). Παράλληλα, η ορθή χρήση του ακαδημαϊκού λόγου προϋποθέτει εξοικείωση με γνωστικές και μεταγνωστικές διαδικασίες, όπως η ανάλυση και η ερμηνεία, η ανάπτυξη επιχειρημάτων, η κριτική θεώρηση, κτλ.

Μετά από την προηγούμενη ανάλυση και δεδομένης της πολυδιάστατης φύσης του επιστημονικού λόγου, δεν είναι καθόλου τυχαίο το ότι αρκετά νωρίς ο Vygotsky (1962: 109) παραλλήλισε τη διαδικασία μάθησης στις Φ.Ε. με εκείνη της εκμάθησης μιας Γ2. Ο Rincke (2011) επέκτεινε τον παραλληλισμό αυτό διατυπώνοντας την άποψη ότι, όπως οι μαθητές που δεν έχουν ακόμη κατακτήσει πλήρως τον μηχανισμό της Γ2 καταφεύγουν στη χρήση μιας *διαγλώσσας* (interlanguage, Selinker, 1972), έτσι και οι μαθητές των Φ.Ε. χρησιμοποιούν μια *επιστημονική διαγλώσσα* (scientific interlanguage), η οποία περιλαμβάνει στοιχεία της καθημερινής γλώσσας με στοιχεία του επιστημονικού λόγου και είναι συχνά ατελής ως προς την κατάλληλη χρήση των εννοιών και των όρων ή υπερβολικά περιγραφική και απλοποιημένη, για να αποτυπώσει με ακρίβεια –όση βέβαια ακρίβεια απαιτείται στο σχολικό περιβάλλον της κάθε βαθμίδας– τη συμπεριφορά των φυσικών φαινομένων. Βέβαια, η επιστημονική διαγλώσσα μπορεί να είναι ένδειξη σταδιακής ανάπτυξης του γραμματισμού αλλά και ένδειξη στασιμότητας, όταν ο μαθητής παραμένει προσκολλημένος σε αυτήν.

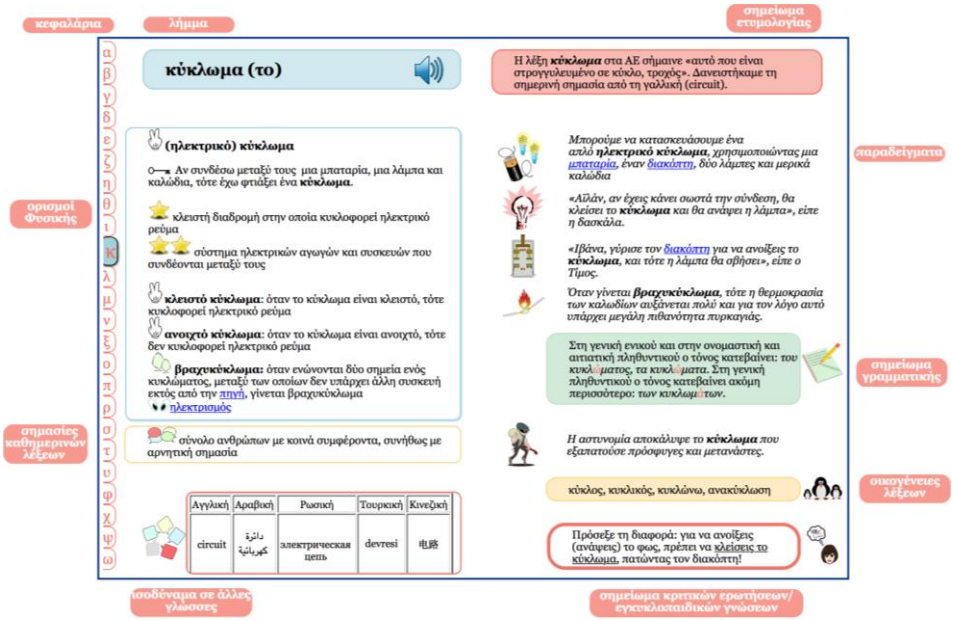
Σύμφωνα με τα παραπάνω, προκύπτει η αναγκαιότητα για κάποιο γλωσσικό και γνωστικό μετασχηματισμό, έτσι ώστε οι μαθητές να ενισχυθούν στην κατανόηση των σύνθετων ακαδημαϊκών δομών και επιστημονικών εννοιών και να διευρυνθεί το περιορισμένο – ιδιαίτερα στις μικρότερες ηλικίες– νοητικό δυναμικό τους. Ο μετασχηματισμός αυτός προϋποθέτει τη χρήση μιας πιο οικείας γλώσσας, καθώς, όταν αυξάνεται το οικείο λεξιλόγιο και απλοποιείται η επιστημονική ορολογία, απελευθερώνεται νοητικό δυναμικό, το οποίο μετατοπίζεται προς την κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου (Glass & Oliveira, 2014). Πρόκειται, βέβαια, για το πρώτο στάδιο στη διαδικασία μάθησης των Φ.Ε., καθώς ο τελικός στόχος είναι η απόκτηση ακαδημαϊκών δεξιοτήτων από τους μαθητές, έτσι ώστε να προκύψει ορθή και κατάλληλη γλωσσικά κατανόηση και παραγωγή γραπτού και προφορικού

[1] Για εκτενείς αναλύσεις των χαρακτηριστικών του επιστημονικού λόγου ή/ και του λόγου των Φ.Ε. βλ. Osborne (2002), Ζάγκα (2014), Αναστασιάδη-Συμεωνίδη κ.ά. (2014).

επιστημονικού λόγου. Για τον λόγο αυτό, σημαντικό διαμεσολαβητικό ρόλο καλούνται να παίξουν οι εκπαιδευτικοί, οι οποίοι αποτελούν τους φορείς της επιστημονικής σκέψης αλλά και έκφρασης μέσα στη σχολική τάξη. Οι εκπαιδευτικοί, μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη μεταγλωσσικών και μεταγνωστικών στρατηγικών μάθησης, καθώς μπορούν να ενθαρρύνουν τους μαθητές να μοντελοποιήσουν την επιστημονική γλώσσα, εξηγώντας τους πώς οι ίδιοι χρησιμοποιούν την ορολογία, προκειμένου να εκφέρουν επιστημονικά άρτιο λόγο (Lemke, 1990: 170).

Στη διασύνδεση του επιστημονικού και γλωσσικού γραμματισμού, στον εμποτισμό του γνωστικού αντικειμένου των Φ.Ε. με γλωσσικούς στόχους, αλλά και στην ανάπτυξη (μετα)γνωστικών στρατηγικών μάθησης μπορεί να συμβάλει άριστα ένα λεξικό Φ.Ε. Το ΕΛεΦυΣ επιδιώκει να καλύψει το κενό που υπάρχει στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα ως λεξικό και ταυτόχρονα ως πολυλειτουργικό διδακτικό υλικό, καθώς προωθεί τη συσχέτιση της γνωσιακής ικανότητας των μαθητών στις Φ.Ε. με τη γλωσσική τόσο στη μητρική όσο και στη δεύτερη γλώσσα. Η δομή του ΕΛεΦυΣ μπορεί να συμβάλει στην αναπλαισίωση των επιστημονικών όρων, αφού για κάθε λήμμα παρατίθεται τόσο η επιστημονική ορολογία όσο και οι συχνότερες καθημερινές χρήσεις των λεξικών μονάδων, καθώς επίσης και παραδείγματα χρήσης σε κατάλληλα διατυπωμένες εκφράσεις. Ο μαθητής, επομένως, οδηγείται μέσα από τη σύγκριση των διαφορετικών πλαισίων επικοινωνίας στη διάκρισή τους και στη βαθύτερη κατανόηση τους. Παράλληλα, μέσω των δραστηριοτήτων που συνοδεύουν το λεξικό δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να προβούν σε διασυνδέσεις ανάμεσα σε ισχυρισμούς, αλήθειες, δεδομένα και φαινόμενα, να συγκρίνουν, να διατυπώσουν υποθέσεις και να κατασκευάσουν επιχειρήματα στον προφορικό και τον γραπτό λόγο.

Εικόνα 1: Μια ενδεικτική σελίδα του ΕΛεΦυΣ, το λήμμα *κύκλωμα*, και σχετικές επεξηγήσεις με την θέση των επιμέρους χαρακτηριστικών



2. Σχεδιαστικές αρχές, Περιγραφή & Διδακτική Αξιοποίηση

Για τη σύνθεση του ΕΛεΦυΣ λήφθηκαν υπόψη τα συμπεράσματα της διδακτικής των Φ.Ε., οι αρχές της παιδαγωγικής λεξικογραφίας (Ευθυμίου κ.ά., 2007) για ειδικούς σκοπούς (Tarp, 2010), της διεπίδρασης επιστημονικού και γλωσσικού γραμματισμού και της ηλεκτρονικής λεξικογραφίας.

2.1. Η μακροδομή του ΕΛεΦυΣ

Κατάρτιση των λημμάτων: Ακολουθήθηκαν τα εξής συνδυαστικά κριτήρια: η ευρύτητα των όρων, η εννοιολογική διαφάνεια/ το επίπεδο δυσκολίας τους και η συχνότητα χρήσης τους. Αυτό σημαίνει ότι ως λήμματα επιλέγονται οι περισσότερο αδιαφανείς σημασιολογικά γενικοί όροι, λόγω της δυσκολίας που παρουσιάζουν ως προς την πρόσληψή τους από τους μαθητές.

Επιλογή των λημμάτων: Βασιστήκαμε στο Γλωσσάρι που συνοδεύει τα διδακτικά εγχειρίδια Φυσικής του Δημοτικού και των πρώτων τάξεων του Γυμνασίου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το ΕΛεΦυΣ δεν επιδιώκει να αποτελέσει ένα εξαντλητικό λεξικό ορολογίας, αλλά ένα πολυλειτουργικό παιδαγωγικό λεξικό, κατάλληλο για σχολική χρήση. Συνεπώς, δεν στοχεύει στη λεπτομερή καταγραφή και ανάλυση όλων των όρων των Φ.Ε., αλλά των πιο συχνών όρων που καλύπτουν τις ανάγκες της συγκεκριμένης μαθησιακής ομάδας-στόχου.

Εγκυκλοπαιδικές πληροφορίες: Στο τέλος κάθε σελίδας λήμματος παρατίθεται ένα σημείωμα που στοχεύει στην κριτική προσέγγιση του επιστημονικού όρου ή στην παροχή εγκυκλοπαιδικών γνώσεων (π.χ. στο σημείωμα του λήμματος *βάρος* γίνεται αναφορά στην παρερμηνεία που γίνεται ανάμεσα στις έννοιες *μάζα* και *βάρος*). Συχνά στα εγκυκλοπαιδικά σημειώματα δίνεται υπερσύνδεσμος προς την ηλεκτρονική εγκυκλοπαίδεια Βικιπαίδεια, έτσι ώστε οι μαθητές να αντλήσουν περισσότερες πληροφορίες για τα φυσικά φαινόμενα.

Διάταξη & οργάνωση των λημμάτων: Είναι σύμφωνη με τη θεματική κατανομή της ύλης σε ενότητες στα σχολικά εγχειρίδια της Φυσικής του Δημοτικού και του Γυμνασίου, π.χ. *Υλικά σώματα, Ηλεκτρισμός*, κτλ. Εντός της κάθε ενότητας επιλέχτηκε αλφαβητική παρουσίαση των λημμάτων με κεφαλάρια στο αριστερό μέρος της σελίδας, με μαρκαρισμένο το αντίστοιχο γράμμα. Τα κεφαλάρια συνιστούν ταυτόχρονα υπερσύνδεσμο μετάβασης στο αλφαβητισμένο ευρετήριο που βρίσκεται στο τέλος του λεξικού από όπου οι μαθητές μπορούν να επιλέξουν το λήμμα που τους ενδιαφέρει. Στην πρώτη του έκδοση το ΕΛεΦυΣ περιλαμβάνει περίπου 100 λήμματα, ωστόσο, η διαδικασία κατάρτισής του είναι δυναμική. Στο εισαγωγικό μέρος του λεξικού παρέχεται ένας εκτενής πρόλογος και ένα εισαγωγικό σημείωμα για τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς. Βέβαια, ένα παιδαγωγικό λεξικό δεν μπορεί παρά να είναι φιλικό και οικείο προς τους μαθητές. Έτσι στο ΕΛεΦυΣ αξιοποιούνται διακριτικά λεξικογραφικά σύμβολα και όχι γραπτές «ετικέτες» ή συντομογραφίες, για να δηλώσουν τις απαιτούμενες λειτουργίες. Τα διακριτικά σύμβολα του λεξικού επεξηγούνται αμέσως μετά τις οδηγίες για τον εκπαιδευτικό και τον μαθητή. Για να ενισχυθεί ο παιδαγωγικός ρόλος του λεξικού, αξιοποιούνται ως πρόσωπα-πρωταγωνιστές μαθητές Δημοτικού και Γυμνασίου, ο Τίμος και η Ζωή, ο Αϊλάν και η Ιβάνα, καθώς και οι δάσκαλοι, οι καθηγητές και οι γονείς τους.

Στο πλαίσιο των λημμάτων ενσωματώνονται ως υπο-λήμματα λέξεις που συνδέονται μορφολογικά (παράγωγες και σύνθετες), ετυμολογικά (λέξεις που εμφανίζουν την ίδια ρίζα) και σημασιολογικά (λέξεις που εμπίπτουν στο ίδιο σημασιολογικό πεδίο) με το βασικό λήμμα. Με τον τρόπο αυτό, σχηματίζονται «πολυ-λήμματα» που διαθέτουν γλωσσικές, επιστημονικές αλλά και εγκυκλοπαιδικές πληροφορίες. Για παράδειγμα, στο ευρύτερο πολυ-λήμμα *μαγνήτης* περιλαμβάνεται το υπο-λήμμα *μαγνητικός* (παράγωγο), καθώς και πολυλεκτικά σύνθετα που προκύπτουν από αυτό, π.χ. *μαγνητικό πεδίο*, αλλά και σύνθετες λέξεις, π.χ. *ηλεκτρομαγνήτης*. Έτσι, ενισχύεται η γλωσσική επίγνωση των μαθητών σε σχέση με την παραγωγικότητα και την πολυσημία στη γλώσσα.

2.2. Η μικροδομή του ΕΛεΦυΣ

Ορισμοί: Διατυπώνονται στο αριστερό μέρος της σελίδας του λεξικού. Προηγούνται και τοποθετούνται (εικ. 1, γαλάζιο πλαίσιο) οι ορισμοί που αναφέρονται στις επιστημονικές έννοιες. Ακολουθούν (εικ. 1, κίτρινο πλαίσιο) οι ορισμοί των καθημερινών λέξεων. Και στις δύο περιπτώσεις υπάρχει διαβάθμιση. Οι ορισμοί των όρων κλιμακώνονται από τον πιο απλό στον πιο σύνθετο.
Για τον λόγο αυτό, σε κάθε λήμμα δίνεται αρχικά ένας προτασιακός ορισμός (Geerarts, 2003: 91) που εντάσσει τον όρο στο κατάλληλο περικείμενο (π.χ. στο *λήμμα **διακόπτης**: Ο **διακόπτης** είναι ένα κουμπί, με το οποίο μπορούμε να ανοίγουμε και να κλείνουμε μια ηλεκτρική συσκευή ή ανάβουμε και να σβήνουμε το φως στο δωμάτιό μας*).
Στη συνέχεια, παρατίθενται συνθετότεροι ορισμοί, έτσι ώστε να καλυφθούν οι ποικίλες και διαφοροποιούμενες ανάγκες των μαθητών (π.χ. ορισμός μέτριας δυσκολίας για το ίδιο λήμμα: *μηχανισμός που μπορεί να διακόπτει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα* και ορισμός μεγάλης δυσκολίας: *το στοιχείο ενός ηλεκτρικού κυκλώματος, με το οποίο μπορούμε να διακόπτουμε τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος*).
Η διαβάθμιση των επιστημονικών ορισμών συμβολίζεται με ένα ή περισσότερα αστεράκια, προκειμένου να διαφανεί η δυσκολία ως προς το περιεχόμενο ή/ και τη γλώσσα. Διαβάθμιση ακολουθείται και στην περίπτωση των ορισμών των καθημερινών λέξεων, αυτή τη φορά από την κυριολεκτική στη μεταφορική σημασία. Η διαβάθμιση των ορισμών εξυπηρετεί τη διαφοροποίηση της μαθησιακής διαδικασίας με βάση την ηλικία, το γνωστικό επίπεδο των μαθητών, αλλά και τη μητρική τους γλώσσα.[2]

Παραδείγματα: Έχουν επεξηγηματική αξία και παρατίθενται στο δεξιό μέρος της σελίδας του λήμματος δίπλα στα πλαίσια των ορισμών. Επίσης, είναι ενταγμένα στο κατάλληλο συντακτικό, σημασιολογικό και πραγματολογικό περικείμενο, π.χ. στο λήμμα ***διακόπτης***: *«Μπαίνοντας στην τάξη, ο **διακόπτης** είναι στα δεξιά σου. Πάτησέ τον, για να ανάψεις το φως», είπε ο δάσκαλος στον Αϊλάν*.

Σημασιολογικές πληροφορίες: Σε σημασιολογικό επίπεδο δίνονται συνώνυμα, αντώνυμα και υπερώνυμα, όπου είναι δυνατόν, π.χ. στο λήμμα (υπερώνυμο) *υδρογονάνθρακας*, υπάγονται τα υπο-λήμματα *πετρέλαιο* και *φυσικό αέριο*. Προκειμένου δε να καταστεί το λεξικό χρήσιμο εργαλείο σε πολυπολιτισμική τάξη, δίνεται ένας πίνακας ισοδύναμων των επιστημονικών όρων σε 5 γλώσσες: την αγγλική, την αραβική, τη ρωσική, την τουρκική και την κινεζική. Για την απόδοση των όρων σε άλλες γλώσσες συμβουλευτήκαμε δίγλωσσα, ηλεκτρονικά και έντυπα, λεξικά.

Μορφολογικές πληροφορίες: Στο ΕΛεΦυΣ προβλέπεται ρητή αναφορά στη μορφολογία των λημμάτων μέσα από διακριτικά λεξικογραφικά σημάδια και σημειώματα οικογενειών λέξεων. Για παράδειγμα, στο πολυ-λήμμα *μαγνήτης* δηλώνονται με συγκεκριμένο διακριτικό σημάδι οι παράγωγες και σύνθετες λέξεις που συνιστούν όρους (π.χ. *μαγνητικός, μαγνητικό πεδίο, ηλεκτρομαγνήτης* ή καθημερινές λέξεις, π.χ. *μαγνητίζω, μαγνητάκι)*. Οι λέξεις αυτές επεξηγούνται στο λεξικό. Παράλληλα, παρατίθενται σημειώματα οικογενειών λέξεων σε μπεζ πλαίσιο τα οποία περιλαμβάνουν άλλες καθημερινές λέξεις με συστατικό τη λέξη *μαγνήτης*, έτσι ώστε να διευρυνθεί η γνώση των μαθητών σχετικά με τον γλωσσικό πλούτο της ελληνικής, π.χ. *μαγνητόφωνο*.

[2] Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για τη σύνταξη των ορισμών αντλήθηκαν πληροφορίες από ξενόγλωσσα παιδαγωγικά λεξικά (π.χ. Collins, Oxford, Larousse), όπως επίσης και από τα διδακτικά εγχειρίδια της Φυσικής στο Δημοτικό.

Ετυμολογικές πληροφορίες: Καθώς η ετυμολόγηση των λέξεων συμβάλλει δραστικά στην ουσιαστική πρόσληψη και χρήση του νέου λεξιλογίου, έχουν συμπεριληφθεί στο ΕΛεΦυΣ σημειώματα ετυμολογίας. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του λήμματος *μαγνήτης* διαπιστώνουν ότι προέρχεται από την αρχαιοελληνική φράση «μαγνήτης λίθος», δηλαδή από το ορυκτό μαγνητίτης που υπήρχε σε μεγάλη ποσότητα στην αρχαία Μαγνησία της Μικράς Ασίας. Παράλληλα, εξοικειώνονται με την προέλευση αλλά και τους τρόπους σχηματισμού της ορολογίας, ενώ την ίδια στιγμή εντοπίζουν τις ομοιότητες ανάμεσα σε ποικίλες γλώσσες, π.χ. *μαγνήτης* και magnet, mıknatıs, магнит στην αγγλική, την τουρκική και τη ρωσική.[3]

Γραμματικές πληροφορίες: Προκειμένου να εξοικειωθούν οι μαθητές με τη γραμματική δομή των όρων αλλά και των καθημερινών λέξεων, παρατίθενται σημειώματα γραμματικής. Ειδικότερα, τα σημειώματα αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά λογιότητας που εμφανίζουν συχνά οι επιστημονικοί όροι, π.χ. *ο ήλιος, του ηλίου, το φως διαθλάται,* κ.ά. Παράλληλα, στο λήμμα-κεφαλή δίνονται γραμματικές πληροφορίες, όπως το άρθρο (άρα και το γραμματικό γένος) στην περίπτωση των ουσιαστικών, η απουσία πληθυντικού αριθμού στην περίπτωση αφηρημένων ουσιαστικών, π.χ. *θερμότητα*, η απουσία κλίσης στην περίπτωση των μη προσαρμοσμένων δανείων, π.χ. στο λήμμα *κουάρκ*, κ.ά. Τέλος, δίπλα στο κάθε λήμμα υπάρχει εικονίδιο ηχείου. Με την επιλογή του, δίνεται η προφορά του λήμματος, έτσι ώστε να διευκολυνθούν οι μαθητές της ελληνικής ως Γ2.

Επιλογή των εικόνων: Οι εικόνες που συνοδεύουν τα λήμματα επιλέχτηκαν μέσα από αποθετήρια που διαθέτουν την κατάλληλη αδειοδότηση τροποποίησης και χρήσης (Creative Commons). Για την επιλογή των εικόνων λήφθηκε υπόψη η ηλικία και το πολιτισμικό υπόβαθρο των παιδιών, καθώς και ο βαθμός δυσκολίας που παρουσιάζει η απόδοση της σημασίας ενός λήμματος (Ilson, 1987). Στο τέλος του λεξικού παρατίθεται πλήρης αναφορά των δημιουργών των εικόνων στο πλαίσιο της συγκεκριμένης αδειοδότησης.

3. Συμπεράσματα-Ερευνητικές προοπτικές

Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε (α) το θεωρητικό πλαίσιο που συνηγορεί στη διεπίδραση επιστημονικού και γλωσσικού γραμματισμού και (β) η δομή και οι αρχές του ΕΛεΦυΣ, ενός λεξικού Φυσικής που προορίζεται για μαθητές των τελευταίων τάξεων του Δημοτικού και των πρώτων τάξεων του Γυμνασίου, όπως προκύπτουν από τη μετουσίωση της θεωρίας σε πράξη.

Προκειμένου να επιτευχθεί (α) η επιστημονική ενδυνάμωση και (β) η απόκτηση ακαδημαϊκών και επικοινωνιακών δεξιοτήτων από τους μαθητές σε όλες τις μακροδεξιότητες (κατανόηση και παραγωγή γραπτού και προφορικού λόγου), το λεξικό θα περιλαμβάνει ένα Τετράδιο Δραστηριοτήτων, το οποίο αυτή τη στιγμή βρίσκεται στο στάδιο της επεξεργασίας.

Επιπλέον, υλοποιείται ήδη η πιλοτική εφαρμογή του λεξικού σε τάξεις του Δημοτικού, ενώ παράλληλα επιδιώκεται η λήψη ανατροφοδότησης από τους ίδιους τους διδάσκοντες μέσω ερωτηματολογίων. Ένα δείγμα του ηλεκτρονικού λεξικού διατίθεται στη διεύθυνση: http://www.elefys.gr.

[3] Για την ορθή ετυμολόγηση των λημμάτων αξιοποιήθηκε το *Λεξικό της Κοινής Νεοελληνικής* (1998), καθώς και η ψηφιακή έκδοση του *Λεξικού της Αρχαίας Ελληνικής Γλώσσας* στην ιστοσελίδα του Κέντρου Ελληνικής Γλώσσας.

4. Βιβλιογραφία

Αναστασιάδη-Συμεωνίδη, Α., Βλέτση, Ε., Μητσιάκη, Μ., Οικονόμου, Σ. & Αλεξανδρή, Κ. (2014). «Βλέποντας τον κόσμο με άλλα μάτια: φως, χρώματα. Μια Προσέγγιση Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών μέσω της Νεοελληνικής ως Δεύτερης Γλώσσας». Στο A. Psaltou-Joycey, E. Agathopoulou & M. Mattheoudakis (Eds.), *Cross-curricular Approaches to Language Education* (p. 244–272), Newcastle, UK: Cambridge Scholars Publishing.

Ευθυμίου, Α. & Μητσιάκη, Μ. (2007). «Το "Πρώτο μου Λεξικό με Εικόνες" ως Εργαλείο Διδασκαλίας της Ελληνικής σε Αλλόγλωσσους», στο: Κ. Ντίνας & Α. Χατζηπαναγιωτίδη (επιμ.), *Πρακτικά του διεθνούς συνεδρίου «Η Ελληνική Γλώσσα ως δεύτερη/ξένη. Έρευνα, Διδασκαλία, Εκμάθηση»* (σ. 237–260), Θεσσαλονίκη: University Studio Press.

Ζάγκα, Ε. (2014). *Η διδασκαλία της γλώσσας με βάση το περιεχόμενο : Από τη θεωρία στην πράξη* , Θεσσαλονίκη: Βάνιας.

Λεξικό της Κοινής Νεοελληνικής. (1998). Θεσσαλονίκη: Ινστιτούτο Νεοελληνικών Σπουδών, 'Ιδρυμα Μανόλη Τριανταφυλλίδη.

Λεξικό της Αρχαίας Ελληνικής Γλώσσας, Ψηφιακή έκδοση σε βάση δεδομένων του Ενδιάμεσου Λεξικού της Αρχαίας Ελληνικής Γλώσσας (An Intermediate Greek-English Lexicon, 1889) των Henry George Liddell & Robert Scott.

Στο http://www.greek–language.gr/digitalResources/ancient_greek/tools/liddell–scott/index.html

Bailey, A. L. (2010). Implications for assessment and instruction. In M. Shatz & L. Wilkinson (Eds.), *The Education of English Language Learners: Research to Practice* (p. 222–247), NewYork: Guilford Press.

Bauman, R. P. (1992). Physics that Textbook Writers Usually Get Wrong. *Physics Teacher*, 30(5), 264-269.

De Boer, G. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, *37/6*, 582-601.

Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.

Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, Ph. (1996). *Young people's images of science*, London, UK: McGraw–Hill Education.

Geeraerts, D. (2003). Meaning and definition. In P. van Sterkenburg (Ed.), *Practical Guide to Lexicography* (p. 83-93), Institute for Dutch Lexicography, Leiden, Amsterdam: John Benjamins.

Glass, R. & Oliveira, A. W. (2014). Science language accommodation in elementary school read-alouds. *International Journal of Science Education*, *36(4)*, 577-609.

Ilson, R. (1985). Ilustrations in dictionaries. In Cowie, A. (Ed.), *The Dictionary and the Language Learner* (p. 193-212), Niemeyer: Tübingen.

Lemke, J. L. (1990). *Talking science*. Westport, CT/London: Ablex.

Lemke, J. L. (1998). Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions. In: http://academic.brooklyn.cuny.edu/education/jlemke/papers/barcelon.htm (13.1.17).

Lewis, E. L. & Linn, M. C. (1994). Heat energy and temperature concepts of adolecents, adults, and experts: Implications for curricular improvements. *J. of Research in Science Teaching*, *31*(6), 657-677.

Osborne, J. F. (2002). Science Without Literacy: a ship without a sail? *Cambridge Journal of Education*, *32/2*, 203-218.

Rincke, K. (2011). It's rather like learning a language: Development of talk and conceptual understanding in mechanics lessons. *International Journal of Science Education*, *33/2*, 229-258.

Selinker, L. (1972). Interlanguage. *IRAL–International Review of Applied Linguistics in Language Teaching*, *10/1-4*, 209-232.

Shayer, M. & Adey, Ph., *Towards a science of science teaching: Cognitive development and curriculum demand*, Portsmouth, NH: Heinemann.

Tarp, S. (2010). Functions of specialised Learners' Dictionaries. In P. A. Fuertes-Olivera (Ed.), *Specialised Dictionaries for Learners* (p. 39–53), Berlin/ New York: De Gruyter.

Vygotsky, L. (1962). *Thought and language*, MIT Press: Cambridge, MA.

Wellington, J. & Osborne, J. F. (2001). *Language and Literacy in Science Education*, Buckingham: Open University Press.

«ΈΧΕΙ Ο ΚΑΙΡΟΣ ΓΥΡΙΣΜΑΤΑ»: ΜΙΑ ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ STEM ΣΤΗ Β΄ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ

Πανδώρα Σιφνιώτη, Βαρβάρα Φρούντζα, Ελένη Καστάνη, Φωτεινή Χάλαρη, Αφροδίτη Βλάχου, Κωνσταντίνα Κουτσαφτούλη, Αικατερίνη Λιάγκουρα, Ευαγγελία Καρανάνα, Παναγιώτα Σκανδάλη Πούλου, Αγγελική Περτέση, Κωνσταντίνος Σωτηρόπουλος, Θεοδώρα Απαρτόγλου, Ελένη Σπηλιοπούλου, Σοφία Χαραλαμποπούλου, Βικτώρια Παπακωνσταντίνου

Εκπαιδευτήρια Κωστέα - Γείτονα

Περίληψη

Η διαθεματική προσέγγιση και η σύνδεση με τον πραγματικό κόσμο αποτελούν πυρήνα της φιλοσοφίας STEM. Στο πλαίσιο αυτό εκπαιδευτικοί του Costeas Geitonas School σχεδίασαν πρόγραμμα έρευνας με τίτλο «Έχει ο καιρός γυρίσματα» για μαθητές Β΄ Δημοτικού. Στόχος είναι η κατανόηση του φυσικού κόσμου παρατηρώντας και καταγράφοντας καιρικά φαινόμενα, μέσα από δράσεις που αγγίζουν, ενδυναμώνουν και συνδέουν καθεμιά από τις συνιστώσες STEM.

Abstract

An interdisciplinary approach and the connection to the real world are at the core of the STEM philosophy. In the above context, teachers at Costeas Geitonas School designed the programme “There is a reason for a season” for students in the second grade. Its aim is to understand the natural world by observing and recording the weather, through activities that touch upon, strengthen and link each of the STEM components.

1. Εισαγωγή

Οι θεωρίες των Dewey, Piaget, Montessori και Vygotsky συμφωνούν στην ανάγκη για μάθηση στην πράξη (learn by doing), την ενασχόληση με εμπειρίες και θεματικές από την πραγματική ζωή και την έμφαση στον πειραματισμό και την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης (Mooney, 2013).

Αυτή η θέση αποτελεί πυρήνα της φιλοσοφίας STEM (Science Technology Engineering Mathematics), μια φιλοσοφία που πρωτοεμφανίστηκε στις ΗΠΑ τη δεκαετία του 1990 και που πλέον έχει τεθεί στο κέντρο της εκπαιδευτικής πολιτικής σε παγκόσμιο επίπεδο κατά την τελευταία δεκαετία. Πρόσφατα έχει επικρατήσει δε το ακρωνύμιο STEAM, στο οποίο προστίθεται και το γράμμα/θεματική “Arts”.

Στόχος της φιλοσοφίας STEM είναι να καλλιεργεί μαθητές με ανεπτυγμένη δημιουργικότητα, κριτική σκέψη, αυτοπεποίθηση, δεξιότητες συνεργασίας και επίλυσης προβλημάτων και αυξημένο αίσθημα ευθύνης.

Από την άλλη, η έμφαση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στις πρώτες τάξεις του δημοτικού είναι ιδιαίτερα σημαντική, ώστε να καλλιεργηθεί η φυσική περιέργεια των παιδιών. Διαφορετικά, παρατηρείται ότι οι μαθητές χάνουν το ενδιαφέρον για τις επιστήμες

και τα μαθηματικά κάπου μεταξύ εννέα και δώδεκα χρονών (Cotabish et al, 2013, Goodwin et al 2013).

2. Μεθοδολογία

Στο παραπάνω πλαίσιο σχεδιάστηκε η διδακτική προσέγγιση με τίτλο «Εχει ο καιρός γυρίσματα (There is a reason for a season)» για μαθητές Β΄ Δημοτικού, που εντάσσεται ως πρόγραμμα έρευνας στο Primary Years Programme του International Baccalaureate.
Βασικός στόχος είναι η κατανόηση του φυσικού κόσμου μέσα από την παρατήρηση και την καταγραφή των καιρικών φαινομένων. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές καλούνται να κατανοήσουν βασικά καιρικά φαινόμενα, την εναλλαγή των εποχών και τη συνεισφορά της επιστήμης (μετεωρολογία) και της τεχνολογίας στην πρόγνωση του καιρού.
Η προσέγγιση είναι διαθεματική, καθώς σε αυτήν εμπλέκονται οι Φυσικές Επιστήμες, η Γλώσσα, τα Μαθηματικά, η Μελέτη Περιβάλλοντος, οι Νέες Τεχνολογίες αλλά και η Αισθητική Αγωγή (Μουσική, Εικαστικά).
Οι διδακτικές παρεμβάσεις σε καθεμιά από τις συνιστώσες STEM είναι οι ακόλουθες:
Science:

- Χρήση θερμομέτρου στο εργαστήριο φυσικών επιστημών για την ανακάλυψη πέντε βασικών θερμοκρασιών - τήξης, βρασμού, ανθρώπινου σώματος, εξωτερική και εσωτερική θερμοκρασία.
- Καταγραφή βασικών θερμοκρασιών σε εκτυπωμένο θερμόμετρο, παρατήρηση της σχετικής τους θέσης και καταγραφή συμπερασμάτων.
- Παρατήρηση θέσης πόλων, ισημερινού και νοητού άξονα γης με τη βοήθεια πορτοκαλιού, διάκριση θερμικών ζωνών.
- Κατανόηση αιτίας εναλλαγής των εποχών σε σκοτεινό δωμάτιο με φακό και υδρόγειο σφαίρα.

Εικόνα 1: Χρήση θερμομέτρου στο εργαστήριο Φυσικών επιστημών

Technology:

- Καθημερινή καταγραφή καιρικών συνθηκών και θερμοκρασίας με τη χρήση υπολογιστή από τον μετεωρολογικό σταθμό του σχολείου και διαδικτυακές πηγές.
- Σχεδίαση αφισών με τη χρήση του λογισμικού Tuxpaint.

Engineering:

- Κατασκευή μετεωρολογικών οργάνων (βροχόμετρο, χιονόμετρο, ανεμόμετρο) από απλά υλικά.
- Χρήση οργάνων, πειραματισμός, μετρήσεις.

Εικόνα 2: Κατασκευή μετεωρολογικών οργάνων

Mathematics:

- Απεικόνιση καθημερινών μετρήσεων θερμοκρασίας σε απλές γραφικές παραστάσεις.
- Δημιουργία κλίμακας μέτρησης και χρήση μέτρου.
- Γνωριμία με το χρόνο – ενασχόληση με μονάδες μέτρησης, υποδιαιρέσεις και πολλαπλάσια.

Συμπληρωματικά Πεδία:

- Στη Γλώσσα, οι μαθητές εξοικειώνονται με ειδικό λεξιλόγιο σχετικό με τον καιρό.
- Στη Μουσική γνωρίζουν τα ηχοχρώματα ποικίλων μουσικών οργάνων μέσα από ηχοϊστορίες σχετικές με την εναλλαγή του καιρού, και έρχονται σε επαφή με έργα κλασικής μουσικής («4 Εποχές», «Η ιεροτελεστία της άνοιξης»).
- Στα Εικαστικά παρατηρούν την εναλλαγή των χρωμάτων στη φύση και δημιουργούν σχετική μακέτα.
- Δέχονται επίσκεψη από επαγγελματία μετεωρολόγο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών με τον οποίο κατασκευάζουν και «πετούν» το δικό τους μετεωρολογικό μπαλόνι.

Εικόνα 3: Επίσκεψη μετεωρολόγου από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Στο τέλος του προγράμματος οι μαθητές καλούνται σε ομάδες να δημιουργήσουν, βιντεοσκοπήσουν και παρουσιάσουν το δικό τους δελτίο καιρού. Κατά την προετοιμασία του επιλέγουν τόπο (κλιματική ζώνη/εποχή) με αντίστοιχες καιρικές συνθήκες, δημιουργούν τα κατάλληλα σύμβολα του καιρικού φαινομένου που έχει επιλεγεί, απαιτείται να χρησιμοποιήσουν το κατάλληλο λεξιλόγιο με ειδική αναφορά στη διακύμανση της θερμοκρασίας, τη διεύθυνση και την ένταση του ανέμου. Στο τέλος καλούνται να δώσουν συμβουλές ή να κάνουν προτάσεις στους κατοίκους/επισκέπτες ανάλογα με το καιρικό φαινόμενο και όλο τους το δελτίο να εμπλουτιστεί με τα κατάλληλα σκηνικά αντικείμενα.

Εικόνα 4: Παρουσίαση δελτίου καιρού από μαθητές στο τέλος του προγράμματος

3. Αποτελέσματα

Το πρόγραμμα υλοποιείται καθόλη τη διάρκεια της χρονιάς, ώστε οι μαθητές να συλλέξουν παρατηρήσεις από κάθε εποχή. Μέσα από τη διαθεματική προσέγγιση εξοικειώνονται με

δύσκολες επιστημονικές έννοιες (π.χ. οι εναλλαγές των εποχών), μαθαίνουν να χρησιμοποιούν γεωμετρικά και επιστημονικά όργανα, ηλεκτρονικό υπολογιστή και άλλα τεχνολογικά μέσα, ανακαλύπτουν τη λειτουργία ενός μετεωρολογικού σταθμού και μπαίνουν στη διαδικασία καταγραφής, σύγκρισης και γραφικής απεικόνισης των μετρήσεών τους. Τέλος, αντιλαμβάνονται τους τρόπους με τους οποίους οι μεταβολές του καιρού επηρεάζουν την καθημερινή ζωή. Ωστόσο σημειώνεται πως το πρόγραμμα απαιτεί την ανάλογη επένδυση σε χρόνο καθώς και την εξασφάλιση των απαραίτητων υλικών για τα πειράματα και τις κατασκευές.
Επιπρόσθετα, το σχολείο συμμετέχει στο πρόγραμμα Erasmus+ “STEM for all seasons”, μια στρατηγική σύμπραξη στον άξονα ΚΑ2 με σχολεία από την Ιρλανδία, τη Γερμανία, την Πορτογαλία και τη Σλοβενία. Με το πρόγραμμα αυτό πραγματοποιείται ανταλλαγή ιδεών και καλών πρακτικών στη διδακτική των φυσικών επιστημών και τη διάχυση της φιλοσοφίας STEM, χρησιμοποιώντας ως όχημα τον καιρό.

4. Συμπεράσματα

Οι Asghar et al (2012) τονίζουν ότι η εγγενής φύση της πρακτικής STEM είναι διαθεματική και συνδέεται με τον πραγματικό κόσμο. Στο πρόγραμμα «Έχει ο καιρός γυρίσματα», ο μαθητής γίνεται ερευνητής, ανακαλύπτει τον κόσμο, εξοικειώνεται με την τεχνολογία, συνεργάζεται και δημιουργεί. Μέσα από μία τέτοια προσέγγιση ενδυναμώνεται και πραγματώνεται η μάθηση ενώ παράλληλα τίθενται οι βάσεις μιας περαιτέρω εμβάθυνσης, ενασχόλησης και αγάπης για τις φυσικές επιστήμες.

5. Βιβλιογραφία

Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F. & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, *6*(2), 4.
Cotabish, A., Dailey, D., Robinson, A. & Hughes, G. (2013). The effects of a STEM intervention on elementary students' science knowledge and skills. *School Science and Mathematics*, *113*(5), 215-226.

Goodwin, M., Brawley, M., Ferguson, P., Price, D. & Whitehair, J. (2013). A Whole-School Approach to STEM Education: Every child, every class, every day. In *Integrated STEM Education Conference (ISEC), 2013 IEEE* (pp. 1-4). IEEE.

Mooney C. G. (2013). *An Introduction to Dewey, Montessori, Erikson, Piaget and Vygotsky.* St. Paul, MN: Redleaf Press.

ΟΜΙΛΟΙ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ. ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΤΟΥ 26ου & 29ου ΔΣ ΑΧΑΡΝΩΝ.

Ματθαίος Πατρινόπουλος[1], *Χρυσοβαλάντης Κεφαλής*[2]

[1]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία γίνεται παρουσίαση της εμπειρίας, από την εφαρμογή ομίλων επιστημών σε δύο δημόσια δημοτικά σχολεία. Στα σχολεία της εφαρμογής οι μαθητές/τριες εργάστηκαν με βάση ανακαλυπτικές – διερευνητικές διαδικασίες σε ομάδες, πραγματοποιώντας πολλαπλές δραστηριότητες (παραγωγή βίντεο, πειράματα, ιδιοκατασκευές), με αυτές διερεύνησαν έννοιες των φυσικών επιστημών μέσα από διαφορετικές οπτικές. Ερμήνευσαν και συσχέτισαν φυσικά φαινόμενα και αρχές λειτουργίας τεχνολογικών εφαρμογών, ενώ παρουσίασαν τη δουλειά τους τόσο με μορφή βίντεο όσο και στο φεστιβάλ επιστημών του σχολείου τους. Στην εργασία παρουσιάζονται οι θεματικές που εστίασαν οι μαθητές, η μεθοδολογία οργάνωσης των ομίλων, οι εκπαιδευτικές προσεγγίσεις που ακολουθήθηκαν και τα αποτελέσματα από αυτούς.

Abstract

In this paper, we present the experience from the application of science groups in two public elementary schools. In our case, students worked in groups engaging process of discovery - exploratory learning, by performing multiple activities (video production, hands on experiments, constructs), students explored concepts of science from multiple perspectives. In doing so, students managed to explain natural phenomena and principles of technological applications. They were able to present their work in a variety of ways and mediums such as videos, posters and, organize their science school festival. Our focus is not only in the application of science groups in various themes and organizational schemes but also the educational approaches they made use of and them results.

1. Εισαγωγή

Η ενασχόληση των μαθητών/τριών με κατασκευές, ειδικά αν αυτές σχετίζονται με τεχνολογικές εφαρμογές ή φυσικά φαινόμενα, αποτελεί ένα αγαπητό από τα παιδιά αντικείμενο και δίνει την ευκαιρία για υλοποίηση δραστηριοτήτων με τη δημιουργικότητα να συνδέεται άρρηκτα με το παιχνίδι και την εκπαιδευτική διαδικασία. Σε αυτό το πλαίσιο έχουμε ανάπτυξη γνωστικών, συναισθηματικών και ψυχοκινητικών δεξιοτήτων, προσέγγιση αφηρημένων εννοιών της επιστήμης και κατανόηση της αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με την τεχνική - τεχνολογία. (Bilgin, 2006; Patrinopoulos & Karakosta, 2010; Trna, 2005)

Στο 26ο και το 29ο ΔΣ Αχαρνών, το σχολικό έτος 2014 -2015, μαζί με άλλες εκπαιδευτικές δράσεις λειτούργησε όμιλος φυσικών επιστημών. Σε αυτόν συμμετείχαν μαθητές της Στ΄ τάξης. Ο όμιλος λειτούργησε παράλληλα με τη λειτουργία του Ολοήμερου Προγράμματος. και ως δραστηριότητα ήταν προαιρετική.

Στα πλαίσια του ομίλου οι μαθητές/τριες μέσα από δραστηριότητες διερεύνησης, προσπάθησαν να αναζητήσουν, πειραματιστούν, κατανοήσουν και παρουσιάσουν φυσικούς

νόμους που σχετίζονται με φυσικά φαινόμενα και τις αρχές λειτουργίας απλών μηχανών. Η διαδικασία προσέφερε έναν εναλλακτικό τρόπο δημιουργικής έκφρασης, όπως επίσης και μία μεθοδολογία βιωματικής εκπαίδευσης με διερεύνηση πάνω σε βασικές αρχές της επιστήμης.
Το συνολικό πλαίσιο εφαρμογής των ομίλων, με την προαιρετική συμμετοχή των μαθητών σε αυτούς, πρακτικές που δίνουν τη δυνατότητα σε όλους τους μαθητές να αναλάβουν ρόλους που είναι πιο κοντά στις ιδιαίτερες ικανότητες τους και τα ενδιαφέροντά τους, βιωματικές δράσεις με την ενεργή συμμετοχή όλων των μαθητών, συμμετοχή των μαθητών στην επιλογή των θεμάτων που μελετήθηκαν και πολλαπλούς τρόπους προσέγγισης και παρουσίασης των θεματικών· διαφοροποιούν σημαντικά την εκπαιδευτική διαδικασία των ομίλων σε σχέση με την τυπική εκπαιδευτική διαδικασία.
Η διαφοροποίηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας όπως αυτή εφαρμόζεται και μέσω των ομίλων επιτρέπει τη θετική ανταπόκριση του εκπαιδευτικού στις διαφορετικές ανάγκες του κάθε μαθητή. Όπως καταγράφεται βιβλιογραφικά η ανάγκη για διαφοροποίηση της διδασκαλίας είναι μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί (Κουτσελίνη-Ιωαννίδου & Πυργιωτάκης, 2015) και απαιτεί από τους εκπαιδευτικούς να εξασφαλίσουν «το τι μαθαίνει, το πώς το μαθαίνει και το πώς μας δείχνει ότι το έμαθε ο κάθε μαθητής πρέπει να ταιριάζει με το επίπεδο και τη μαθησιακή ετοιμότητά του, τα ενδιαφέροντά του και τις προτιμήσεις του σχετικά με τον τρόπο μάθησης». (Παντελιάδου Σ., 2008). Η αναγκαιότητα για διαφοροποίηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας στην τάξη συσχετίζεται άμεσα τόσο με τους διαφορετικούς τρόπους σκέψης των μαθητών όσο και με τη σύνδεσή τους με διαφορετικούς τρόπους μάθησης που όπως καταγράφεται «αναδεικνύουν την διαφορετικότητα των μαθητών σε μια τάξη ως μια φυσική και ρεαλιστική κατάσταση.» (Παντελιάδου & Φιλιππάτου, 2013). Αυτό το πλέγμα οδηγεί στην διαμόρφωση ίσων εκπαιδευτικών ευκαιριών για όλους τους μαθητές, ενώ για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να εξεταστούν παράμετροι που όπως καταγράφεται «σχετίζονται με τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τους τρόπους που επιτυγχάνεται η μάθηση, με τις μεθόδους εφαρμογής αυτών των αντιλήψεων στην πράξη και με τη χρήση πολλαπλών πηγών για την υποστήριξη της διδασκαλίας» (Αγγελίδης, 2011), ενώ πάλι από τον ίδιο ερευνητή ως παράλληλα εμπόδια αναφέρεται ότι αποτελούν η κουλτούρα των σχολείων και η εφαρμοζόμενη εκπαιδευτική πολιτική που ακολουθείται.

2. Μεθοδολογία Υλοποίησης

Η συμμετοχή των μαθητών/τριών στους ομίλους ήταν ανέλπιστα μεγάλη, παρά την αύξηση του χρόνου παραμονής των μαθητών/τριών στο σχολείο, τις εξωσχολικές υποχρεώσεις που είχαν πολλοί από αυτούς και τους αυστηρούς όρους για αδιάληπτη συμμετοχή που είχαν τεθεί.
Σε όλη την πορεία εφαρμόστηκαν συνεργατικές διαδικασίες γιατί ενισχύουν τόσο το κλίμα της τάξης όσο και τα μαθησιακά αποτελέσματα (Psycharis, 2008; Watters & Ginns, 2000).
Οι μαθητές/τριες εργάστηκαν μέσα από δύο διαφορετικές προσεγγίσεις διερεύνησης και παρουσίασης θεματικών των φυσικών επιστημών. Σε κάθε περίπτωση είχαμε δραστηριοποίηση και μεγάλο βαθμό αυτενέργειας των μαθητών/τριών, μέσα από βιωματικές συνεργατικές δράσεις. Οι εκπαιδευτικοί λειτουργούσαν ως συνεργάτες των μαθητών και προσέφεραν υποστήριξη στις ομάδες που βαθμιαία ελαττωνόταν, ενώ σταδιακά οι ομάδες ανέπτυσσαν εσωτερικούς κανόνες αυτορρύθμισης και εσωτερικής κατανομής ρόλων.
Ο πρώτος, χρονικά, κύκλος δραστηριοτήτων ως αφορμή είχε τη συμμετοχή στο διαγωνισμό SchoolLab 2015. Οι μαθητές συμμετείχαν σε αυτόν δημιουργώντας ανά ομάδες βίντεο με τα οποία προσπαθούσαν να εξηγήσουν όσο το δυνατόν πιο απλά ένα φυσικό φαινόμενο ή μια διαδικασία.

Οι μαθητές/τριες κάθε ομάδας επέλεξαν το θέμα τους, αναζήτησαν πληροφορίες, συζήτησαν, συνεργάστηκαν σε ομάδες και ετοίμασαν ένα σενάριο μέσα από το οποίο παρουσίαζαν την θεματική που είχαν επιλέξει. Έκαναν έρευνα στο διαδίκτυο για τις τεχνικές λήψης των πλάνων, του σωστού φωτισμού των λήψεων, της καταγραφής ήχου αλλά και για το μοντάζ, παράλληλα έκαναν δοκιμαστικές λήψεις που τους επέτρεψαν να εξοικειωθούν καλύτερα με τον εξοπλισμό. Τα παιδιά έκαναν πρόβες, επέλεξαν/έφτιαξαν τα κοστούμια και τα σκηνικά, καθοδήγησαν μικρότερους συμμαθητές τους, που τους βοήθησαν σε χορογραφίες που απαιτούνταν, πραγματοποίησαν τις λήψεις και το μοντάζ. Η μαθητές όλων των ομάδων εργάστηκαν συλλογικά μέχρι να ολοκληρώσουν τα βίντεο τους. Από αυτή τη διαδικασία προέκυψαν πέντε βίντεο με τις παρακάτω θεματικές: Φωτοσύνθεση, Μεγάλη έκρηξη, Βαρύτητα, Εξέλιξη, Επικοινωνία στη Φύση[4], που τα υπέβαλαν στο διαγωνισμό και τα παρουσίασαν στους συμμαθητές τους.

Ο δεύτερος κύκλος δραστηριοτήτων επικεντρώθηκε στην πειραματική διαδικασία με απλά υλικά. Οι ομάδες των μαθητών/τριών ασχολήθηκαν με την αναζήτηση πληροφοριών για συσκευές και πειραματικές διατάξεις που προέρχονταν είτε από την καθημερινή τους ζωή, είτε από την ιστορία των επιστημών και της τεχνολογίας. Αυτές ήταν: το Ηλιακό ρολόι, ο Ηλιακός θερμοσίφωνας, η Ανεμογεννήτρια, το Αυτόματο του Ήρωνα, και οι συνθήκες πλεύσης του Υποβρυχίου. Οι μαθητές/τριες αφού διάλεξαν τα υλικά που χρησιμοποίησαν για τις ιδιοκατασκευές τους, προχώρησαν στις κατασκευές, επιλύοντας τα προβλήματα που προέκυψαν στην πορεία. Μετά την ολοκλήρωση των κατασκευών οι μαθητές/τριες πειραματίστηκαν με αυτές αλλάζοντας διάφορες μεταβλητές στις συσκευές τους και παρατηρώντας τις αλλαγές που επέφεραν σε διάφορες παραμέτρους λειτουργίας τους, εμβαθύνοντας και κατανοώντας τις αρχές λειτουργίας τους.

Ιδιαίτερη σημασία για τους μαθητές/τριες είχε η παρουσίαση της δουλειάς τους στο φεστιβάλ επιστημών του σχολείου, όπου παρουσίασαν τις κατασκευές που είχαν δημιουργήσει συνοδεύοντάς τες με αφίσες και παρουσιάσεις που αναδείκνυαν τις αρχές λειτουργίας κάθε κατασκευής, ενώ απάντησαν σε ερωτήσεις που δέχτηκαν από τους επισκέπτες, είτε αυτοί ήταν συμμαθητές τους είτε ενήλικοι.

Και στις δύο προσεγγίσεις τα ενδεικτικά βήματα που ακολουθήθηκαν ήταν:

- Παρουσίαση διαφόρων θεμάτων στους μαθητές με προτάσεις για διερεύνηση και μελέτη.
- Οι ομάδες επιλέγουν και αναλαμβάνουν διαφορετικά θέματα που μέσα σε διάστημα περίπου 6 εβδομάδων μελετούν, προετοιμάζουν και παρουσιάζουν.
- Οι ομάδες ακολουθούν μια πορεία διερευνητικών διαδικασιών που συμπεριλαμβάνει:
  - ✓ Καταγραφή των αρχικών απόψεων και ιδεών των μαθητών/τριών.
  - ✓ Ανάδειξη των ερευνητικών ερωτημάτων για κάθε ομάδα.
  - ✓ Αναζήτηση σε βιβλία αλλά και στο διαδίκτυο για τις φυσικές αρχές, το σχεδιασμό, το πολιτισμικό και το ιστορικό πλαίσιο μέσα στο οποίο αναδείχθηκαν οι επιστημονικές αρχές και οι τεχνολογικές εφαρμογές.
  - ✓ Έρευνα για υλικά που θα επιλέξουν να χρησιμοποιήσουν στις κατασκευές, με προτεραιότητα στην επιλογή ανακυκλώσιμων υλικών.
  - ✓ Σχεδιασμός των κατασκευών – πειραματικών διατάξεων.
  - ✓ Υλοποίηση των κατασκευών.

[4] Τα βίντεο είναι διαθζσιμα και στο δικτυακό τόπο των σχολείων: http://www.ovs.gr/Pages/Schoollab.aspx

- ✓ Δοκιμές λειτουργίας και ελέγχου της επίδρασης των διαφόρων παραμέτρων στη λειτουργία των συσκευών.
- ✓ Δημιουργία υλικού παρουσίασης τόσο για το μηχανισμό λειτουργίας τους, όσο και των φυσικών εννοιών που εμπλέκονται στην λειτουργία τους.
- ✓ Παρουσίαση των αποτελεσμάτων τους και συσχέτιση με άλλα μοντέλα.

Εικόνα 1: Φωτογραφίες από τις δραστηριότητες και τις παρουσιάσεις των μαθητών/τριών

3. Αποτελέσματα

Ο όμιλος επιστημών αποτέλεσε μια εκπαιδευτική δράση στα πλαίσια της πιλοτικής εφαρμογής του προγράμματος ΕΣΠΑ 2007-2013 Ζώνες Εκπαιδευτικής Προτεραιότητας (ΖΕΠ), στην οποία τα σχολεία εφαρμογής είχαν ενταχθεί. Οι μαθητές/τριες που συμμετείχαν σε αυτόν:

- Απέκτησαν δεξιότητες στη χρήση σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων (αναζήτηση, ιεράρχηση και παρουσίαση πληροφορίας, λήψη και επεξεργασία βίντεο).
- Ανέπτυξαν επικοινωνιακές και συμμετοχικές δεξιότητες.
- Ενεπλάκησαν με την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων ημι-ανοιχτού τύπου.
- Κατανόησαν έννοιες των φυσικών επιστημών και τις συνέδεσαν με τεχνολογικές εφαρμογές που τις εφαρμόζουν.
- Προβληματίστηκαν για την επιλογή των καταλληλότερων πρακτικών για την επίλυση των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν.
- Ασκήθηκαν στον επιστημονικό τρόπο σκέψης και εργασίας.

- Χρησιμοποίησαν απλά και σύνθετα υλικά και εργαλεία που συνήθως δεν συμπεριλαμβάνονται σε αυτά που χρησιμοποιούν στο σχολείο.
- Ανέπτυξαν δεξιότητες συνεργατικής εργασίας και αυτορρύθμισης στα πλαίσια των ομάδων τους.
- Όλοι είχαν ενεργό ρόλο που καθορίζονταν με βάση τις ιδιαίτερες δεξιότητές τους και τις ευκαιρίες που παρουσιάζονταν στην ομάδα.
- Είχαν σαφή θετική αλλαγή στις στάσεις και τις διαθέσεις τους προς το σχολείο και τις φυσικές επιστήμες.

Η διαφοροποιημένη προσέγγιση που εφαρμόστηκε έδωσε και ένα ακόμα αξιοσημείωτο αποτέλεσμα. Οι μαθητές που είχαν την πιο μεγάλη θετική αλλαγή είναι αυτοί που θα κατατάσσαμε στα «δύο άκρα». Το 32% των μαθητών/τριών που συμμετείχαν στον όμιλο είχαν διαγνωσμένες μαθησιακές δυσκολίες. Παιδιά που σε μια τυπική προσέγγιση έχουν σημαντικές δυσκολίες και σε πολλές περιπτώσεις βιώνουν απογοήτευση, έχουν μειωμένη αυτοεκτίμηση και ενδιαφέρον για το μάθημα. Στα πλαίσια του ομίλου αυτό που καταγράφηκε είναι ότι οι περισσότεροι από αυτούς τους μαθητές/τριες κατέκτησαν ενεργούς ρόλους στις ομάδες τους, αλλάζοντας την εικόνα που είχαν οι άλλοι για αυτούς και αυτοί για τον εαυτό τους, κατανοώντας και ερμηνεύοντας φυσικά φαινόμενα και αρχές. Ακόμα, μαθητές με υψηλότερες του μέσου όρου επιδόσεις βρήκαν χώρο στα πλαίσια του ομίλου να αναπτύξουν νέες ιδέες, δεξιότητες και κυρίως ενδιαφέροντα.

4. Συμπεράσματα

Η δημιουργία ομίλων στα πλαίσια λειτουργίας του δημοτικού σχολείου αποτελεί ένα βήμα που φαντάζει δύσκολο ειδικά στις συνθήκες που έχουμε συνηθίσει να αντιμετωπίζουμε στη χώρα μας. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή σε σχολεία όπως αυτά των ΖΕΠ αποδεικνύουν ότι μπορούν να εφαρμοστούν σε όλα τα σχολεία, ειδικά αν συνδέονται με άλλες δραστηριότητες, όπως το φεστιβάλ επιστημών, βελτιώνοντας το μαθησιακό, γνωστικό και ψυχοκοινωνικό κλίμα του σχολείου και ανοίγοντας το σχολείο στην κοινωνία. Ο διαφορετικός τρόπος προσέγγισης των προβλημάτων και κατανόησης της επιστήμης μέσα από τους ομίλους αλλάζει την εικόνα που έχουν τα παιδιά αλλά και οι ενήλικες για τις επιστήμες, αναδεικνύοντας τις συνδέσεις μεταξύ διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων και την καθημερινή ζωή των μαθητών/τριών.

Σημαντικό στοιχείο για την επιτυχία των δραστηριοτήτων είναι ότι υπήρχε η δυνατότητα ευελιξίας, ώστε η διαφοροποίηση της διδασκαλίας μέσα από τους ομίλους να αποτελεί μια ενεργητική διαδικασία, διαρκώς εξελισσόμενη, που συμπεριελάμβανε αναπροσαρμογές στο περιεχόμενο των θεματικών, στις διαδικασίες αλλά και στα προσδοκώμενα αποτελέσματα.

Η εφαρμογή μας έδειξε, ότι με τη διαφοροποιημένη προσέγγιση των ομίλων επιστημών όλοι οι μαθητές μπορούν να προσεγγίζουν τις ίδιες έννοιες αλλά με διαφορετικό τρόπο. Από τις συνεργατικές προσεγγίσεις διαφάνηκε ότι οι μαθητές/τριες γρήγορα μαθαίνουν να δουλεύουν συνεργατικά στις ομάδες τους και βαθμιαία να αναπτύσσουν δεξιότητες αυτορρύθμισης και αυτενέργειας, ενισχύοντας την αυτοεκτίμησή τους ενώ παράλληλα αποδέχονται την όποια διαφορετικότητα των συμμαθητών τους.

Οι διερευνητικές διαδικασίες που ακολουθήθηκαν επέτρεψαν στους μαθητές/τριες να αποκτήσουν μεθοδολογικές δεξιότητες που τους δίνουν τη δυνατότητα να προσεγγίζουν και να κατανοούν πιο εύκολα τη νέα γνώση.

Δυστυχώς η υπάρχουσα δομή του εκπαιδευτικού μας συστήματος έχει ένα ενιαίο, υπερφορτωμένο με προσδοκίες αναλυτικό πρόγραμμα, περιορισμένη ευελιξία και ομογενοποιημένα σχολικά βιβλία για όλους τους μαθητές με μόνο στοιχείο διαφοροποίησης

την ηλικία. Ενώ οι εκπαιδευτικοί προσπαθώντας να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του σχολικού περιβάλλοντος και τον καθημερινό φόρτο εργασίας, καταλήγουν να εργάζονται με βάση το «μέσο» μαθητή, παραβλέποντας τις ανάγκες όλων των άλλων. Αυτή η κατάσταση αδικεί τους περισσότερους μαθητές, ειδικά αυτούς που ξεφεύγουν από τον «μέσο» όρο και προς τις δύο πλευρές της καμπύλης.
Συνολικά πιστεύουμε ότι πέρα από την ενίσχυση του επιστημονικού τρόπου σκέψης και κατανόησης της επιστήμης και της τεχνολογίας, οι όμιλοι επιστημών επιτρέπουν την παροχή ισότιμων ευκαιριών σε όλους τους μαθητές, αντιμετωπίζοντάς τους ως ανεξάρτητες προσωπικότητες, με ιδιαίτερες ανάγκες και δεξιότητες.

5. Βιβλιογραφία

Αγγελίδης, Π. (2011). Η παιδαγωγική της παροχής ίσων ευκαιριών: Διδάγματα από τις εμπειρίες τεσσάρων έμπειρων εκπαιδευτικών. Στο Π. Αγγελίδης, *Παιδαγωγικές της Συμπερίληψης* (σσ. 43-72). Ζεφύρι: Διάδραση.

Κουτσελίνη-Ιωαννίδου, Μ. & Πυργιωτάκης, Ι. Ε. (2015). *Διαφοροποίηση της Διδασκαλίας και της Μάθησης*. Αθήνα: Πεδίο.

Παντελιάδου, Σ. (2008). Διαφοροποιημένη Διδασκαλία. Στο Σ. Παντελιάδου & Φ. Αντωνίου, *Διδακτικές προσεγγίσεις και πρακτικές για μαθητές με Μαθησιακές Δυσκολίες* (σσ. 7-17). Βόλος: Γράφημα.

Παντελιάδου, Σ. & Φιλιππάτου, Δ. (2013). *Διαφοροποιημένη Διδασκαλία. Θεωρητικές προσεγγίσεις και εκπαιδευτικές πρακτικές*. Αθήνα: Πεδίο.

Bilgin, I. (2006). The effects of hands-on activities incorporating a cooperative learning approach on eight grade students' science process skills and attitudes toward science. *Journal of Baltic Science Education, 9*, σσ. 27-37.

Cajas, F. (1999). Public understanding of science: using technology to enhance school science in everyday life. *International Journal of Science Education, 7*, σσ. 765-773. doi:10.1080/0950069 99290426

Patrinopoulos, M. & Karakosta, V. (2010). Olympic School Science Fair: Playful and Explanatory Hands-on Experimentation for Elementary School Students. *Proccedings of 7th International Conference on Hands-on Science*, (σσ. 386-390). Rethymno.

Psycharis, S. (2008). The relationship between task structure and collaborative group interactions in a synchronous peer interaction collaborative learning environment for a course of Physics. *Education and Information Technologies, 13*(2), σσ. 119-128.

Trna, J. (2005). Motivation and hands-on experiments. *In Proceedings of the International Conference Handson Science in a Changing Education. HSci2005*, (σσ. 169-174). Creta.

Watters, J. J. & Ginns, I. S. (2000). Developing Motivation to Teach Elementary Science: Effect of Collaborative and Authentic Learning Practices in Preservice Education. *Journal of Science Teacher Education, 11*(4), σσ. 301-321. doi:10.1023/A:1009429131064

ΥΠΑΙΘΡΙΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΔΥΣΑΝΕΞΙΑ ΣΤΗΝ ΤΕΛΕΙΟΤΗΤΑ

Ειρήνη Βογιατζή[1], *Κασσάνδρα Μπεϊκάκη*[1],
Γεώργιος Πενθερουδάκης[1], *Μιλτιάδης Τσίγκρης*[2]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Ρεθύμνου

Περίληψη

Η εισήγησή μας αναφέρεται στην παρουσίαση της συγγραφής και δραματοποίησης από τους μαθητές θεατρικού σεναρίου σχετικού με πιθανές εφαρμογές της Γενετικής Μηχανικής στον άνθρωπο. Η δράση αποτελεί μαθησιακή δραστηριότητα που στοχεύει στον επιστημονικό γραμματισμό ως «Δημοκρατικό δικαίωμα» του αυριανού πολίτη στο πλαίσιο της σύγχρονης κοινωνίας στην οποία οι ενεργοί πολίτες καλούνται να αποφασίσουν για ολοένα και περισσότερα ζητήματα μεγάλης κοινωνικής σημασίας που έχουν μια έντονα επιστημονική διάσταση. Υλοποιήθηκε στο πλαίσιο των Ομίλων που λειτουργούν στο Πειραματικό Γενικό Λύκειο Ρεθύμνου Πανεπιστημίου Κρήτης και αξιοποιεί το εκπαιδευτικό δράμα ως εργαλείο ανάπτυξης της δημιουργικής (αποκλίνουσας) παράλληλα με την κριτική (συγκλίνουσα) σκέψη. Η φιλοσοφία της πρότασής μας διαπνέεται από την επιστημολογική αντίληψη για την ολιστική προσέγγιση και την εποικοδομητική διάσταση της γνώσης και την κοινωνικοπολιτισμική αλληλεπίδραση στη διαδικασία της μάθησης.

Abstract

Our proposal is centralized on the presentation of a theatrical script, writhed and dramatized by the students. The scenario based on the involvement of the applications of the Genetic Mechanic in the human life. The action constitutes training activity that aims in the scientific literacy as "Democratic right" of the future citizen in the frame of modern society in which the active citizens are called to decide for more and more questions of big social importance that have a intensely scientific dimension. It was applied and materialized at the Experimental General Lyceum of Rethymnon, and develops the educational drama, as a tool to growth creative (deviating) in parallel with the critical (converging) thought. The philosophy o our proposal is inspired by the epistemological perception for a holistic approach and a constructive dimension of the knowledge and a social-cultural interaction process of learning.

1. Εισαγωγή

Οι μαθητές στο πλαίσιο της δράσης «Μαθαίνοντας επιστήμη μέσα από το θέατρο» συνέγραψαν θεατρικό σενάριο και το δραματοποίησαν. Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της δράσης έγινε στο πλαίσιο του Ομίλου Ρητορικής «Εργαστήρι Δημιουργικού λόγου και Επικοινωνίας», στον οποίο συμμετείχαν δεκαπέντε (15) μαθητές, σε συνεργασία με τον «Όμιλο Θεατρικής και Μουσικής Παιδείας» και το Ε.Κ.Φ.Ε Ρεθύμνου. Στο πλαίσιο αυτό οι μαθητές ενημερώθηκαν για τη δράση από την υπεύθυνη του Ομίλου Ρητορικής, τον Βιολόγο του σχολείου και τον υπεύθυνο του Εργαστηριακού Κέντρου Φυσικών Επιστημών.

Επιλογή θέματος: Αξιοποιήθηκε η πρότερη γνώση των μαθητών και το κοινωνικό-πολιτισμικό πλαίσιο. Οι μαθητές είχαν διδαχθεί τους νόμους του Μέντελ και την κληρονομικότητα στη Βιολογία της Γ΄ Γυμνασίου και είχαν ασχοληθεί στη συνέχεια με θέματα Βιοτεχνολογίας σε ανάλογο project αντίστοιχου Ομίλου του Γυμνασίου κατά το προηγούμενο σχολικό έτος.

Επίσης, τα θέματα που άπτονται θεμάτων βιοτεχνολογίας και γενετικής μηχανικής είναι στα άμεσα ενδιαφέροντα των μαθητών που α) έχουν επηρεαστεί από κινηματογραφικές ταινίες και ηλεκτρονικά παιχνίδια που πραγματεύονται αυτό το θέμα, π.χ *Jurassic Park, Gattaca, Avatar* και τα διλήμματα της Βιοηθικής που προκύπτουν β) από εβδομαδιαίες συζητήσεις στο πλαίσιο των ομίλων και στην καθημερινότητά τους για βιοτεχνολογικά προϊόντα.

Αποφάσισαν, λοιπόν, μετά από συζήτηση, να πραγματευθούν το θέμα της ανάπτυξης της Βιοτεχνολογίας και ιδιαίτερα των προβληματισμών που σχετίζονται με πιθανές εφαρμογές της Γενετικής Μηχανικής που αφορούν στην τροποποίηση του ανθρώπινου γονιδιώματος με στόχο την πρόληψη/θεραπεία γενετικών ασθενειών ή/και την απόκτηση "επιθυμητών" χαρακτηριστικών.

2. Μεθοδολογία

Το πρόβλημα που έδωσε την αφορμή για συζήτηση και περαιτέρω διερεύνηση του θέματος ήταν η ενδεχόμενη μελλοντική χρήση της γενετικής μηχανικής για την επιλογή επιθυμητών χαρακτηριστικών στο άνθρωπο, περάν από την επίλυση προβλημάτων, και τα ηθικά και πρακτικά προβλήματα που συνοδεύουν την εξοικείωση με την επιδιωκόμενη τελειότητα. Επιλέχθηκε να συγγραφεί και να δραματοποιηθεί μια κατάσταση, με έντονους ηθικούς προβληματισμούς, οι οποίοι ανταποκρίνονται στις διαφορετικές οπτικές των χαρακτήρων. Απαραίτητη για την υλοποίηση της μαθησιακής δραστηριότητας ήταν η διαμορφωτική αξιολόγηση με βάση την οποία διαμορφωνόταν σταδιακά και το σενάριο.

Η εκπαιδευτική προσέγγιση της δραστηριότητας χρησιμοποίησε τη μέθοδο της Διερευνητικής Μάθησης (Inquiry Based Science Education-IBSE) σύμφωνα με τις αρχές της διεπιστημονικής προσέγγισης και σε συνδυασμό με την καλλιέργεια επικοινωνιακών δεξιοτήτων και υιοθέτησης διαφορετικών τρόπων σκέψης για την παραγωγή καινοτόμων και πρωτότυπων ιδεών. Αναπτύχθηκε, επίσης, με τη διδακτική στρατηγική της μάθησης βασισμένης σε πρόβλημα (problem-based learning) και με μεθοδολογία που απορρέει από παιδαγωγικές θεωρίες που υποστηρίζουν τη βιωματική μάθηση και τη μάθηση που βασίζεται στη διερώτηση (IBL-Inquiry Based Learning) για την ανάπτυξη ικανοτήτων ("key competencies") αναγκαίων για τη διαμόρφωση των ενεργών συνειδητοποιημένων και χειραφετημένων πολιτών του 21ου αιώνα.

3. Διαμορφωτική-τελική αξιολόγηση-Συμπεράσματα

Για την αξιολόγηση και της διαδικασίας και του αποτελέσματος εφαρμόστηκε α) η τεχνική των *«έξι σκεπτόμενων καπέλων» του Edward de Bono* β) *τεχνικές εκπαιδευτικού δράματος* γ) *αγώνες αντιλογίας.* Διαπιστώθηκε:

Ευχέρεια: οι μαθητές είχαν την ικανότητα να προσδιορίσουν την προβληματική κατάσταση λαμβάνοντας υπόψη επιστημονικές πληροφορίες και στοιχεία για το φυσικό, κοινωνικό και πολιτισμικό περιβάλλον. Εξέφραζαν ελεύθερα τις σκέψεις τους. Με επιστημονική μεθοδολογία αναζητούσαν πληροφορίες, συγκέντρωναν, επέλεγαν και συνέθεταν το υλικό τους και, προοδευτικά εξοικειωμένοι με τη φύση του επιχειρήματος και τα είδη των συλλογισμών, με προτρεπτικό λόγο αναδείκνυαν τις πιο σημαντικές ιδέες με πρωτοτυπία και ευρηματικότητα προσπαθώντας να πείσουν την ομάδα τους και όχι απλώς να την ενημερώσουν.

Εικόνα 1: Στιγμιότυπο από τη θεατρική παράσταση στο συνέδριο.

Ευελιξία: η εξοικείωση με το επιστημονικό επιχείρημα και την πολιτισμική διάσταση της επιστήμης οδήγησε τους μαθητές να στοχεύουν περισσότερο στη διαδικασία αναζήτησης διαφορετικών και ασυνήθιστων ιδεών και στον τρόπο επίλυσης του θέματος παρά στην ίδια την επίλυση. Οι τομείς αναφοράς τους, οι θεματικές περιοχές και τα γνωστικά αντικείμενα που ενέπλεξαν ήταν αρκετά. Χρησιμοποιώντας αυθόρμητο λόγο παρήγαγαν πρωτότυπες ιδέες, εξωτερίκευσαν σκέψεις και συναισθήματα. Το κλίμα συνεργατικότητας ενδυναμώθηκε με την ενεργητική ακρόαση και δραστηριότητες μη λεκτικής επικοινωνίας.

Πρωτοτυπία: η εξοικείωση των μαθητών με τις θεατρικές τεχνικές και τα ρητορικά αγωνίσματα ανέδειξε πολλές πρωτότυπες και καινοτόμες ιδέες, τις οποίες διατύπωσαν κάνοντας χρήση όλων των παραμέτρων της Ρητορικής, γεγονός που αναδείχθηκε μέσα από αγώνα αντιλογίας.
Οι τεχνικές εκπαιδευτικού δράματος διαμορφώνουν το αναγκαίο και κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον που ενεργοποιεί τις ιδιαίτερες δεξιότητες και ικανότητες που διαθέτει το κάθε άτομο, προκειμένου να ξεδιπλώσει δημιουργικά την προσωπικότητά του. Ενθαρρύνεται η έκφραση απόψεων και συναισθημάτων χωρίς λογοκρισία, αξιοποιείται το λάθος ως εναλλακτικός τρόπος προώθησης της μάθησης, υποστηρίζεται η πρωτοβουλία, ενδυναμώνεται η φαντασία, η διορατικότητα, η εφευρετικότητα, η έμπνευση.

ΤΑ ΦΥΣΙΚΑ ΤΟΥ ΔΡΟΜΟΥ
Η ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑΣ ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Δημοσθένης Μαρκογιαννάκης[1], Γιάννης Στυλιανακάκης[2], Νίκος Αναστασάκης[2], Γιώργος Μαυροματάκης[2], Χαράλαμπος Χαραλαμπίδης[2], Νεκταρία Αρχοντάκη[2]

[1]Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Χανίων
[2]Συνεργάτες ΕΚΦΕ Χανίων

Περίληψη

Μια ακόμα εναλλακτική δράση εκτός σχολικής τάξης προτιθέμεθα να παρουσιάσουμε. Τα τελευταία χρόνια γίνεται προσπάθεια να ξεφύγουμε από την τυπική εντός του σχολείου εκπαίδευση δίνοντας την ευκαιρία στους μαθητές μας να φύγουν από τα στερεότυπα και να «ανοιχτούν» στην κοινωνία, αλλά και στην κοινωνία να αγκαλιάσει τέτοιες πρωτοβουλίες που σκοπό έχουν, την εκλαΐκευση των φυσικών επιστημών. Πειραματικές δράσεις θα διεξαχθούν στο δρόμο (στην πλατεία). Παρουσιάσεις με θεατρικό μορφή και την συμμετοχή του κοινού, με ανορθόδοξη διδασκαλία και διασκέδαση.

Abstract

We intend to present one move alternate action outside school class. We have been trying for the last years to get away from the typical inside school education giving the chance to our students to escape from the stereotypes and open themselves to society but we have also been trying giving the chance to society to embrace such initiatives which aim at the popularization of science. Experimental actions will take place in the street. Experiments are going to be dramatized through communication, unorthodox teaching and entertainment with the audience's participation.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια από διάφορες σχολικές δομές και επιστημονικά σωματεία γίνεται προσπάθεια στήριξης της πειραματικής διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Αυτό γίνεται αναδεικνύοντας την στενή σχέση της Φυσικής, της Χημείας, της Βιολογίας και της Γεωλογίας με την καθημερινότητα. Η σχέση αυτή αναδεικνύεται τυπικά μέσα στην σχολική τάξη και το εργαστήριο αλλά και άτυπα με διάφορες δράσεις εκτός σχολικής τάξης. Τα Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών πρωτοστατούν στις δράσεις αυτές προσπαθώντας να αποδείξουν το αυτονόητο δηλαδή ότι Φυσικές επιστήμες πρέπει να διδάσκονται πειραματικά, ότι αποτελούν το κλειδί της ερμηνείας και της κατανόησης του κόσμου, ότι σε αυτές οφείλεται η βελτίωση του βιοτικού μας επίπεδου και η τεχνολογική πρόοδος. Είναι χρήσιμο να δίνονται με απλό και κατανοητό τρόπο οι γνώσεις, μέσα από δράσεις «θεάτρου», συμμετοχής, αλληλεπίδρασης αλλά και διασκέδασης.

Έτσι και εμείς «βγήκαμε» στο δρόμο, αφού τα ΕΚΦΕ είναι 3D δηλαδή διδάσκουν δημιουργούν, διασκεδάζουν. Μεταφέρουμε την «πραμάτεια» μας έξω από το εργαστήριο, τα

αντιδραστήρια, τα όργανα και τις συσκευές μας, που κάποιες κατασκευάσαμε και άλλες αλλάξαμε για να μπορούν να είναι λειτουργικές σε ανοικτούς χώρους και προφανώς προσαρμόσαμε την διδασκαλία - παρουσίασή μας. Χρησιμοποιούμε το κοινό με μαεστρία ώστε να συμμετέχει και να δρα αλληλεπιδρώντας με την παρουσία του, στα πειράματα. Σκοπός μας είναι, μέσω του εντυπωσιασμού που προκαλούν οι δραστηριότητες, αλλά και της σύνδεσης τους με καθημερινά φαινόμενα, να φέρουμε το ευρύ κοινό κοντά στις Φυσικές Επιστήμες. Να αναδείξουμε την καθημερινή τους «συμμετοχή» στην ζωή μας και να προσπαθήσουμε να εξαλείψουμε τις (πιθανές) μη ελκυστικές εικόνες που έχει αφήσει η σχολική διδασκαλία της «Φυσικής», της «Χημείας» ...της «Βιολογίας» κ.λ.π.
Η διάρκεια των παρουσιάσεων στο δρόμο ποικίλει και εξαρτάται κάθε φορά από τις συνθήκες, που είμαστε υποχρεωμένοι να λαμβάνουμε υπόψη μας.

2. Δραστηριότητες Εργαστηρίου

Θα παρουσιαστούν πειράματα από τις περισσότερες θεματικές των φυσικών επιστημών ενδεικτικά σας αναφέρουμε:

Πίεση:

α) Η δύναμη των πολλών: Κατανομή του βάρους μας σε πολλά πλαστικά ποτήρια.

β) Η καρέκλα του φακίρη: Μια σανίδα με εκατοντάδες καρφιά, πάνω στην οποία κάθονται οι εθελοντές! γ) Τα ημισφαίρια του Γερμανού: Το πείραμα του Μαγδεμβούργου, με βεντούζες τζαμιών.

δ) Η έλλειψή σου με συνθλίβει: Αφαίρεση αέρα από μεταλλικό δοχείο, με αποτέλεσμα την σύνθλιψη του.

Μηχανική:

α) Σβούριξέ με να με ανεβάσεις: Περιστροφή ενός βαριδιού δεμένου σε νήμα, με αποτέλεσμα να ανέρχεται ένα δεύτερο βαρίδιο, κρεμασμένο στο άλλο άκρο του νήματος.

β) Ενεργειακά παράδοξα: Κατασκευή με κυλινδρικό κουτί που ανεβαίνει στον ανήφορο & κατασκευή κατά την οποία διπλός κώνος φαίνεται να ανέρχεται και να ισορροπεί ευσταθώς στην κορυφή της τροχιάς του.

γ) Είμαι χεροδύναμος συγνώμη, ...μυαλοδύναμος εσύ; Έξυπνη μετακίνηση μεγάλου βάρους, πάνω σε ύφασμα, για ελαχιστοποίηση των τριβών.

Οπτική:

Ο καθρέπτης που «ανάβει»: Χρήση κατόπτρου - ιδιοκατασκευή από πιάτο δορυφορικής τηλεόρασης.

Χημεία:

α) Το ξέπλυμα μαύρου χρήματος, αντίδραση $Na_2S_O_3$ και I_2.

β) Θα τα κάψω τα ρημάδια τα λεφτά μου: ανάφλεξη χαρτονομίσματος εμποτισμένου με μείγμα αλκοόλης και νερού.

γ) Πύραυλος και όποιον πάρει ο χάρος: αντίδραση ξιδιού με σόδα σε κλειστό δοχείο.

δ) Οι φυσαλίδες του γίγαντα: παρασκευή φυσαλίδων με ειδικό σαπωνοδιάλυμα κλπ.

Χαρακτηριστικές είναι οι ειδικές στην λαϊκή γλώσσα ονομασίες των πειραματικών δράσεων και φυσικά ο τρόπος της παρουσίασής τους, που δεν μπορεί να περιγράφει.

3. Φωτογραφικό Υλικό από Προηγούμενες Παρουσιάσεις

4. Συμπεράσματα

Εκτός από την πειραματική διδασκαλία μέσα στις σχολικές αίθουσες και στα εργαστήρια υπάρχει και η εναλλακτική δημιουργική διασκεδαστική διδασκαλία έξω από αυτές. Ο δρόμος ή οι πλατείες μπορούν να γίνουν χώροι παρουσίασης πειραμάτων με εξαιρετική επιτυχία. Ξεφεύγοντας από τα στενά όρια του σχολείου και του μαθητικού ακροατηρίου ανοιγόμαστε στην κοινωνία αλληλεπιδρούμε και περνάμε μηνύματα και γνώσεις που απομυθοποιούν τις «δύσκολές» φυσικές επιστήμες. Με διασκεδαστικό, θεατρικό τρόπο η προσέγγιση της γνώσης γίνεται πιο απλή και εύκολη.

5. Βιβλιογραφία

Μπουρούτης, 1.(1994). Πειράματα Φυσικής, Βιβλίο Πρώτο, Μηχανική - Θερμότητα. Έκδοση Γ, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Κουμαράς, Π. (2000). Πειράματα Φυσικών Επιστημών με Υλικά Καθημερινής Χρήσης, Έκδοση 1η, ΟΕΑΒ, Αθήνα.

Αντωνίου Ν. Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., Παπατσίμπα Λ. (2007). Φυσική Β' Γυμνασίου. Έκδοση Α, ΟΕΔΒ, Αθήνα.

Haber, H., Dodge, J., Walter, J. (1985). PSSC Φυσική. Έκδοση 6η (1995), Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα.

ΕΚΦΕ Χανίων, http://ekfe.chan.sch.gr

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΕΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΕΠΙΚΕΝΤΡΩΜΕΝΕΣ ΣΕ ΕΝΝΟΙΕΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΘΕΜΑΤΑ ΥΠΕΥΘΥΝΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

Αθανασία Κοκολάκη, Αιμιλία Μιχαηλίδη, Δημήτρης Σταύρου

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί: Γιάννης Βίγλης[1], Καλλιόπη Γιαννακουδάκη[1], Μαρία Ελευθερίου[1], Πέτρος Παπαδάκης[1], Ιωάννης Χατζηδάκης[1], Γεώργιος Χατζησάββας[1], Γιώργος Δατσέρης[2], Χαρά Δελλαπόρτα[2], Γεωργία Ξυλούρη[2], Μαρία Κενδριστάκη[2], Νικολέτα Καστρινάκη[2], Ρένα Κατσαρού[2], Βασιλική Μαρκαντωνάκη[2], Μαρία Σημαντηράκη[2], Μαρία Σταθάκη[2], Εμμανουέλα Τζανάκη[2], Ελένη Φιωτάκη[2], Ειρήνη Φρουζάκη[2]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Η ανάπτυξη και παρουσίαση δραστηριοτήτων από τους ίδιους τους μαθητευόμενους όταν χρησιμοποιείται μέσα στο πλαίσιο της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών μπορεί να είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τη διδασκαλία και τη μάθηση. Φαίνεται να έχει θετικά αποτελέσματα τόσο γνωστικά καθώς ενισχύει τη βαθύτερη κατανόηση σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο αλλά κυρίως όσο αφορά στα κίνητρα και το ενδιαφέρον που δημιουργείται στους μαθητευόμενους, απαντώντας ταυτόχρονα στις διαφοροποιημένες γνωστικές, κοινωνικές και τεχνολογικές τους ανάγκες.

Abstract

Developing and presenting activities by learners themselves in science courses can be a powerful tool for teaching and learning. It seems to have positive cognitive results as it strengthens the deeper understanding of the subject but mainly as regards the motivation and interest of learners, responding at the same time to their diverse cognitive, social and technological needs.

1. Εισαγωγή

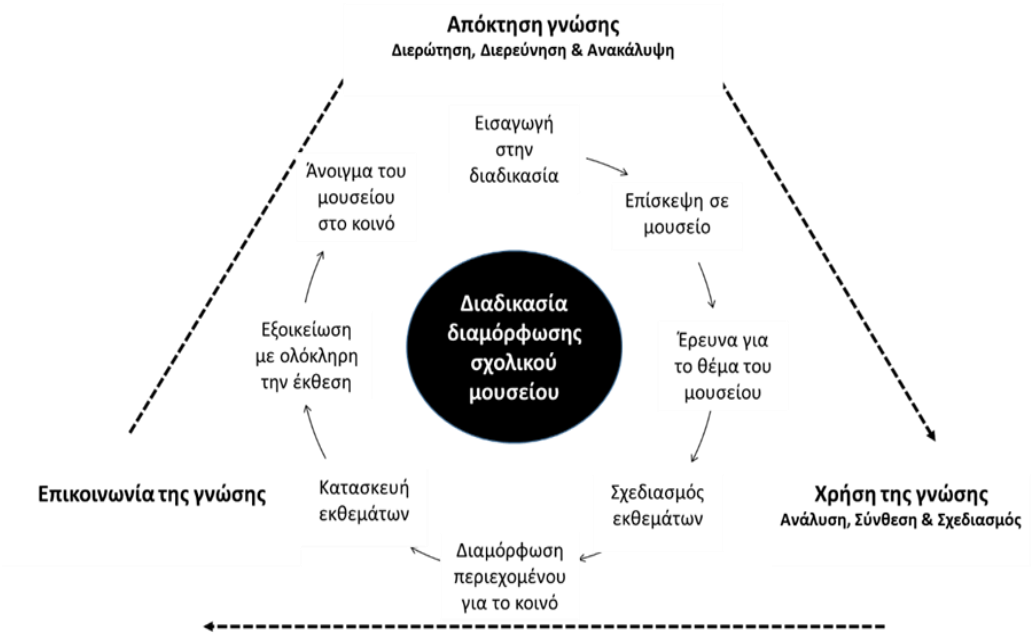
Στις μέρες μας το μάθημα των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) χαρακτηρίζεται από μεγάλο όγκο επιστημονικού περιεχομένου το οποίο μάλιστα παρατίθεται αποσπασματικά παραλείποντας οποιαδήποτε ουσιαστική σύνδεση με σχετικές εφαρμογές της καθημερινής ζωής των μαθητών (Osborne & Dillon 2008). Ως αποτέλεσμα οι μαθητές αδυνατούν να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στα διδασκόμενα φαινόμενα και τις ιδέες που απαιτούνται για την εφαρμογή τους, αποτυγχάνοντας έτσι να αναγνωρίσουν τη συνάφεια αυτών που διδάσκονται με την καθημερινή τους ζωή

(Hofstein et al. 2011). Επομένως, κρίνεται αναγκαίο οι μαθητές να μαθαίνουν το επιστημονικό περιεχόμενο σε ένα πλαίσιο και με ένα τρόπο που να έχει νόημα για αυτούς. Προς αυτή την κατεύθυνση στη βιβλιογραφία προτείνονται ποικίλες προσεγγίσεις οι οποίες στοχεύουν (α) στην βαθιά εννοιολογική κατανόηση ορισμένων θεμελιωδών ιδεών του επιστημονικού περιεχομένου, (β) στη βελτίωση της σύνδεσης αυτού του επιστημονικού περιεχομένου με την καθημερινότητα των μαθητών καθώς και (γ) στην αύξηση του ενδιαφέροντος, της ενεργού εμπλοκής και συμμετοχής των μαθητών στα μαθήματα των ΦΕ (King & Ritchie 2012). Τέτοιες προσεγγίσεις είναι η διερευνητική μάθηση (inquiry – based learning), η μάθηση μέσω project (project-based learning) καθώς και η ενσωμάτωση κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων στη διδασκαλία ΦΕ (King & Ritchie 2012).

Η διαπραγμάτευση τέτοιων ζητημάτων στην πράξη υποστηρίζεται στη βιβλιογραφία ότι συμβάλλει ώστε οι μαθητές να καλλιεργήσουν δεξιότητες επιχειρηματολογίας, να κατανοήσουν καλύτερα πτυχές της φύσης της επιστήμης αλλά και να κατανοήσουν βαθύτερα το επιστημονικό περιεχόμενο (Sadler et al. 2006, Zeidler et al. 2005). Μια σύγχρονη τάση σχετικά με τη διαχείριση κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων στη διδασκαλία των ΦΕ αφορά στην αξιοποίηση διαστάσεων της Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας (YEK –Responsible Research and Innovation). Η YEK που σκοπό έχει να γεφυρώσει το χάσμα ανάμεσα στην επιστήμη και την κοινωνία διαμορφώνεται από έξι πτυχές (European Commission 2012): (α) την *Ενεργό Εμπλοκή*, (β) την *Ισότητα Φύλων*, (γ) την *Εκπαίδευση στις ΦΕ*, (δ) την *Ελεύθερη Πρόσβαση,* (ε) την *Ηθική Δεοντολογία* και (στ) την *Ορθή Διακυβέρνηση*. Οι διαστάσεις αυτές συναντώνται στην βιβλιογραφία των κοινωνικοεπιστημονικών ζητημάτων και για αυτό διερευνάται ο ρόλος τους ως πλαίσιο–οδηγός για τη διδασκαλία αυτών των ζητημάτων στην τάξη (Blonder et al 2016).

Ισχυρό εργαλείο για τη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ θεωρείται επίσης η ανάπτυξη δραστηριοτήτων από τους ίδιους τους μαθητές και η παρουσίασή τους σε κοινό. Τέτοιες δραστηριότητες θα μπορούσαν για παράδειγμα να είναι είτε η ανάπτυξη διαδραστικών εκθεμάτων από μαθητές είτε η δημιουργία ψηφιακών βίντεο (Kearney & Treagust 2001) επικεντρωμένων σε συγκεκριμένο επιστημονικό περιεχόμενο. Σύμφωνα με τις D'Acquisto & Scatena (2006) η ανάπτυξη δραστηριοτήτων από τους μαθητές αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο που ενισχύει την ενεργό εμπλοκή και μάθηση των μαθητευόμενων καθώς τους εμπλέκει σε διαδικασίες σχεδιασμού και υλοποίησης έρευνας όπως επίσης και σε διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων, επικοινωνίας της γνώσης και συνεργασίας. Ταυτόχρονα λειτουργεί για αυτούς ως κίνητρο καθώς αποκτούν περισσότερες γνώσεις για το σχετικό αντικείμενο αναλύοντας, συνθέτοντας και συνοψίζοντας τις πληροφορίες από διάφορες πηγές.

Σχήμα 1. Διαδικασία ανάπτυξης δραστηριοτήτων από μαθητευόμενους (D'Acquisto, 2010)



Πιο συγκεκριμένα η διαδικασία δημιουργίας ενός εκθέματος ή ψηφιακού βίντεο από τους εκπαιδευόμενους έχει ως αφετηρία την επιλογή ενός θέματος και την αναζήτηση πληροφοριών από ποικίλες πηγές τις οποίες στη συνέχεια αναλύουν και συνθέτουν ανάλογα το κεντρικό προς διαπραγμάτευση ζήτημα. Έπειτα χρησιμοποιούν τη γνώση που απέκτησαν, την μετασχηματίζουν κατάλληλα και καταλήγουν στη διαμόρφωσή της. Τέλος, η νεοαποκτηθείσα γνώση μοιράζεται και επικοινωνείται στο κοινό μέσω του αντίστοιχου εκθέματος ή ψηφιακού βίντεο (D'Acquisto, 2010) (Σχήμα 1).

Με άξονα λοιπόν όλα τα παραπάνω στα πλαίσια του 10^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση παρουσιάστηκαν δημιουργίες μαθητών και φοιτητών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης σχετικές με επιστημονικά θέματα και ζητήματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας. Συγκεκριμένα παρουσιάστηκαν 5 από τα συνολικά 38 εκθέματα μαθητών που είχαν αναπτυχθεί στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος "IRRESISTIBLE", 6 εκθέματα φοιτητών τα οποία αναπτύχθηκαν στα πλαίσια ενός σεμιναρίου με τίτλο «Πειραματική Φυσική και Χημεία» και 3 ψηφιακά video μαθητών της Β' τάξης του 5^{ου} Γυμνασίου Ρεθύμνου τα οποία αναπτύχθηκαν στα πλαίσια της υλοποίησης "Project" στο σχολείο.

2. Περιγραφή δραστηριοτήτων

Εκθέματα Μαθητών

Από τα μαθητικά εκθέματα που παρουσιάστηκαν στο πλαίσιο των υπαίθριων δραστηριοτήτων του συνεδρίου τα 4 αφορούσαν εφαρμογές της νανοτεχνολογίας και 1 ήταν σχετικό με το μητρικό θηλασμό (Εικόνα 1). Ειδικότερα:

Οι μαθητές του Πειραματικού Γενικού Λυκείου Ηρακλείου κατασκεύασαν και παρουσίασαν το μοντέλο ενός νανορομπότ που προχωρούσε αυτόνομα πάνω σε μια μακέτα ανθρώπινης αρτηρίας. Το ρομπότ που είχε αναπτυχθεί με εξαρτήματα και αισθητήρες «Lego Mindstorms», προσομοίωνε μια ενδεχόμενη μελλοντική εφαρμογή της νανοτεχνολογίας: ένα νανορομπότ το οποίο μπορούσε να ανιχνεύει την αρτηριακή πλάκα στα τοιχώματα της αρτηρίας και με μηχανικό τρόπο να την καθαρίζει. Παράλληλα, το συγκεκριμένο ρομπότ είχε τη δυνατότητα να δώσει πληροφορίες στον χρήστη για την ύπαρξη φραγμένων αρτηριών ή κάποιο άλλο πρόβλημα υγείας (πχ υψηλές τιμές κάποιου δείκτη) μέσω της επικοινωνίας του με Android συσκευές.

Οι μαθητές του Γενικού Λυκείου Τζερμιάδων παρουσίασαν ένα έκθεμα που αξιοποιούσε πραγματικά νανοϋλικά που παρασκευάζονται στα εργαστήρια του Ιδρύματος Τεχνολογίας και Έρευνας (ΙΤΕ). Η κατασκευή αποτελείτο από δύο πανομοιότυπα σπιτάκια που διέθεταν λάμπες υπέρυθρων, φωτάκια led, ξύλινες οροφές και ψηφιακές οθόνες στις οποίες φαινόταν η θερμοκρασία μέσα σε κάθε σπίτι. Το ένα από τα δύο σπίτια ήταν εξοπλισμένο με θερμοχρωμικά τζάμια, φωτοκαταλυτικούς τοίχους και υπερυδρόφοβη στέγη, τα οποία συνιστούν σύγχρονες εφαρμογές της νανοτεχνολογίας. Οι επισκέπτες αλληλεπέδρασαν με τα δύο σπιτάκια ανάβοντας διακόπτες και ρίχνοντας νερό. Έτσι διαπίστωσαν τις διαφορές των δύο σπιτιών και ταυτόχρονα την υπεροχή του σπιτιού το οποίο διαθέτει τις εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας.

Σκοπός του εκθέματος του Γυμνασίου Θραψανού ήταν να ενημερώσει τους επισκέπτες για τις εφαρμογές της Νανοτεχνολογίας που υπάρχουν ήδη στη ζωή μας και να τους προβληματίσει σχετικά με την ασφάλεια της χρήσης τους. Το έκθεμα αποτελείτο από μια επιφάνεια όπου ήταν τοποθετημένες συσκευασίες από νανοπροϊόντα που κυκλοφορούν στην αγορά, ενώ ενδιάμεσα δίνονταν πληροφορίες για τις βασικές αρχές κατασκευής τους και θέτονταν ερωτήματα προβληματισμού των επισκεπτών αναφορικά με την χρήση τους.

Το έκθεμα που παρουσίασαν οι μαθητές του 1^{ου} Επαγγελματικού Λυκείου Ρεθύμνου αποτελούνταν από μια κατασκευή με μια υπερυδρόφοβη ξύλινη επιφάνεια όπου οι επισκέπτες παρατηρούσαν πόσο γρήγορα καθάριζε όταν την κατέβρεχαν σε σύγκριση με μια τυπική ξύλινη επιφάνεια. Επίσης είχαν κατασκευάσει μοντέλα που αναπαριστούσαν τη νανοδομή της τυπικής και της υπερυδρόφοβης επιφάνειας και τον τρόπο αυτοκαθαρισμού των υπερυδρόφοβων επιφανειών. Τέλος, την κατασκευή συμπλήρωνε ένα πόστερ που στόχο είχε να προβληματίσει τους επισκέπτες σχετικά με τους ενδεχόμενους κινδύνους των νανοπροϊόντων.

Οι μαθητές του Γενικού Λυκείου Νέας Αλικαρνασσού παρουσίασαν ένα έκθεμα σχετικά με την επίδραση του μητρικού γάλακτος στο εντερικό μικροβίωμα και το ανοσοποιητικό σύστημα και τα οφέλη του στην βρεφική και ενήλικη ζωή. Το έκθεμα αποτελείτο από δύο tangram τα οποία απεικόνιζαν το έντερο και το μικροβίωμά του βρεφών που τρέφονται με μητρικό γάλα και γάλα σε σκόνη, τα οποία οι επισκέπτες καλούνταν να κατασκευάσουν απαντώντας σε ερωτήσεις που βρίσκονταν στο πίσω μέρος των κομματιών. Η κατασκευή συνοδευόταν από ένα πόστερ που περιελάμβανε πληροφορίες για τα οφέλη του μητρικού γάλακτος στην υγεία του ατόμου.

Εικόνα 1. Εκθέματα Μαθητών

Εκθέματα Φοιτητών

Στα πλαίσια ενός σεμιναρίου με τίτλο «Πειραματική Φυσική και Χημεία», 12 φοιτητές του ΠΤΔΕ Ρεθύμνου ανέπτυξαν 6 διαδραστικά εκθέματα επικεντρωμένα σε σύγχρονα επιστημονικά αντικείμενα και σε ζητήματα Υπεύθυνης Έρευνας και Καινοτομίας. Συγκεκριμένα τα επιστημονικά αντικείμενα στα οποία επικεντρώθηκαν οι φοιτητές ήταν: (1) η Νανοτεχνολογία, (2) τα Κινητά τηλέφωνα, (3) το Κάπνισμα με ηλεκτρονικό τσιγάρο, (4) το Μητρικό γάλα, (5) η Αναπαραγωγή – Κληρονομικότητα και (6) τα Γενετικά τροποποιημένα τρόφιμα (Εικόνα 2). Αναλυτικά:

Το έκθεμα της νανοτεχνολογίας αποτελούταν από ένα επιτραπέζιο παιχνίδι και μια μικρή αφίσα περιεχομένου. Οι επισκέπτες πρώτα έρχονταν σε επαφή με την αφίσα και έπαιρναν κάποιες πληροφορίες για το μέγεθος και την κλίμακα στην νανοκλίμακα. Έπειτα γνωρίζαν κάποια προϊόντα καθημερινής χρήσης που περιέχουν νανοσωματίδια όπως είναι η οδοντόκρεμα, τα καλλυντικά, τα αντηλιακά, τα αυτοκαθαριζόμενα ρούχα και ο κάθε επισκέπτης επέλεγε ένα από αυτά. Στη συνέχεια οι επισκέπτες οδηγούνταν στο επιτραπέζιο παιχνίδι που περιείχε ερωτήσεις οι οποίες συνέδεαν την νανοτεχνολογία με πτυχές της ΥΕΚ όπως είναι η ελεύθερη πρόσβαση, η εκπαίδευση στις ΦΕ και η ηθική. Στο επιτραπέζιο υπήρχαν επίσης κάποια σημεία όπου αν τύχαινε ο παίκτης – επισκέπτης θα έπρεπε με παντομίμα ή ζωγραφική να δώσει στον συμπαίκτη του πληροφορίες, οι οποίες αναγράφονταν πάνω σε ειδικές κάρτες, για το νανοπροϊόν της καθημερινής ζωής που είχε επιλέξει στην αρχή της επαφής του με το έκθεμα.

Το έκθεμα για τα κινητά τηλέφωνα αποτελούταν από μια μακέτα και μια ιστοσελίδα που φτιάχτηκε από τους ίδιους τους φοιτητές. Στην μακέτα υπήρχε ένας σταθμός

βάσης ο οποίος αποτύπωνε την μετάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, ένα σχολείο, στο οποίο οι επισκέπτες αποκτούσαν τις απαραίτητες επιστημονικές γνώσεις αναφορικά με τη λειτουργία των κινητών τηλεφώνων και ένα πάρκο στο οποίο καλούνταν να σχολιάσουν τρόπους χρήσης των κινητών τηλεφώνων αλλά και να διαμορφώσουν τη δική τους ταυτότητα ως χρήστες αξιοποιώντας τις γνώσεις που έπαιρναν βγαίνοντας από το σχολείο. Οι φοιτητές έθιγαν πτυχές της ΥΕΚ και κυρίως την αναγκαιότητα για εκπαίδευση στις ΦΕ καθώς και ζητήματα ηθικής δεοντολογίας. Η ιστοσελίδα που δημιουργήθηκε λειτούργησε συμπληρωματικά με τη μακέτα και παρείχε στους επισκέπτες επιπρόσθετο επιστημονικό υλικό για τη λειτουργία και τη χρήση των κινητών τηλεφώνων.

Το έκθεμα για το κάπνισμα αποτελούταν από δύο αλληλένδετα μέρη και έθιγε ζητήματα ορθής διακυβέρνησης και ηθικής αναφορικά με το παθητικό κάπνισμα. Ειδικότερα, το πρώτο μέρος αποτελούταν από ένα βιβλίο αλληλεπιδραστικών δραστηριοτήτων και προβληματισμών που δημιουργήθηκε από τους ίδιους τους φοιτητές. Συγκεκριμένα, το βιβλίο περιείχε δραστηριότητες και έθιγε προβληματισμούς αναφορικά με τη νομοθεσία γύρω από το συμβατικό και το ηλεκτρονικό τσιγάρο ενώ παράλληλα έθιγε και το ζήτημα του παθητικού καπνίσματος και της νομοθεσίας που έχει θεσπιστεί σχετικά με αυτό. Στο τέλος του βιβλίου υπήρχε ένα ερωτηματολόγιο που ανάλογα με τις απαντήσεις που έδινε ο επισκέπτης οδηγούταν στο δεύτερο μέρος του εκθέματος το οποίο αποτελούταν από δύο διαδραστικές αφίσες. Οι αφίσες αυτές απεικόνιζαν τον οργανισμό ενός ενεργητικού και ενός παθητικού καπνιστή αντίστοιχα. Οι επισκέπτες ανάλογα τις απαντήσεις που έδιναν στο ερωτηματολόγιο του βιβλίου καλούνταν να τοποθετήσουν πάνω στις αφίσες ανθρώπινα όργανα των οποίων το χρώμα έδινε μια αίσθηση για την επίδραση που έχει το κάπνισμα – ενεργητικό ή παθητικό – στον ανθρώπινο οργανισμό.

Το έκθεμα για το μητρικό γάλα αποτελούταν από μια αφίσα, η οποία περιείχε δηλώσεις έξι μητέρων ορισμένες από τις οποίες είχαν και άλλες όχι θηλάσει τα μωρά τους, εξαιτίας ποικίλων λόγων. Το έκθεμα συνοδευόταν επίσης από ειδικές καρτέλες που περιείχαν πληροφορίες για τα οφέλη και τα μειονεκτήματα του μητρικού γάλακτος καθώς και για κάποιες περιπτώσεις σκανδάλων αναφορικά με υποκατάστατα του μητρικού γάλακτος. Οι επισκέπτες του εκθέματος διάβαζαν τις δηλώσεις των μητέρων παράλληλα με τις πληροφορίες που βρίσκονταν στις ειδικές καρτέλες και καλούνταν να σχολιάσουν και να εκφράσουν την άποψη τους για ζητήματα ηθικής και ισότητας φύλων.

Το έκθεμα για την αναπαραγωγή και την κληρονομικότητα ήταν ένα αυτοσχέδιο βιβλίο – κόμικς μεγάλων διαστάσεων με ήρωες τα μέλη μιας οικογένειας που επισκέφτηκαν ένα γιατρό ώστε να ακολουθήσουν γονιδιακή θεραπεία. Μέσα στις σελίδες του βιβλίου οι επισκέπτες συναντούσαν επίσης μια μητέρα που ήθελε να κάνει εξωσωματική γονιμοποίηση και άλλη μια που ήθελε να καθορίσει το φύλο και το χρώμα ματιών του παιδιού της. Με αφορμή αυτές τις τρεις διαφορετικές περιπτώσεις παρουσιάζονταν σύντομα στους επισκέπτες το επιστημονικό περιεχόμενο για τη γενετική και την κληρονομικότητα ενώ ταυτόχρονα εγείρονταν ζητήματα ηθικής και ορθής διακυβέρνησης.

Το έκθεμα για τα Γενετικά Τροποποιημένα Τρόφιμα (ΓΤΤ) αποτελούνταν από τρία διακριτά μέρη. Στο πρώτο μέρος γίνονταν παρουσίαση του επιστημονικού περιεχομένου μέσω ενός βίντεο για την παραγωγή των ΓΤΤ αλλά και ενός tan-gram σε σχήμα καλαμποκιού όπου οι επισκέπτες καλούνταν να συναρμολογήσουν. Μόλις ολοκληρωνόταν η συναρμολόγηση αποκαλύπτονταν πληροφορίες για τα ΓΤΤ. Το δεύτερο μέρος του εκθέματος ήταν ένα παιχνίδι ρόλων όπου οι επισκέπτες καλούνταν να τοποθετήσουν στο κεφάλι τους κάρτες-ρόλους όπως εκπρόσωπος κυβέρνησης, διευθυντής εταιρίας παραγωγής, καταναλωτής, ερευνητής-επιστήμονας κλπ. και να συζητήσουν δίνοντας επιχειρήματα για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ΓΤΤ λαμβάνοντας υπόψη πιθανά συμφέροντα της κάθε πλευράς.

Εικόνα 2. Εκθέματα Φοιτητών

Ψηφιακά Βίντεο Μαθητών

Το Project για τη δημιουργία ψηφιακών βίντεο πραγματοποιήθηκε τον Δεκέμβριο του 2016 μέχρι τον Φεβρουάριο του 2017 στο 5^{ο} Γυμνάσιο Ρεθύμνου. Σε αυτό συμμετείχαν εθελοντικά εννέα μαθητές της Β΄ Γυμνασίου. Οι μαθητές χωρισμένοι σε τρεις ομάδες, σχεδίασαν, βιντεοσκόπησαν και επεξεργάστηκαν, με τη στήριξη του εκπαιδευτικού τους, τρία βίντεο σε θέματα Φυσικών Επιστημών (Εικόνα 3).
Η πρώτη ομάδα επέλεξε ως θέμα της: «Οι σεισμοί και μέτρα αντισεισμικής προστασίας». Στο βίντεο αυτό αξιοποιήθηκαν παρουσιάσεις σε χαρτόνια και προσομοίωση-δρώμενο με μαθητές για τις σωστές αντιδράσεις σε ώρα του σεισμού. Η δεύτερη ομάδα των μαθητών επέλεξε ως θέμα της: «Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι συνέπειες του» και η τρίτη ομάδα μαθητών επέλεξε ως θέμα της: τις «Διαφορές Μάζας – Βάρους». Για τα δύο τελευταία βίντεο οι μαθητές επέλεξαν για την παρουσίαση την τεχνική της διακεκομμένης λήψης (stop-motion).
Τα τελικά βίντεο των μαθητών υπάρχουν στους παρακάτω συνδέσμους:

1^{ο} Βίντεο**: «Σεισμοί και αντισεισμική προστασία»**:
https://drive.google.com/open?id=0B04Nac0xyU3jYmxKSlRXZFVhNDQ

2^{ο} Βίντεο - **«Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου»**:
https://drive.google.com/open?id=0B04Nac0xyU3jM2NRbmpSUXMtZG8

3^{ο} Βίντεο: «**Διαφορές Μάζας – Βάρους**»:
https://drive.google.com/open?id=0B04Nac0xyU3jaHlXMlVabTd2bVk

Εικόνα 3. Βίντεο Μαθητών

3. Βιβλιογραφία

Blonder, R., Zemler, E. & Rosenfeld, S. (2016). The story of lead: a context for learning about responsible research and innovation (RRI) in the chemistry classroom. *Chemistry Education Research and Practice*, 17, 1145-1155

D'Acquisto, L. (2010). *Kid Curators.* Retrieved from kidcurators.com/wpcontent /uploads/ -2015/02/Students-as-Knowledge-Curators.pdf

D'Acquisto, L. & Scatena, M. (2006). K-12 Curators: What Kids Learn by Designing Exhibitions. *Exhibitionist*, 25(2), 38-45.

European Commission (2012). *Responsible Research and Innovation - Europe's ability to respond to societal challenges.* Retrieved from
https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_rri/ KI0214595ENC.pdf

Hofstein, A., Eilks, I. & Bybee, R. (2011). Societal issues and their importance for contemporary science education—A pedagogical justification and the state-of-the-art in Israel, Germany, and the USA. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *9*(6), 1459-1483.

Kearney, M. & Treagust, D. F. (2001). Constructivism as a referent in the design and development of a computer program using interactive digital video to enhance learning in physics. *Australasian Journal of Educational Technology*, *17*(1).

King, D. & Ritchie, S. M. (2012). Learning science through real-world contexts. In *Second international handbook of science education* (pp. 69-79). Springer Netherlands.

Osborne, J. & Dillon, J.(2008). *Science Education in Europe: Critical Reflections*. A Report to the Nuffield Foundation. London: King's College

Sadler, T. D., Amirshokoohi, A., Kazempour, M. & Allspaw, K. M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 353-376.

Zeidler, D. L., Sadler, T. D., Simmons, M. L. & Howes, E. V. (2005). Beyond STS: A research- based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.

Β΄ ΜΕΡΟΣ
Συνόψεις Εργασιών

ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΣΥΜΠΟΣΙΩΝ

ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ – ΜΑΘΗΣΙΑΚΕΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΕΣ: ΘΕΩΡΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΜΠΕΙΡΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Οργανωτές: Δημήτρης Ψύλλος[1], Πέτρος Καριώτογλου[2]

[1]ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[2]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Συζητητής: Βασίλης Τσελφές

ΤΕΑΠΗ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τα τελευταία 25 χρόνια αναπτύσσεται στην Ευρώπη μια τάση για το διδακτικό σχεδιασμό στην περιοχή των Φυσικών Επιστημών με τον τίτλο Διδακτικές - Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ). Προέκυψαν ως προσπάθεια διδακτικής αξιοποίησης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών/τριών και διαμόρφωσης του διδακτικού μετασχηματισμού του περιεχομένου, στο πλαίσιο σχεδιαστικής έρευνας και καινοτομικών βιώσιμων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στις Φυσικές Επιστήμες. Οι ΔΜΑ είναι μικρά Αναλυτικά Προγράμματα 5-15 διδακτικών ωρών, προϊόντα έρευνας οι οποίες σταθεροποιούνται μέσα από διαδοχικούς κύκλους εφαρμογής και βελτίωσης (iteration). Συνήθως η αναπτυξιακή αυτή έρευνα καταλήγει στην παραγωγή διδακτικών προϊόντων: βιβλίο εκπαιδευτικού και βιβλίο δραστηριοτήτων, τα οποία λόγω των διαδοχικών βελτιώσεων αποτελούν δείγματα καλής διδακτικής πρακτικής. Το κίνημα των ΔΜΑ έχει αυτονόητη επιστημονική αξία, ως πλαίσιο διδακτικού σχεδιασμού. Παράλληλα όμως και εξίσου σημαντική είναι η επιστημολογική τους αξία αφού συμβάλουν στην ενδυνάμωση της επιστημονικής υπόστασης της ΔΦΕ.

Στο Συμπόσιο αυτό παρουσιάζονται εργασίες που η αναπτυξιακή και ερευνητική τους διαδικασία ξεκίνησαν στα πλαίσια ερευνητικού και αναπτυξιακού ευρωπαϊκού προγράμματος που αφορούσε τη διδασκαλία των ιδιοτήτων των υλικών. Η αναπτυξιακή και ερευνητική δραστηριότητα του προγράμματος οδήγησε σε διεθνή συλλογικό τόμο (Psillos and Kariotoglou 2016). Στο Συμπόσιο συζητούνται θέματα που σχετίζονται με τη φύση και τα χαρακτηριστικά των ΔΜΑ που αναπτύχθηκαν στη διάρκεια του προγράμματος, όπως είναι αξιοποίηση των ιδεών των μαθητών, ο διδακτικός μετασχηματισμός του περιεχομένου, οι συνέργειες ερευνητών και εκπαιδευτικών, καθώς και ο προσεγγιστικός σχεδιασμός, οι αλλαγές στις ΔΜΑ που οδήγησαν στη βελτίωσή τους. Το τελευταίο φαίνεται να είναι κοινό χαρακτηριστικό όλων των εργασιών του συμποσίου, γιατί η σχετική βιβλιογραφία αφενός είναι περιορισμένη και αφετέρου είναι πολύ σημαντικός παράγων για τη σταθεροποίηση και προσαρμογή μιας ΔΜΑ στους μαθητές.

Συγκεκριμένα η πρώτη εργασία έχει τίτλο "Ζητήματα σχεδιασμού και ανάπτυξης των Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών στην περιοχή των Φυσικών Επιστημών", η δεύτερη "Επαναληπτικά (σπειροειδώς) εξελισσόμενη διδακτική μαθησιακή σειρά για την θερμική αγωγιμότητα των υλικών", η τρίτη "Η διαδικασία βελτίωσης μιας Διδακτικής Μαθησιακής Σειράς για την εισαγωγή στοιχείων της διερευνητικής μεθόδου: η πυκνότητα ως ιδιότητα των υλικών, στα φαινόμενα πλεύσης και βύθισης" και η τελευταία "Ανάπτυξη και εφαρμογή μιας κυκλικής διαδικασίας μοντελοποίησης: Εμπειρικά δεδομένα από την προσαρμογή και επανασχεδιασμό μιας διδακτικής μαθησιακής σειράς για τις οπτικές ιδιότητες των υλικών".

Αφιέρωση

Το συμπόσιο αφιερώνεται στη μνήμη του συναδέλφου και φίλου Γκαραμπέτ (Γκαρώ) Μπισδικιάν, που έφυγε στην περίοδο που αναπτύσσονταν κάποιες από τις εργασίες του Συμποσίου.

Βιβλιογραφία

Psillos, D. and Kariotoglou, P. (2016). *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences. Introducing the Science of Materials in European Schools*. Springer, Dordrecht, pp 379.

ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ-ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ Φ.Ε.

Βασίλης Τσελφές
ΤΕΑΠΗ, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

1. Εισαγωγή

Οι Διδακτικές-Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ) Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) παρουσιάζονται στις εργασίες του Συμποσίου που συζητάμε, ως κυκλικές ερευνητικές διαδικασίες, προσεγγιστικού τύπου, που επιτρέπουν στα υποκείμενα που εμπλέκονται με την ανάπτυξή τους (ερευνητές, εκπαιδευτικούς αλλά ασφαλώς και μαθητές) να οικοδομήσουν/ κατασκευάσουν γνώσεις και ικανότητες, στοχεύοντας τη βελτίωση μιας διδακτικής-μαθησιακής παρέμβασης στο πλαίσιο ενός από τα πριν αποφασισμένου περιεχομένου που έχει αναφορά στις ΦΕ.

Και μπορεί οι γνώσεις και οι ικανότητες που οικοδομούνται/ κατασκευάζονται από τα διαφορετικά υποκείμενα να εντάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες, όμως το πλαίσιο της διαδικασίας υποχρεώνει τις διαφορετικές κατηγορίες γνώσεων και ικανοτήτων να βρίσκονται σε ζωντανή επικοινωνία μεταξύ τους: αυτό που μαθαίνουν οι ερευνητές το συζητούν, σε κάθε φάση, με τους εκπαιδευτικούς και αντίστροφα. Αυτό που μαθαίνουν οι μαθητές ασφαλώς το γνωστοποιούν στους εκπαιδευτικούς τους αλλά είναι πολύ πιθανό ότι και οι μαθητές ενημερώνονται για κάποια τουλάχιστον πράγματα απ' αυτά που μαθαίνουν οι εκπαιδευτικοί και οι ερευνητές, εξαιτίας του ρόλου που αναλαμβάνουν σε μια διαδικασία που εκτός από διδακτική είναι και ερευνητική. Κάτι για το οποίο είναι διαρκώς ενήμεροι.

Έτσι, ενώ η διαδικασία ανάπτυξης μιας ΔΜΑ μπορεί να ενταχθεί στο μοτίβο της Έρευνας και Ανάπτυξης (R&D), μπορεί δηλαδή να θεωρηθεί ότι αποτελεί δύο διακριτά πράγματα (μια ερευνητική διαδικασία και ένα συνδεδεμένο με αυτή εκπαιδευτικό «προϊόν»), κατά την άποψή μου, η εκπαιδευτική/διδακτική πράξη και η έρευνα που τη στηρίζει συνυπάρχουν σε κάθε σημείο της διαδικασίας. Ακόμη και σ' αυτό που κάποιος θα αποφασίσει ότι αποτελεί το τέλος της. Επομένως, αν κάποια στιγμή μια ΔΜΑ αποφασιστεί να προσφερθεί για εφαρμογή ως ένα μικρό στατικό Πρόγραμμα Σπουδών (curriculum), νομίζω ότι θα χάσει μεγάλο κομμάτι της αξίας της.

Η υπόθεσή μου είναι ότι μια ΔΜΑ αποτελεί ένα μικρό μεν αλλά *δυναμικό Πρόγραμμα Σπουδών*, όπου η θεωρητική και μεθοδολογική επιστημονική τεκμηρίωση των στόχων και των διδακτικών-μαθησιακών βημάτων του *συνυπάρχει δυναμικά* με τους στόχους, τα βήματα και τους θεωρητικούς και μεθοδολογικούς «φακούς» που επιτρέπουν την ταυτοποίησή τους από τα υποκείμενα της δράσης. Με τον τρόπο αυτό, μια ΔΜΑ, προσφέρεται για προσαρμογή και τροποποίηση από τους χρήστες της, που μπορούν εξίσου έγκυρα με τους πρώτους δημιουργούς της να πραγματοποιήσουν έναν ακόμη ερευνητικό-αναπτυξιακό κύκλο της. Και αυτό, σε αντίθεση με ένα τυπικό/στατικό Πρόγραμμα Σπουδών, όπου οι θεσμικές, διδακτικές και επιστημολογικές του δεσμεύσεις (Καριώτογλου & Τσελφές 2000, Tselfes, Kariotoglou & Epsimos 2005), ακόμη και αν είναι ρητά δηλωμένες, δεν προσφέρονται για μια επιστημονική

τροποποίησή τους από τους χρήστες του. Οπότε, για να λειτουργήσουν αφήνονται, μάλλον, στους εμπειρικούς μετασχηματισμούς που επιτρέπει, εντός των θεσμών της, κάθε ευσταθής εκπαιδευτική δομή.
Γι' αυτό, στη συνέχεια του κειμένου θα επιχειρηματολογήσω υπέρ του ότι:

i. οι ΔΜΑ συγκροτούν μια εκπαιδευτική πρόταση που για πρώτη μάλλον φορά στη βιβλιογραφία της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών εμφανίζεται να συμβαδίζει με την πολύπλοκη φύση και δυναμική της εκπαιδευτικής δραστηριότητας και

ii. μια εκτεταμένη προσπάθεια εφαρμογής τους σε ένα εκπαιδευτικό σύστημα είναι εφικτή και θα μπορούσε να μετατοπίσει τις ισορροπίες του σε κατευθύνσεις που φαίνεται ότι αναζητούν στις μέρες μας όλο και περισσότεροι θεσμικοί και επιστημονικοί φορείς.

2. Επιχειρηματολογία

i. Καταρχήν, θεωρώ τις εκπαιδευτικές δομές (και συστήματα) ως πολύπλοκες και ως εκ τούτου, θεωρώ επίσης τις εσωτερικές τοπικές διαφοροποιήσεις τους ως συστατικά στοιχεία της δυναμικής μακροσκοπικής τους σταθερότητας (Τσελφές 2015). Αυτό σημαίνει ότι το γεγονός της ύπαρξης, εντός μιας εκπαιδευτικής δομής, ενός υπερκείμενου ενιαίου Προγράμματος Σπουδών οδηγεί τα τοπικώς δρώντα υποκείμενα (εκπαιδευτικούς και μαθητές) να διαχειρίζονται με σχετική αυτονομία και ποικιλία στοιχεία του Προγράμματος, βελτιώνοντας τις περισσότερο ή λιγότερο ασταθείς τοπικές κοινωνικές ισορροπίες τους. Η συνολική εκπαιδευτική δομή, από την άλλη μεριά, εμφανίζεται δυναμικά σταθερή αν τη διατρέχει μια οργανωτική παράμετρος τάξης η οποία τείνει να «σκλαβώνει» (enslaves) τις τοπικές αστάθειες στην κατεύθυνσή της (Mainzer 1994). Ως παράδειγμα μπορούμε να σκεφτούμε την πλέον συνηθισμένη μακροσκοπική οργανωτική παράμετρο που εμφανίζεται στα εκπαιδευτικά συστήματα και σκλαβώνει τις τοπικές αστάθειες/παραλλαγές: την αξιολόγηση των μαθητών. Η παράμετρος αυτή όμως δεν αποτελεί κανόνα ούτε για όλες τις εκπαιδευτικές δομές (π.χ. Νηπιαγωγεία), ούτε για όλα τα εθνικά συστήματα εκπαίδευσης, τουλάχιστον για κάποιες περιόδους της ανάπτυξής τους (π.χ. Φιλανδία).
Σχηματικά, αν σκεφτούμε τις ΔΜΑ να λειτουργούν με τον χαρακτηριστικό κυκλικό και προσεγγιστικό τους τρόπο εντός ενός εκπαιδευτικού συστήματος, η αναμενόμενη δυναμική τους μπορεί μάλλον να θεωρηθεί ως μια «κυκλική» διαδρομή, που δεν διαγράφει το ίδιο ακριβώς μονοπάτι όσες φορές και αν επαναληφθεί, αλλά παραμένει μέσα σε ένα torus (μια «τοπολογική σαμπρέλα») που θα μπορούσε κάποιος να φανταστεί σχεδιασμένο σε έναν χώρο φάσεων του συστήματος. Ένα torus που υποδηλώνει μια μορφή αυτοοργάνωσης της εκπαιδευτικής δομής, κάτω από την πίεση μιας τουλάχιστον οργανωτικής παραμέτρου.
Μπορούμε να δοκιμάσουμε να περιγράψουμε αυτή τη δυναμική, με επιστημολογικούς όρους, προσεγγίζοντας έναν κύκλο μιας ΔΜΑ ως μια συλλογική πρακτική. Μια πρακτική περιλαμβάνει (Pickering 1995, Psillos, Tselfes & Kariotoglou 2004) ένα σύνολο συνδεδεμένων, επαναλαμβανόμενων αλλά και μεταβαλλόμενων αναπαραστάσεων και παρεμβάσεων, που πυροδοτούνται από κάποιον στόχο (ΣΤ), τείνουν να αντιμετωπίσουν τις αντιστάσεις (ΑΝ) που παρουσιάζονται στην εκπλήρωση του στόχου, συμμορφούμενες (ΣΜ) σε ένα νέο επίπεδο που είναι πιθανό ότι μεταβάλλει και τον στόχο (ΣΤ): ΣΤ → ΑΝ → ΣΜ → ΣΤ.
Σε μια επιστημονική-εκπαιδευτική πρακτική, όπως αυτή που γεννά μια ΔΜΑ, οι μεταβάσεις πρέπει να τεκμηριώνονται από την έρευνα της εκπαιδευτικής-διδακτικής πειθαρχίας, η οποία βέβαια στις επιστήμες του ανθρώπου δεν οδηγεί σε μονοσήμαντες επιλογές παρέμβασης. Κάτι που δίνει στις ΔΜΑ ένα βαθμό ελευθερίας και μια ενδιαφέρουσα πολλαπλότητα που συμβαδίζει με την πολύπλοκη φύση τους. Τα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά μιας τέτοιας προσέγγισης βρίσκονται στην αιτιολογημένη επιλογή του αρχικού στόχου (ΣΤ), στην

υποχρέωση της θεωρητικής εννοιολόγησης των αντιστάσεων (μετάβαση ΣΤ → ΑΝ), στον διδακτικό σχεδιασμό και αξιολόγηση των παρεμβάσεων που παράγει τη συμμόρφωση (μετάβαση ΑΝ → ΣΜ) και στη θεωρητική ανάλυση που διαμορφώνει τον καινούργιο στόχο (μετάβαση ΣΜ → ΣΤ).

Για παραδείγματα υπάρχουν σήμερα αρκετοί και διαφορετικοί στόχοι, πολιτικά κυρίως αιτιολογημένοι, που μπορούν να γεννήσουν μια ΔΜΑ-ΦΕ: η μάθηση συγκεκριμένου θεωρητικού περιεχομένου, η μάθηση επιστημονικών πρακτικών - «μεθοδολογίας», η μάθηση τεχνολογικών/μηχανολογικών διαστάσεων συγκεκριμένου περιεχομένου, ο επιστημονικός γραμματισμός σε μια θεματική περιοχή της καθημερινότητας, η απελευθέρωση της δημιουργικότητας ή η άσκηση στην καινοτομία και επιχειρηματικότητα στο πλαίσιο μιας θεματικής κ.ο.κ. Για καθέναν από αυτούς τους στόχους μπορεί κάποιος να σκεφτεί διαφορετικούς αν και εξίσου έγκυρους τρόπους εννοιολόγησης των αντιστάσεων/ εμποδίων (ΣΤ → ΑΝ): για παράδειγμα, για τη μάθηση συγκεκριμένου θεωρητικού περιεχομένου, μπορεί κάποιος να εκτιμήσει ότι τις αντιστάσεις οργανώνουν οι ιδέες των μαθητών ή οι αρνητικές τους στάσεις απέναντι στις ΦΕ ή οι πολιτισμικές τους «προκαταλήψεις» κ.ο.κ. Για τη μάθηση επιστημονικών πρακτικών-«μεθοδολογίας», αντίστοιχα, οι αδυναμίες στη γνώση του θεωρητικού περιεχομένου ή οι σχετικές εναλλακτικές πολιτισμικές σταθερές (που συνήθως προωθούν τις εμπειρικές πρακτικές) κ.ο.κ. Για καθέναν επίσης από τους παραπάνω συνδυασμούς ο διδακτικός σχεδιασμός (ΑΝ → ΣΜ) δεν είναι επίσης μονοσήμαντος: για παράδειγμα, για τη μάθηση συγκεκριμένου θεωρητικού περιεχομένου που εμποδίζεται από τις ιδέες των μαθητών ο διδακτικός σχεδιασμός θα μπορούσε να οργανωθεί μέσω της εννοιολογικής σύγκρουσης, μέσω της «αγκίστρωσης», της καθοδηγούμενης ανακάλυψης κ.ο.κ. Ούτε, προφανώς, μονοσήμαντη είναι και η αναπροσαρμογή του στόχου (ΣΜ → ΣΤ) που κλείνει έναν κύκλο μιας ΔΜΑ: έτσι για έναν αρχικό στόχο μάθησης συγκεκριμένου θεωρητικού περιεχομένου, που αντιμετώπισε την αντίσταση των ιδεών των μαθητών μέσω εννοιολογικής σύγκρουσης ο νέος στόχος θα μπορούσε να είναι η μάθηση ενός κατάλληλα μετασχηματισμένου θεωρητικού περιεχομένου, είτε εννοιολογικά, είτε πολιτισμικά (π.χ. διαθεματικά), είτε πλαισιακά (π.χ. εκτός σχολείου) κ.ο.κ.

Οι ΔΜΑ επομένως συγκροτούν, καταρχήν, μια εκπαιδευτική πρόταση που συμβαδίζει με την πολύπλοκη φύση και δυναμική της εκπαιδευτικής δραστηριότητας, όπως αυτή αναπαρίσταται από την εμπειρία και τη βιβλιογραφία τουλάχιστον της Διδακτικής των ΦΕ.

ii. Το εμπόδιο βέβαια μιας διευρυμένης εφαρμογής των ΔΜΑ στην εκπαιδευτική πράξη βρίσκεται στο γεγονός ότι μια απόπειρα διάχυσής τους, για παράδειγμα στα ελληνικά σχολεία, θα κατέρρεε κάτω από την πίεση της κλασικής οργανωτικής παραμέτρου που σταθεροποιεί το εκπαιδευτικό σύστημα: την παράμετρο της αξιολόγησης των μαθητών, που στην Ελλάδα φέρει τον γενικά αποδεκτό χαρακτηρισμό *αντικειμενικές εξετάσεις*.

Οι συγγραφείς όμως των κειμένων του Συμποσίου, άλλοτε ρητά και άλλοτε άρρητα, υποδηλώνουν την εν δυνάμει οργανωτική παράμετρο που θα μπορούσε να σταθεροποιήσει τις ΔΜΑ εντός ενός εκπαιδευτικού συστήματος. Η παράμετρος αυτή είναι, κατά την άποψή μου, η Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΠΓΠ): η γνώση που οικοδομούν/ κατασκευάζουν οι εκπαιδευτικοί ως ταυτόχρονοι ερευνητές (ή με τη βοήθεια ερευνητών) των διδακτικών-μαθησιακών τους εφαρμογών. Και η γνώση αυτή είναι εξαιρετικά σημαντική για τη λειτουργία ενός εκπαιδευτικού συστήματος (ίσως, πιο σημαντική και από τις γνώσεις που οικοδομούν/ κατασκευάζουν τελικά οι μαθητές). Θα μπορούσε η γνώση αυτή να εγκαθιδρυθεί ως οργανωτική παράμετρος ενός εκπαιδευτικού συστήματος;

Η απάντησή μου είναι, ναι (δες την «άνοιξη» του Φιλανδικού εκπαιδευτικού συστήματος). Αλλά στο παρόν κείμενο, δεν θα προσπαθήσω να την υποστηρίξω θεωρητικά. Θα την υποστηρίξω με ένα σύντομο παράδειγμα ανάπτυξης ενός Project, προσαρμοσμένου στην ελληνική πραγματικότητα και θα αφήσω στους κριτικούς αναγνώστες να το αξιολογήσουν.

Διάρκεια του Project και εμπλεκόμενοι: διετές πρόγραμμα, που εμπλέκει εκπαιδευτικούς ΠΕ4 που θα εκδηλώσουν ενδιαφέρον, τους μαθητές τους, καθώς και ερευνητές της εκπαίδευσης στις ΦΕ, που θα επιλεγούν σε ρόλο κριτικού αξιολογητή.
Σχηματοποίηση της δράσης:

Α. Ενημέρωση των εκπαιδευτικών ΠΕ4 για τη δράση και ευρεία κατά το δυνατόν δημοσιοποίηση (ενημέρωση μαθητών και γονέων). Ενημέρωση και πρόσκληση εκδήλωσης ενδιαφέροντος προς τους ερευνητές-εμπειρογνώμονες.

Β. Αφετηρία δράσης: (α) το τρέχον Πρόγραμμα Σπουδών (ΔΕΠΠΣ), με χρονισμό που προκύπτει από τον τελευταίο εξορθολογισμό της ύλης και (β) το σχετικό ανά μονάδα περιεχομένου πρόγραμμα σπουδών του Νέου Σχολείου.

Γ. Κάθε εκπαιδευτικός επιλέγει να ασχοληθεί με δύο το πολύ (ανά σχολικό έτος) ενότητες, εξειδικεύοντας αιτιολογημένα τους στόχους και σχεδιάζοντας τις διδακτικές-μαθησιακές παρεμβάσεις του στο πλαίσιο των Β(α) και Β(β) που θα συνεκτιμήσει. Έτσι, σχεδιάζει έναν κύκλο μιας ΔΜΑ ανά ενότητα.

Δ. Καταθέτει τον σχεδιασμό του στην επιτροπή των ερευνητών και ανασχεδιάζει τη ΔΜΑ σύμφωνα με τις κρίσεις που θα πάρει.

Ε. Κάθε εκπαιδευτικός εφαρμόζει τις διδακτικές-μαθησιακές δραστηριότητες που σχεδίασε στην τάξη του και αξιολογεί τα αποτελέσματα της εφαρμογής. Συλλέγει δηλαδή σχετικά τεκμήρια, που αφορούν τις επιτυχίες και τις αποτυχίες της εφαρμογής.

ΣΤ. Καταθέτει στην επιτροπή των ερευνητών, την ανασχεδιασμένη ΔΜΑ που εφάρμοσε, καθώς και τα αποτελέσματά της (ακολουθώντας τη δομή: ΣΤ → ΑΝ → ΣΜ).

Ζ. Οι προτάσεις που γίνονται αποδεκτές, μετά από τις ενισχυτικές μεν αλλά αυστηρές και αιτιολογημένες τυφλές κρίσεις (που με όλο το τυπικό τους αναλαμβάνουν στην πραγματικότητα έναν ουσιαστικό ρόλο επιμόρφωσης), δημοσιεύονται επώνυμα ως μέρη ενός υπό διαμόρφωση Προγράμματος Σπουδών, χτίζοντάς το σταδιακά.

Η. Κάθε εργασία εκπαιδευτικού που δημοσιεύεται αμείβεται ικανοποιητικά από το πρόγραμμα.

Θ. Τη δεύτερη σχολική χρονιά οι εκπαιδευτικοί ξεκινούν με αφετηρία τις δημοσιευμένες ΔΜΑ και πραγματοποιούν αιτιολογημένα έναν επόμενο κύκλο τους ή ασχολούνται με περιοχές του περιεχομένου που την πρώτη χρονιά δεν έχουν καλυφθεί.

Παραδοτέο: Η διαδικασία θεσμοθετείται ως εν δυνάμει δραστηριότητα των εκπαιδευτικών που οδηγεί στον ετήσιο εμπλουτισμό ενός δυναμικού και εξελισσόμενου Προγράμματος Σπουδών με ευθύνη του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής και χρηματοδότηση του Υπουργείου.

3. Βιβλιογραφία

Καριώτογλου, Π. και Τσελφές, Β. (2000). Αναλυτικά Προγράμματα Φυσικών Επιστημών: Επιστημολογική, Διδακτική και Θεσμική προσέγγιση. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 31, 19-28.

Τσελφές, Β. (2015). Εκπαιδευτική δυναμική και εκπαιδευτική καινοτομία. Προσκεκλημένη ομιλία στο *Πανελλήνιο Συνέδριο Καλές Πρακτικές και Καινοτομία στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*. Αθήνα: ΠΑ.Π.Ε.Δ.Ε. (ανάκτηση από https://www.youtube.com/watch?v=Qb9zaPMwFhs&feature=youtu.be).

Mainzer, K. (1994). *Thinking in Complexity. The complex dynamics of matter, mind and mankind*. Berlin: Spinger-Verlag.

Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice*. Chicago: The University Chicago Press.

Psillos, D., Tselfes,V. & Kariotoglou, P. (2004), An epistemological analysis of the evolution of didactical activities in teaching-learning sequences: the case of fluids, *International Journal of Science Education*, 26, 555-578.

Tselfes, V., Kariotoglou, P. & Epsimos, G. (2005). Developing a three-pole framework for studying Science Curricula. In *Proceedings of ESERA '05: Contributions of research to enhancing students' interest in learning science*. Barcelona: ESERA (ISBN 689-1129-1), 70-73.

ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΩΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΩΝ ΑΚΟΛΟΥΘΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Δημήτρης Ψύλλος[1], Πέτρος Καριώτογλου[2]

[1]ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[2]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η εφαρμογή Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) αποτελεί σύγχρονο και παραγωγικό πεδίο ερευνητικών και αναπτυξιακών έργων με σκοπό τη βελτίωση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ). Στην παρούσα θεωρητική εργασία παρουσιάζονται και συζητούνται τρία σημαντικά ζητήματα που αφορούν στις ΔΜΑ, στον προσεγγιστικό σχεδιασμό και την ανάπτυξή τους, στη συνεργασία ερευνητών και εκπαιδευτικών καθώς και στο διδακτικό μετασχηματισμό του επιστημονικού περιεχομένου τους. Στην εργασία συμπεραίνεται ότι ο προσεγγιστικός σχεδιασμός αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα ανάπτυξης και προσαρμογής μίας πετυχημένης ως προς τους διδακτικούς της στόχους ΔΜΑ. Το ίδιο ισχύει και για το διδακτικό μετασχηματισμό του επιστημονικού περιεχομένου που είναι ταυτόχρονα προαπαιτούμενο, αλλά και αποτέλεσμα κάθε διδακτικής καινοτομίας.

Abstract

The design, the development and the implementation of Teaching Learning Sequences (TLS) is a modern and fruitful context of research and developmental works aiming to the improvement of science teaching. In this theoretical work, we introduce and comment on three important issues about TLSs, that is the iterative design and its development, the collaboration between researchers and teachers and the didactical transformation of their scientific content. We conclude that the iterative design is a crucial factor of the development and adaptation of a successful TLS regarding its teaching aims. An important outcome, but also prerequisite, of the aforementioned is, among other things, the didactical transformation of the scientific content.

1. Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η εφαρμογή Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) αποτελεί σύγχρονο και παραγωγικό πεδίο ερευνητικών και αναπτυξιακών έργων, με σκοπό τη βελτίωση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ). Κοινό γνώρισμα των ΔΜΑ είναι η παρέμβαση στην εκπαιδευτική διαδικασία, η ανάπτυξη κατάλληλων διδακτικών υλικών, η ερμηνεία προβληματικών καταστάσεων και η ανταπόκριση στις ανάγκες των μαθητών (Méheut & Psillos 2004). Το πεδίο αυτό είναι σχετικά νέο αλλά πρόσφορο διότι συνδυάζει ερευνητικά και αναπτυξιακά στοιχεία που αφορούν σε ζητήματα σχεδιασμού, κατασκευής καινοτομικού υλικού, θεωρίας για τη διδασκαλία και τη μάθηση, στο πλαίσιο συγκροτημένων και ερευνητικά τεκμηριωμένων μελετών. Οι ερευνητές επεξεργάζονται θεωρητικά θέματα,

προτείνουν μοντέλα και διενεργούν εμπειρικές έρευνες για την εγκυροποίηση τους ή την τροποποίηση τους. Στην παρούσα θεωρητική εργασία παρουσιάζονται και συζητούνται τρία σημαντικά ζητήματα που αφορούν στις ΔΜΑ, τον προσεγγιστικό σχεδιασμό και την ανάπτυξή τους, τη συνεργασία ερευνητών και εκπαιδευτικών καθώς και το διδακτικό μετασχηματισμό του επιστημονικού περιεχομένου.

2. Θέσεις και προτάσεις

Κατ' αρχήν, ένα χαρακτηριστικό των ΔΜΑ είναι ότι εξελίσσονται μέσα από μία διαδικασία προσεγγιστικού σχεδιασμού και ανάπτυξης, η οποία αξιοποιεί ερευνητικά δεδομένα από τις διαδοχικές εφαρμογές της. Η εργασία στις ΔΜΑ συμπεριλαμβάνει τη σύλληψη και την υλοποίηση εκπαιδευτικών εφαρμογών, όπως η αξιοποίηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών ή των ψηφιακών τεχνολογιών. Οι εφαρμογές αυτές εμπεριέχουν πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις π.χ. μεταξύ μαθητών ή μεταξύ εκπαιδευτικών και μαθητών και κατά συνέπεια η εμπειρική τους τεκμηρίωση θα αναδείξει τη σημασία τους. Οι ερευνητές γενικά συμφωνούν ότι η ανάπτυξη μιας ΔΜΑ συμπεριλαμβάνει ή πρέπει να συμπεριλαμβάνει κύκλους εφαρμογών και ανατροφοδότησης βασισμένης σε πολλαπλού τύπου δεδομένα. Αυτή η διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα τον εμπλουτισμό της ΔΜΑ με την εμπειρικά τεκμηριωμένη ανταπόκριση των μαθητών και των εκπαιδευτικών, καθώς και τη δυνατότητα εφαρμογής της σε ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο. Η προσεγγιστική διαδικασία αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα των σχεδιαστικών ερευνών και τη βάση της ανάπτυξης εμπειρικά έγκυρων διδακτικών παρεμβάσεων στις εκπαιδευτικές καταστάσεις, οι οποίες από τη φύσης τους είναι πολύπλοκες. Έτσι καταλήγουν να είναι δείγματα καλής διδακτικής πρακτικής, ως αποτέλεσμα διαδοχικών εφαρμογών.

Σε ένα εμβληματικό βιβλίο οι Kelly et al. (2008) υποστηρίζουν ότι "η κύρια ιδέα στην οποία συγκλίνει η βιβλιογραφία στις σχεδιαστικού τύπου έρευνες είναι ο προσεγγιστικός σχεδιασμός δηλαδή η απόκτηση της γνώσης και η ικανότητα να βελτιωθεί η εκπαιδευτική παρέμβαση, όταν φαίνεται ότι αυτή δεν πετυχαίνει τους σκοπούς της". Κάθε προσεγγιστικός κύκλος συμβάλλει στην αποσαφήνιση των διδακτικών στόχων, στην εμβάθυνση στο εκπαιδευτικό πλαίσιο και στους παράγοντες που επιδρούν, στον επανασχεδιασμό των σχεδιαστικών αρχών, στη βελτίωση των εκπαιδευτικών υλικών και διαδικασιών και στην εμπειρογνωμοσύνη της ερευνητικής ομάδας. Επιτελείται ανάλυση σχεδιασμός και αξιολόγηση κατά τη διάρκεια και μετά την εφαρμογή μιας ΔΜΑ. Η ανάλυση εστιάζει στα σημεία αρμονίας και δυσαρμονίας μεταξύ της επιδιωκόμενης μάθησης των εφαρμοσμένων μαθησιακών δραστηριοτήτων και στην επίτευξη των μαθησιακών στόχων, ώστε να επιτευχθεί σε επόμενη εφαρμογή η σύγκλισή τους και να επαναδιατυπωθούν οι σχεδιαστικές αρχές, το περιεχόμενο και η δομή της ΔΜΑ. Πρόκειται για μία δυναμική αναστοχαστική διαδικασία κατά τη διάρκεια της οποίας κάποια υλικά και αρχές βελτιώνονται ή απορρίπτονται διότι αναδείχνονται παράγοντες και εμπόδια τα οποία δεν είχαν προβλεφθεί. Στο τέλος ενός σχεδιαστικού κύκλου μπορεί να αναθεωρείται και η διαδικασία αξιολόγησης η οποία αποτελεί ουσιαστικό στοιχείο του. Η αξιολόγηση συνδέεται με τον έλεγχο και τις μετρήσεις των αποτελεσμάτων που στηρίζονται σε πολλαπλούς τύπους δεδομένων, όπως τα κλασσικά τεστ, οι παρατηρήσεις στην τάξη και οι μαθησιακές διαδρομές των μαθητών, η εκτίμηση των απόψεων μαθητών και εκπαιδευτικών μέσα από συνεντεύξεις, οι οποίες αναδείχνουν συμπληρωματικές όψεις των πολύπλοκων εκπαιδευτικών αλληλεπιδράσεων. Θα πρέπει όμως να επισημανθεί ότι η προσεγγιστική διαδικασία δεν είναι απλώς το σύνολο των μετρήσεων, αλλά πιο γενικότερη και σύνθετη εργασία, η οποία περιλαμβάνει τις αποφάσεις και προτάσεις της ερευνητικής ομάδας, των εκπαιδευτικών που εφάρμοσαν τη ΔΜΑ, καθώς και τη συγκρότηση θεωρητικών ερμηνειών.

Ένα δεύτερο θέμα που αφορά στις ΔΜΑ αποτελεί η συνεργασία ερευνητών και έμπειρων εκπαιδευτικών για το σχεδιασμό και την ανάπτυξή τους. Στο πλαίσιο των ΔΜΑ επιδιώκεται η μελέτη των διαστάσεων αλλά και η διαμόρφωση προτάσεων για τη διαχείριση και τη μείωση του χάσματος μεταξύ της έρευνας και των εφαρμογών στη Διδακτική των ΦΕ. Οι ερευνητές υποστηρίζουν το σημαντικό ρόλο των έμπειρων εκπαιδευτικών, οι πρακτικές γνώσεις και η εμπειρία των οποίων θεωρείται απαραίτητη, για τη βιωσιμότητα και τον έλεγχο πεδίου μιας ΔΜΑ. Όμως, ενώ υπάρχουν πολλές μελέτες οι οποίες αφορούν στις συνεργατικές προσεγγίσεις ερευνητών και εκπαιδευτικών στις δημοσιευμένες ΔΜΑ η συμβολή και ο ρόλος των εκπαιδευτικών είτε απλά αναφέρεται είτε θεωρείται αυτονόητος. Αυτό δε σημαίνει ότι δεν υπήρχε σημαντική συμβολή των εκπαιδευτικών, αλλά ότι δεν αναφέρονται στις δημοσιεύσεις οι πτυχές, οι δυσκολίες, τα θετικά σημεία και τα συμπεράσματα από τη συνεργασία ερευνητών και εκπαιδευτικών, όπως η επιλογή των έργων η υπόδειξη και η υπέρβαση δυνητικών εμποδίων στην εκπαιδευτική διαδικασία, οι αποφάσεις κατάργησης καινοτομικού υλικού από τη σκοπιά των ερευνητών και των εκπαιδευτικών. Θεωρούμε ότι η συμμετοχή στο σχεδιασμό, τη διαμόρφωση και βελτίωση ΔΜΑ αποτελεί κατάλληλο πλαίσιο εκπαίδευσης και επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών, πολύ πιο αποτελεσματικό από την ενημέρωση και την υλοποίηση έτοιμων νέων υλικών, το οποίο μπορεί να προάγει τον εκπαιδευτικό ως σχεδιαστή και διαμορφωτή της διδασκαλίας των ΦΕ.

Ένα τρίτο πολύ σημαντικό ζήτημα, που αφορά στο σχεδιασμό μιας ΔΜΑ, είναι η αντιμετώπιση του επιστημονικού περιεχομένου της. Αν και οι δημοσιευμένες ΔΜΑ αναφέρονται σε συγκεκριμένα αναλυτικά προγράμματα στις διάφορες χώρες, η διαμόρφωση του επιστημονικού περιεχομένου τους προσεγγίζεται εποικοδομητικά και συγκροτείται με βάση τις μελέτες σχετικά με τις ιδέες των μαθητών και τους σκοπούς μιας ΔΜΑ με αποτέλεσμα αποκλίσεις από τα συνήθη περιεχόμενα, τα οποία έχουν αναπτυχθεί εμπειρικά. Στις περισσότερες δημοσιευμένες ΔΜΑ έχει γίνει διδακτικός μετασχηματισμός του επιστημονικού περιεχομένου πολλά δε θεωρητικά μοντέλα, όπως το μοντέλο της «εκπαιδευτικής αναδόμησης» υποστηρίζουν την αναγκαιότητά του. Παρ' όλα αυτά, στις μελέτες απλά δηλώνεται, χωρίς να εξηγείται, πολύ δε περισσότερο να τεκμηριώνονται οι σχετικές αλλαγές. Θεωρούμε ότι οι ΔΜΑ παρέχουν ένα δυναμικό πλαίσιο για την ανάλυση, τη διερεύνηση και την εμπειρική δοκιμασία του διδακτικού μετασχηματισμού, ώστε το επιστημονικό περιεχόμενο να προσαρμοστεί δημιουργικά στις ιδέες , στους συλλογισμούς, στις δεξιότητες και την επιστημολογία των μαθητών.

3. Συμπέρασμα

Οι ΔΜΑ αποτελούν ένα πρόσφορο και εξελισσόμενο πεδίο σύνδεσης και σύνθεσης αφενός ερευνητικών διαδικασιών και αποτελεσμάτων και αφετέρου ανάπτυξης εμπειρικά τεκμηριωμένων υλικών (Psillos & Kariotoglou 2016). Οι γνώσεις των ερευνητών και εκπαιδευτικών είναι πολύτιμες για τη συγκρότηση έγκυρων και βιώσιμων καινοτομικών παρεμβάσεων. Ο προσεγγιστικός σχεδιασμός αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα ανάπτυξης και προσαρμογής μίας πετυχημένης ως προς τους διδακτικούς της στόχους ΔΜΑ. Αυτή υλοποιείται σε συγκεκριμένο εκπαιδευτικό περιβάλλον και δημιουργεί ένα δυναμικό χώρο διαλόγου θεωρίας και πρακτικής, ανάλυσης και αναστοχασμού σχετικά με καινοτομικές διδακτικές παρεμβάσεις. Ένα σημαντικό αποτέλεσμα αυτών των παρεμβάσεων, αλλά και προαπαιτούμενο τους, είναι ο διδακτικός μετασχηματισμός του επιστημονικού περιεχομένου, με στόχο την κατάλληλη προσαρμογή του στις γνώσεις και τις δεξιότητες των μαθητών.

4. Βιβλιογραφία

Kelly, A., Baek, J., Lesh, R. & Bannan-Ritland, B. (2008) . Enabling Innovations in Education and Systematizing their Impact. In A.E. Kelly, J.Y. Baek, R.A. Lesh (Eds.) *Handbook of Design Research Methods in Education* (pp. 3-16). New York: Routledge.

Méheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-Learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education, 26*(5), 515-535.

Psillos, D. & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical issues related to designing and developing teaching learning sequences. In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds), *Iterative design of teaching-learning sequences: Introducing the science of materials in European schools*. (pp. 11-34). Dordrecht: Springer.

ΜΕΛΕΤΗ ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΑ ΕΞΕΛΙΣΣΟΜΕΝΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Δημήτρης Ψύλλος[1], Αναστάσιος Μολοχίδης[2]

[1]ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[2]Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Στην εργασία αυτή, παρουσιάζεται μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ), η οποία αναπτύχθηκε, εφαρμόστηκε και επανασχεδιάστηκε στα πλαίσια ενός ευρωπαϊκού προγράμματος για τις θερμικές ιδιότητες των υλικών, με αιχμή την θερμική αγωγιμότητα των υλικών. Η ΔΜΑ χαρακτηρίζεται από τη διερευνητική μάθηση και η σχεδίασή της βασίστηκε στο μοντέλο της «εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης». Η ΔΜΑ αναπτύχθηκε σταδιακά μέσα από συνεχείς εφαρμογές, λήψη δεδομένων, βελτιώσεις και επανεφαρμογές, ακολουθώντας συγκεκριμένες σχεδιαστικές αρχές.

Abstract

In line with current trends about developing teaching learning sequences in science education, we have designed an innovative inquiry oriented module aiming at providing secondary education students with a comprehensive treatment of thermal conductivity in materials. The development of the TLS was based on the Model of educational reconstruction as a design frame.

1. Εισαγωγή

Μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) αναπτύσσεται σταδιακά μέσα από διάφορες εφαρμογές, ακολουθώντας μια διαρκώς εξελισσόμενη προσεγγιστική ερευνητική διαδικασία. Τα εγκυροποιημένα αποτελέσματα που προκύπτουν από την εκάστοτε εφαρμογή εμπλουτίζουν τη διαδικασία και επαναδιαμορφώνουν τη ΔΜΑ (Meheuet & Psillos, 2004). Η συνεχής βελτίωση της ΔΜΑ αποτελεί αντικείμενο έρευνας (Psillos et al., 2016).

Η ΔΜΑ που αναπτύχθηκε στοχεύει αφενός στην εισαγωγή της επιστήμης των υλικών σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και συγκεκριμένα στην ενίσχυση της κατανόησης της θερμικής αγωγιμότητας των υλικών και αφετέρου στην εισαγωγή και γνωριμία των μαθητών με την επιστημονική διερεύνηση.

Το θεωρητικό μοντέλο που επιλέχτηκε ως το θεωρητικό πλαίσιο για το σχεδιασμό και την εγκυροποίηση της ΔΜΣ είναι αυτό της «εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης (MER - model of educational reconstruction)(Duit et al., 2012). Το μοντέλο MER περιγράφεται από την ανάλυση του περιεχομένου, τις εμπειρικές έρευνες και την ανάπτυξη και αξιολόγηση της διδασκαλίας, δίνει δε έμφαση στον μαθητή, στον δάσκαλο αλλά και στην αλληλεπίδρασή τους στην τάξη.

2. Μεθοδολογία

Οι βασικοί στόχοι της ΔΜΑ ήταν η βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών σε θέματα αγωγής της θερμότητας, η εισαγωγή των μαθητών στη διαδικασία του πειραματισμού, η εξοικείωση των μαθητών με τα μικροσκοπικά μοντέλα και τις διεργασίες μοντελοποίησης και η επέκταση και εφαρμογή της νεοαποκτηθείσας γνώσης τους σε καθημερινά τεχνολογικά προβλήματα. Η αναλυτική περιγραφή της υπάρχει σε άλλες εργασίες (Hatzikraniotis et al., 2010; Χατζηκρανιώτης κ.α., 2011).
Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει συνοπτικά την ακολουθούμενη στρατηγική κατά τη διάρκεια της επαναλαμβανόμενης διαδικασίας από την αρχική ΔΜΑ1 στην εμπλουτισμένη ΔΜΑ2 και τέλος στην τελική ΔΜΑ3, μέσα από συνεχή σχεδιασμό, εφαρμογή και έρευνα, λαμβάνοντας υπόψη τις δυσκολίες (εμπόδια) των καθηγητών και των μαθητών που ενεπλάκησαν με αυτήν την καινοτομική ΔΜΑ, αλλά και την ανάγκη σε προσθήκες και βελτιώσεις σε επιστημολογικό και πειραματικό επίπεδο. Από αυτήν την συστηματική τεκμηρίωση μπορεί να παραχθεί μια σχεδιαστική πρόταση, περιγραφόμενη ως μελέτη περίπτωσης (Yin, 1994), και η οποία μπορεί να προωθήσει μια χρήσιμη ανταλλαγή απόψεων, συζήτηση και αναστοχασμό στην ερευνητική κοινότητα για το πώς ένας κύκλος επαναλαμβανόμενης διαδικασίας σχεδιασμού – εφαρμογής - αξιολόγησης - επανασχεδιασμού επηρεάζει την ανάπτυξη μιας ΔΜΑ.
Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα ακόλουθα:

1. ποιες ήταν οι κατάλληλες τροποποιήσεις που έπρεπε να γίνουν για τη βελτίωση της ΔΜΑ ώστε να γίνει πιο αποτελεσματική με βάση τα εμπειρικά δεδομένα που συλλέχτηκαν;
1. ποια ήταν η επίδραση αυτών των αλλαγών στην κατανόηση της θερμικής αγωγιμότητας από τους μαθητές;

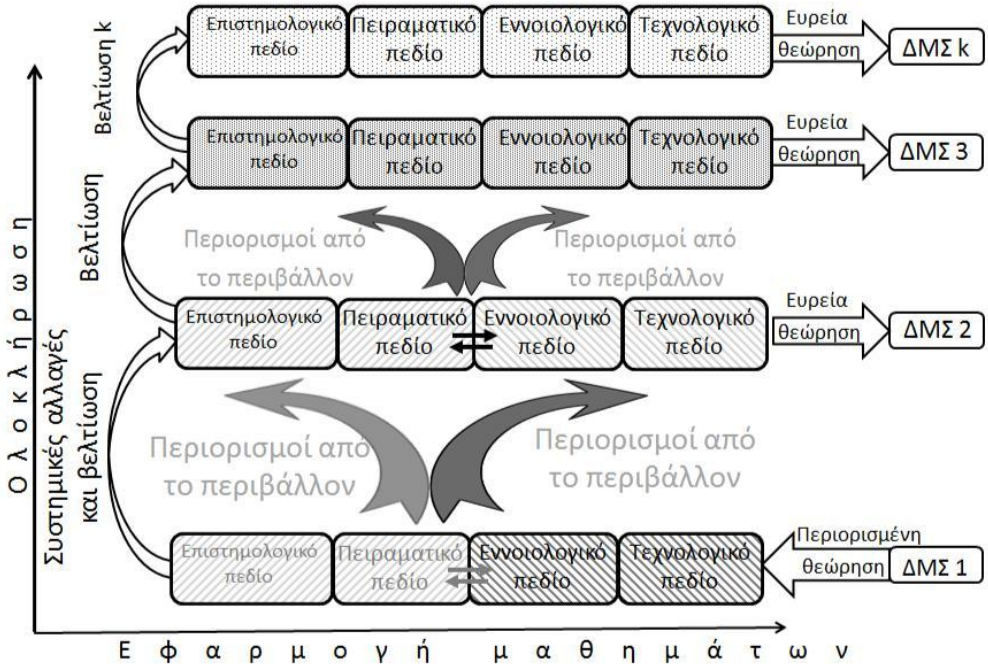
Συλλέχτηκαν δεδομένα από τα φύλλα εργασίας που συμπλήρωναν οι μαθητές, από πριν και μετά ερωτηματολόγια, από τα δεδομένα της άμεσης παρατήρησης πεδίου και βιντεοσκοπημένων μαθημάτων, από τις συνεντεύξεις μαθητών και καθηγητών, από σημειώσεις και παρατηρήσεις των ερευνητών και ειδικών.
Η σειρά εφαρμόστηκε, αξιολογήθηκε και βελτιώθηκε τρεις φορές σε διαδοχικές σχολικές χρονιές, σε μαθητές Β' Γυμνασίου, όπου η Φυσική διδάσκεται μάλλον με τον παραδοσιακό τρόπο εστιάζοντας στην εννοιολογική κατανόηση, υποβοηθούμενη σε κάποιες επιδείξεις και ακόμα λιγότερες εφαρμογές εργαστηριακού τύπου. Η ΔΜΑ1 εφαρμόστηκε σε δύο σχολεία: ένα δημόσιο (47 μαθητές, δύο τάξεων) και ένα ιδιωτικό (20 μαθητές). Η ΔΜΑ2 εφαρμόστηκε, επίσης, σε δύο σχολεία: ένα δημόσιο (24 μαθητές) και ένα ιδιωτικό (24 μαθητές). Τέλος η ΔΜΑ3 εφαρμόστηκε σε ένα ιδιωτικό σχολείο (25 μαθητές).
Οι εφαρμογές έγιναν στα πλαίσια της ευέλικτης ζώνης του σχολικού ωραρίου και διήρκησε 8-10 διδακτικές ώρες.

3. Αποτελέσματα

Τα δεδομένα οδήγησαν σε αλλαγές τόσο στο περιεχόμενο όσο και στην οργάνωση των επιμέρους μαθημάτων που αφορούν σε αλλαγές στους στόχους της ΔΜΑ1, όπως λιγότερο απαιτητικές ερμηνείες της θερμικής αγωγιμότητας στα κεραμικά και στα μέταλλα, αλλά και εμπλουτισμό με στόχους πειραματικού σχεδιασμού στη ΔΜΑ2, αλλαγές στις έννοιες και στο περιεχόμενο (μακροσκοπική και όχι μικροσκοπική αντιμετώπιση της επίδρασης της πυκνότητας στα κεραμικά, αλλά και των σύνθετων υλικών στην ΔΜΑ2) κλπ.

Διεξοδικά τα αποτελέσματα έχουν αναλυθεί σε άλλες εργασίες (Hatzikraniotis et al., 2010; Psillos et al., 2016). Συνοπτικά, υπάρχουν αξιόλογα μαθησιακά αποτελέσματα. Οι μαθητές έδειξαν σημαντική βελτίωση στο να ερμηνεύουν την θερμική αγωγιμότητα με όρους μικροσκοπικού μοντέλου (οι αποδεκτές απαντήσεις αυξήθηκαν από 8% στα πριν ερωτηματολόγια σε 92% στα μετά ερωτηματολόγια), στο να ταξινομούν διάφορα παρεμφερή υλικά ανάλογα με τη θερμική τους αγωγιμότητα (οι αποδεκτές απαντήσεις αυξήθηκαν από 10% στα πριν ερωτηματολόγια σε 88% στα μετά ερωτηματολόγια), αναφέρονται βελτίωση στις δεξιότητες των μαθητών στον πειραματισμό (π.χ. στη διατύπωση και στον έλεγχο των υποθέσεων, στην παραμετροποίηση (όπου οι αποδεκτές απαντήσεις αυξήθηκαν από 40% στα πριν ερωτηματολόγια σε 80% στα μετά ερωτηματολόγια), κλπ) και τέλος φαίνεται εξοικείωση των μαθητών με τα μικροσκοπικά μοντέλα (π.χ. σ' ότι αφορά τη φύση των μοντέλων η άποψη ότι είναι ένας τρόπος κατανόησης ενός φαινομένου και όχι αναπαράσταση του φαινομένου αυξήθηκε από 20% στα πριν ερωτηματολόγια σε 60% στα μετά ερωτηματολόγια, κλπ).

Σχήμα 1. Μοντέλο για μια συνεχώς εξελισσόμενη Διδακτική και Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ)



4. Συμπεράσματα

Θεωρούμε ότι η παρούσα εργασία συνεισφέρει στην επαναληπτικά εξελισσόμενη σχεδίαση μιας ΔΜΑ, πετυχαίνοντας την εφαρμογή μιας ΔΜΑ βασισμένης στη διερεύνηση σε ένα παραδοσιακό εκπαιδευτικό περιβάλλον. Το βασικό στοιχείο της σχεδίασης είναι η «περιορισμένη θεώρηση» που στην πρώτη εφαρμογή (ΔΜΑ1) περιλαμβάνει μόνον το εννοιολογικό και τεχνολογικό πεδίο, πεδία που είναι συνήθη στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα. Αντίθετα το πειραματικό και επιστημολογικό πεδίο εισάγονται κυρίως στην δεύτερη εφαρμογή (ΔΜΑ2) σε μια «ευρεία θεώρηση» και αφού το εννοιολογικό και τεχνολογικό πεδίο έχουν βελτιωθεί. Τέλος στην 3η εφαρμογή (ΔΜΑ3) βελτιώνονται και το πειραματικό και επιστημολογικό πεδίο.

Στο Σχήμα 1 εικονοποιείται η παρούσα πρότασή μας σ' ένα Μοντέλο για μια συνεχώς εξελισσόμενη Διδακτική και Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) και σε άξονες εφαρμογής της καινοτομικής παρέμβασης με την πορεία ολοκλήρωσης.
Πιστεύουμε ότι το ανωτέρω περιγραφόμενο μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλες παρόμοιες περιπτώσεις μιας και περιέχει σχεδιαστικές αρχές για μια διαρκώς εξελισσόμενη ανάπτυξη Διδακτικών και Μαθησιακών Ακολουθιάν (ΔΜΑ) με σύνθετο περιεχόμενο και εφαρμογή στην τάξη.

5. Βιβλιογραφία

Χατζηκρανιώτης Ε., Καλλέρη Μ., Μολοχίδης Α., Ψύλλος ., 2011**.** Η διαδικασία βελτίωσης μιας Διδακτικής - Μαθησιακής Ακολουθίας που βασίζεται στη διερεύνηση και στις ΤΠΕ για τις Θερμικές Ιδιότητες των Υλικών, στο Παπαγεωργίου Γ. & Κουντουριώτης Γ. (eds.): *Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες,* Αλεξανδρούπολη, 15-17 Απριλίου, σ. 168. [CD-ROM με ISBN: 978-960-99852-0-8) και Online Τόμος 7 με ISSN: 1791-1281].

Duit, R., Gropengieber, H., Kattmann, U., Komorek, M. & Parchmann, I. (2012) . The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. In D. Jorde & J. Dillon (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe Retrospective and Prospective* (pp. 13–37). Rotterdam, Sense Publishers research and development in Science Education.

Hatzikraniotis E., Kallery M., Molohidis A., Psillos D., 2010, Students' design of experiments: an inquiry module on conduction of heat, *Physics Education* **45**, 335-344.

Meheuet, M. & Psillos, D., 2004. Teaching – Learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education, Special Issue, **26*** (5), 515–535.

Psillos D., Molohidis A., Kallery M., Hatzikraniotis E., 2016, The iterative evolution of a Teaching - Learning Sequence on the Thermal Conductivity of materials στο Psillos D., Kariotoglou P. (eds): *Iterative Design of Teaching – Learning Sequences: Introducing the Science of Materials in European Schools*, Springer, ISBN: 978-94-007-7807-5.

Yin, R. K. 1994. *Case study research: Design and Methods* (Applied social research methods series) 2nd ed., Vol. 5, 79–101. Thousand Oaks: Sage Publications.

Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ: Η ΠΥΚΝΩΤΗΤΑ ΩΣ ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ, ΣΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΛΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΒΥΘΙΣΗΣ

Τάσος Ζουπίδης[1], Άννα Σπύρτου[2], Γεώργιος Μαλανδράκης[2], Πέτρος Καριώτογλου[3]

[1]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[3]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Στο πλαίσιο του προγράμματος *Materials Science* σχεδιάσαμε, αναπτύξαμε, εφαρμόσαμε και βελτιώσαμε μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) που εισάγει την πυκνότητα ως ιδιότητα των υλικών, με εφαρμογή σε φαινόμενα πλεύσης/βύθισης (Π/Β). Κύριο χαρακτηριστικό της ΔΜΑ είναι η διερευνητική μάθηση. Βασικοί στόχοι της ΔΜΑ είναι: (α) η βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών Ε' δημοτικού σχετικά με την πυκνότητα και το φαινόμενο Π/Β, και (β) η κατανόηση στοιχείων της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών και του ρόλου κ αι της φύσης των μοντέλων. Σε αυτήν την ανακοίνωση, περιγράφουμε και αξιολογούμε τις βελτιωτικές αλλαγές από την 1η στην 2η φάση ανάπτυξης της ΔΜΑ.

Abstract

In *Materials Science* project we designed, developed, implemented and refined a Teaching Learning Sequence (TLS) on the density as materials' property, applied into floating / sinking (F/S) phenomena. Main feature of the TLS is the promotion of inquiry-based learning. The main aims of the TLS are to improve 5th graders: (a) conceptual understanding about density and F/S, and (b) aspects of the control of variables strategy and the nature and the role of models. In this paper, we describe and validate the refinements from the 1st to the 2nd phase of the TLS development.

1. Εισαγωγή

Στο πλαίσιο του προγράμματος *Materials Science*, εστιάσαμε στην έννοια της πυκνότητας ως μιας ιδιότητας των υλικών, με εφαρμογή σε φαινόμενα πλεύσης και βύθισης (Π/Β). Από το ευρύ φάσμα προσεγγίσεων διερευνητικής μάθησης επιλέξαμε να αναπτύξουμε ένα διδακτικό – μαθησιακό περιβάλλον στοχεύοντας παράλληλα στη μάθηση στοιχείων της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ) καθώς και της φύσης και του ρόλου των μοντέλων (Zoupidis, Pnevmatikos, Spyrtou & Kariotoglou 2016).

Δεδομένου ότι οι ΔΜΑ χαρακτηρίζονται από σταδιακή εξελικτική διαδικασία βασισμένη στα ερευνητικά αποτελέσματα (Méheut & Psillos 2004), και λαμβάνοντας υπόψη τη μεγάλη συζήτηση που υπάρχει στην επιστημονική κοινότητα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) σχετικά με διαδικασίες εξέλιξης των ΔΜΑ (Tiberghien, Vince & Gaitoz 2009), σε αυτήν την ανακοίνωση θέλουμε να αναδείξουμε την διαδικασία ανάπτυξης και βελτίωσης της ΔΜΑ από την 1 η στην 2η φάση εφαρμογής της. Για την ανάλυση της

διαδικασίας βελτίωσης προτείναμε ένα θεωρητικό πλαίσιο με βάση την σχ ετική βιβλιογραφία (Pickering 1995, Zoupidis, Spyrtou, Malandrakis & Kariotoglou 2016). Από την ανάλυση αυτή αναδείχθηκε, ποιοι από τους τρεις παρακάτω κύριους παράγοντες που προβλέπονται στο θεωρητικό πλαίσιο, επηρέασαν την διαδικασία βελτίωσης: (α) ο εκ παιδευτικός παράγοντας, π.χ. αναλυτικά προγράμματα και εκπαιδευτική παράδοση, (β) ο υλικός παράγοντας, π.χ. υλικά και διατάξεις εργαστηρίου, και (γ) ο επιστημονικός παράγοντας, π.χ. διδακτικές – μαθησιακές θεωρίες όπως ο εποικοδομισμός και η διερεύνηση.

2. Μεθοδολογία

Η ΔΜΑ αποτελείται από πέντε ενότητες, καθεμία από τις οποίες διαρκεί 80 λεπτά (Spyrtou, Zoupidis & Kariotoglou 2008). Στην ανακοίνωση αυτή εστιάζουμε στο είδος, τις διαδικασίες και την κατηγοριοποίηση των βελτιωτικών αλλαγών στη ΔΜΑ, που πραγματοποιήθηκαν από την 1η στην 2η φάση ανάπτυξης και εφαρμογής της. Οι συμμετέχοντες σε αυτήν την διαδικασία ήταν: (α) οι μαθητές, (β) οι δάσκαλοι, (γ) η τοπική ομάδα ερευνητών ΔΦΕ (ερευνητές), (δ) η εξωτερική υποστηρικτική ομάδα ειδικών ερευνητών ΔΦΕ (ειδικοί).
Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα ακόλουθα:

- Ποιες ήταν οι βελτιωτικές αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν από την 1η στην 2η φάση ανάπτυξης της ΔΜΑ;
- Ποιοι από τους τρεις παράγοντες του μοντέλου του Pickering καθοδήγησαν την τοπική ερευνητική ομάδα στο να πραγματοποιήσει αυτές της βελτιωτικές αλλαγές;

Για να απαντήσουμε σε αυτές τις ερωτήσεις χρησιμοποιήσαμε τις παρακάτω πηγές δεδομένων: (α) τα φύλλα εργασίας των μαθητών, τα πριν και μετά ερωτηματολόγια, τις απομαγνητοφωνήσεις των βίντεο και των ηχητικών αρχείων της εφαρμογής, (β) τις σημειώσεις και προτάσεις των δασκάλων κατά τη διάρκεια των συναντήσεων της τοπικής ερευνητικής ομάδας, (γ) τα διδακτικά σενάρια καθώς και τις σημειώσεις και παρατηρήσεις των ερευνητών, (δ) τις προτάσεις των ειδικών.

3. Αποτελέσματα

Η ανάλυση της διαδικασίας βελτίωσης της ΔΜΑ ανέδειξε συνολικά δεκαπέντε βελτιωτικές αλλαγές, οι οποίες ακολουθούν τη δομή *στόχος, αντίσταση, προσαρμογή*. Οι περισσότερες από τις δεκαπέντε βελτιωτικές αλλαγές αφορούν στην επιστημολογική και διαδικαστική γνώση.
Συγκεκριμένα, έξι από τις δεκαπέντε αλλαγές σχετίζονται με τη μέθοδο ΣΕΜ και έξι με τη φύση και τον ρόλο των μοντέλων. Δύο αλλαγές σχετίζονται με τις ερμηνείες φαινομένων Π/Β και μία με την εννοιολογική κατανόηση της πυκνότητας.
Παρόλο, που οι περισσότερες αλλαγές επηρεάστηκαν από δύο ή/και περισσότερες πηγές δεδομένων, η κύρια πηγή δεδομένων για την ανάδειξη των αλλαγών ήταν οι σημειώσεις των ερευνητών (σε δώδεκα από τις δεκαπέντε περιπτώσεις).
Τέλος, οι περισσότερες αλλαγές καθοδηγήθηκαν από τον εκπαιδευτικό παράγοντα (δώδεκα από τις δεκαπέντε), ενώ υπάρχουν δύο ακόμη αλλαγές, οι οποίες καθοδηγήθηκαν κυρίως από τον εκπαιδευτικό παράγοντα και παράλλη λα, με δευτερεύοντα αλλά σημαντικό τρόπο, από τον επιστημονικό παράγοντα.

4. Συζήτηση

Συνολικά, στις τέσσερις περιοχές μάθησης (Π/Β, πυκνότητα, ΣΕΜ, φύση και ρόλος μοντέλων) πραγματοποιήθηκαν δεκαπέντε αλλαγές. Τρεις αλλαγές καθοδηγήθηκαν από επιστημονικό παράγοντα και έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά: α) διατρέχουν όλη τη ΔΜΑ, β) σχετίζονται με τη διερευνητική μάθηση, και γ) προωθούν βαθμιαία και αυξανόμενη ανοιχτότητα στις διαδικασίες μάθησης και μεγαλύτερη πρωτοβουλία και παρέμβαση από τους μαθητές. Με βάση το τρίτο χαρακτηριστικό, αυτές οι προσαρμογές ονομάζονται *παρεμβατικές*.
Από την άλλη, οι υπόλοιπες 12 αλλαγές καθοδηγήθηκαν από εκπαιδευτικό παράγοντα και έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά: α) είναι τοπικές και περιορίζονται σε συγκεκριμένη δραστηριότητα μιας ενότητας της ΔΜΑ, β) σχετίζονται κυρίως με δυσκολίες των μαθητών, και γ) είναι κανονιστικού τύπου, με την έννοια ότι άλλες φορές γίνεται κάποια αλλαγή σε υλικά μιας δραστηριότητας και αναμένεται έμμεση μάθηση όπως και πριν την αλλαγή, ενώ άλλες φορές η νέα γνώση εισάγεται με σαφή (explicit) τρόπο. Με βάση το τρίτο χαρακτηριστικό, αυτές οι προσαρμογές ονομάζονται είτε *κανονιστικές άμεσες* είτε *κανονιστικές έμμεσες*.

5. Βιβλιογραφία

Méheut, M. & Psillos, D. (2004). Teaching-Learning sequences: aims and tools for science education research. International Journal of Science Education, 26(5), 515-535.

Pickering, A. (1995). The Mangle of Practice. Chicago: The University Chicago Press.

Spyrtou, A., Zoupidis, A. & Kariotoglou, P. (2008). The design and development of an ICT Enhanced Module concerning density as a property of materials applied in floating-sinking phenomena. In: C. P. Constantinou & N. Papadouris (Eds.), *Girep International Conference, Physics Curriculum Design, Development and Validation, Selected Papers* (pp. 391-407). Nicosia: University of Cyprus.

Tiberghien, A., Vince, J. & Gaidoz, P. (2009). Design-based Research: Case of a teaching sequence on mechanics. International Journal of Science Education, 31(17), 2275-2314.

Zoupidis, A., Spyrtou, A., Malandrakis, G., Kariotoglou, P. (2016). The evolutionary refinement process of a Teaching Learning Sequence for introducing inquiry aspects and density as materials' property in floating / sinking phenomena, In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), *Iterative Design of Teaching-Learning Sequences*, (pp. 167-199), Springer.

Zoupidis, A., Pnevmatikos D., Spyrtou, A., and Kariotoglou, P. (2016). The impact of the acquisition of Control of Variables Strategy and nature of models in floating-sinking phenomena reasoning and understanding of density as property of materials, *Instructional Science, 44,* 315-334. doi:10.1007/s11251-016-9375-z.

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΙΑΣ ΚΥΚΛΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ: Η ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΙ Ο ΕΠΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΟΠΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Ιωάννης Σούλιος[1], *Αναστάσιος Μολοχίδης*[2]

[1]Περιφεριακή Διεύθυνση Εκπαίδευσης Δυτικής Μακεδονίας
[2]Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Στην εργασία αυτή, παρουσιάζεται μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ), η οποία επανασχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε στα πλαίσια ενός ευρωπαϊκού προγράμματος για τις οπτικές ιδιότητες των υλικών. Βασικό σημείο επανασχεδιασμού της ΔΜΑ αποτέλεσε, ανάμεσα σε άλλα, η εισαγωγή, αναθεώρηση και επέκταση του μοντέλου της οπτικής ακτίνας, μέσω μιας κυκλικής διαδικασίας μοντελοποίησης. Αρχικά, η επανασχεδιασμένη ΔΜΑ εφαρμόστηκε σε μια ομάδα 16 υποψηφίων δασκάλων και στη συνέχεια, αφού αξιολογήθηκε, επανασχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε ξανά σε μια άλλη ομάδα 22 υποψηφίων δασκάλων. Τα αποτελέσματα των παρεμβάσεων κατέδειξαν τους παράγοντες που διαμορφώνουν τις επιστημολογικές αντιλήψεις για τα μοντέλα και την εννοιολογική κατανόηση για τα φαινόμενα του φωτός.

Abstract

In this paper, we presented a Teaching Learning Sequence (TLS), which was redesigned and implemented as part of a European program for the optical properties of materials. The TLS redesign key point was, among other things, the introduction, revision and expansion of the optical ray model, through a cyclic modelling procedure. Initially, the redesigned TLS implemented to a group of 16 student teachers and then once evaluated, redesigned and re-implemented in a different group of 22 student teachers. The results of the interventions highlighted the factors shaping epistemological beliefs about models and conceptual understanding of light phenomena.

1. Εισαγωγή

Μια Διδακτική Μαθησιακή ακολουθία (ΔΜΑ) αποτελεί, συνήθως, τόσο μια διαδικασία έρευνας, όσο και ως ένα προϊόν που περιλαμβάνει καλά τεκμηριωμένες δραστηριότητες διδασκαλίας και μάθησης. Αναπτύσσεται σταδιακά, ως μια διαρκώς εξελισσόμενη προσεγγιστική ερευνητική διαδικασία, προσαρμόζοντας τα εμπειρικά δεδομένα που προκύπτουν από την εκάστοτε εφαρμογή της στις αντιλήψεις και την αιτιολογική σκέψη των μαθητών, καθώς και στους παράγοντες του περιεχομένου μάθησης (Kariotoglou & Psillos 2016).

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η σταδιακά εξελισσόμενη διαδικασία της προσαρμογής και του επανασχεδιασμού μιας ΔΜΑ, η οποία υλοποιήθηκε στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος *Materials Science Project* και αφορούσε τις οπτικές ιδιότητες των υλικών. Η αρχική ΔΜΑ αναπτύχθηκε στην Ιταλία, εφαρμόστηκε σε μαθητές Λυκείου και

αφορούσε μια διερευνητική διαδικασία με στόχο την ανάπτυξη και σύζευξη της επιστημονικής και τεχνολογικής γνώσης σχετικά με τις ιδιότητες των οπτικών ινών (Monroy &Testa 2016). Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα έρευνα επιχειρεί να απαντήσει στο ερώτημα, αν και με ποιο τρόπο η ενσωμάτωση πρακτικών κυκλικής μοντελοποίησης στην προσεγγιστική ερευνητική διαδικασία μπορεί να βελτιώσει τις επιστημολογικές αντιλήψεις των υποψηφίων δασκάλων για τη φύση, το σκοπό και τη δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων, καθώς και την εννοιολογική τους κατανόηση για τα φαινόμενα του φωτός.

2. Μεθοδολογία

Η αρχική ΔΜΑ, επανασχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε σε Έλληνες υποψηφίους δασκάλους ακολουθώντας μια σταδιακά εξελισσόμενη προσεγγιστική ερευνητική διαδικασία, η οποία περιλάμβανε δυο φάσεις. Κατά την πρώτη φάση, βασικό στοιχείο επανασχεδιασμού της ΔΜΑ αποτέλεσε, ανάμεσα στα άλλα, η ενσωμάτωση στην διερευνητική διαδικασία μιας κυκλικής παιδαγωγικής μεθόδου μοντελοποίησης (ΚΠΜΜ) που συνδυάζει διερευνητικές, εκφραστικές και πειραματικές διαδικασίες μοντελοποίησης με στόχο τη βελτίωση των επιστημολογικών αντιλήψεων για τη φύση, το σκοπό και την αλλαγή των μοντέλων και τη βελτίωση της εννοιολογικής και τεχνολογικής γνώσης για τις ιδιότητες των οπτικών ινών και για τα φαινόμενα του φωτός (Campbell et al. 2013, Soulios & Psillos 2016). Η ΚΠΜΜ συμπεριλάμβανε και ενέπλεκε τρείς διαφορετικές προσεγγίσεις μοντελοποίησης όπως: α) της *εκφραστικής μοντελοποίησης*, όπου οι μαθητές κατασκεύαζαν δικά τους μοντέλα εκφράζοντας και ελέγχοντας τις δικές τους ιδέες π.χ. σχεδιάζοντας την πορεία του φωτός στο χαρτί ή πάνω σε ψηφιακές εικόνες των πραγματικών πειραμάτων στο περιβάλλον δυναμικής γεωμετρίας του Cabri, β) της *διερευνητικής μοντελοποίησης*, όπου οι μαθητές διερευνούν και θέτουν σε δοκιμασία έτοιμα επιστημονικά μοντέλα π.χ με τη βοήθεια προσομοιώσεων του Optilab (Hatzikraniotis et al. 2007) για την ερμηνεία του πως βλέπουμε ή για τη διατύπωση της αρχής του Fermat και γ) της *πειραματικής μοντελοποίησης* όπου οι μαθητές διατυπώνουν υποθέσεις και προβλέψεις με τη βοήθεια των μοντέλων και τις ελέγχουν μέσω του πειραματισμού (Soulios & Psillos 2016). Η ΚΠΜΜ στην περίπτωση αυτή αποτέλεσε υπόρρητη διαδικασία, υπό την έννοια ότι, αν και οι μαθητές εμπλέκονται στην κατασκευή, χρήση, αναθεώρηση και βελτίωση μοντέλων, καμία ρητή αναφορά δεν έγινε σχετικά με τη φύση, το σκοπό και τη δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων.

Κατά τη δεύτερη φάση λαμβάνοντας υπόψη τα ερευνητικά αποτελέσματα της πρώτης εφαρμογής, η ΔΜΑ επανασχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε ξανά. Στην περίπτωση αυτή, η ΚΠΜΜ ενδυναμώθηκε με ρητή αναφορά στη φύση, το σκοπό και τη δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων μέσω κατάλληλων προτροπών αναστοχασμού.

Την πρώτη εφαρμογή της ΔΜΑ που εμπεριείχε την υπόρρητη ΚΠΜΜ παρακολούθησαν 16 υποψήφιοι δάσκαλοι. Αντίστοιχα, την δεύτερη εφαρμογή της ΔΜΑ με την ρητή ΚΠΜΜ παρακολούθησε μια διαφορετική ομάδα 22 υποψηφίων δασκάλων.

Πριν και μετά την εφαρμογή κάθε ΔΜΑ, οι επιστημολογικές αντιλήψεις των συμμετεχόντων σχετικά με τη φύση, λειτουργία και αλλαγή των μοντέλων διαπιστώθηκαν μέσω ημι-δομημένων συνεντεύξεων και κατηγοριοποιήθηκαν ως προς 3 επίπεδα (1= Απλοϊκές, 2= Ενδιάμεσες, 3= Εξελιγμένες), ενώ η εννοιολογική κατανόηση μέσω ενός γραπτού ερωτηματολογίου που περιλάμβανε 5 έργα εφαρμογής του μοντέλου της οπτικής ακτίνας τα οποία βαθμολογήθηκαν σύμφωνα με μια κλίμακα 1 έως 3: (1= Αδυναμία εφαρμογής, 2= Περιορισμένη εφαρμογή και 3= Ορθή εφαρμογή). Ελλιπείς ή καθόλου απαντήσεις βαθμολογήθηκαν με 0.

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, μετά την εφαρμογή της προσαρμοσμένης όσο και της επανασχεδιασμένης ΔΜΑ, οι υποψήφιοι δάσκαλοι αυξάνουν το επίπεδο των επιστημολογικών τους αντιλήψεων για τη φύση, τη λειτουργία και τη δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων και βελτιώνουν την εννοιολογική τους κατανόηση σχετικά με τα φαινόμενα του φωτός. Η εφαρμογή της ρητής κυκλικής παιδαγωγικής μεθόδου μοντελοποίησης φαίνεται να βελτιώνει ακόμη περισσότερο τις επιστημολογικές αντιλήψεις των υποψηφίων δασκάλων. Αντίθετα, η εννοιολογική τους κατανόηση δεν φαίνεται να διαφοροποιείται ως προς τον υπόρρητο ή ρητό τρόπο εφαρμογής της κυκλικής παιδαγωγικής μεθόδου μοντελοποίησης.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία ενισχύουν την άποψη ότι και στις δυο εφαρμογές της ΔΜΑ η αύξηση της ενημερότητας των υποψηφίων δασκάλων για τα μοντέλα, όπως επιχειρείται επιτευχθεί μέσα από την κυκλική παιδαγωγική μέθοδο μοντελοποίησης, είτε με υπόρρητο, είτε με περισσότερο ρητό τρόπο, μπορεί να οδηγήσει σε υψηλότερη και βαθύτερη επιστημολογική κατανόηση των υποψηφίων δασκάλων για τη φύση, τη λειτουργία και τη δυνατότητα αλλαγής των μοντέλων. Αξίζει να επισημανθεί, ωστόσο, ότι η ρητή διαδικασία, όπως αυτή υλοποιείται μέσω της επίδρασης του αναστοχασμού φαίνεται να βελτιώνει ακόμη περισσότερο το επίπεδο των επιστημολογικών αντιλήψεων των υποψηφίων δασκάλων για τη φύση και χρήση των μοντέλων.
Επίσης, τα αποτελέσματα από την αποτίμηση της ΔΜΑ συνηγορούν ως προς την πιθανότητα Η ΚΠΜΜ και στις δυο περιπτώσεις εφαρμογής της ΔΜΑ, να βοηθά τους υποψήφιους δασκάλους να επιτύχουν βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση. Ακόμη περισσότερο, η επίδραση του αναστοχασμού φαίνεται βοηθά στην διαμόρφωση μιας περισσότερο συνεκτικής σχέσης ανάμεσα στις επιστημολογικές αντιλήψεις για τα μοντέλα και την εννοιολογική κατανόηση των υποψηφίων δασκάλων για τα φαινόμενα του φωτός που εξετάζονται.
Τα συμπεράσματα αυτά μας επιτρέπουν να υποθέσουμε ότι, η ανάπτυξη μιας ΔΜΑ, η οποία ενσωματώνει πρακτικές αύξησης της μεταγνωστικής ενημερότητας των υποψηφίων δασκάλων για φύση και το ρόλο των επιστημονικών μοντέλων, είναι δυνατόν να αυξήσει την εμπρόθετη και ενσυνείδητη εμπλοκή των μαθητών σε μια ποικιλία διερευνητικών έργων με σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα.

5. Βιβλιογραφία

Campbell, T., Oh, P. S. & Neilson, D. (2013). Reification of five types of modeling pedagogies with model- based inquiry (MBI) modules for high school science classrooms. In M. S. Khine & I. M. Saleh (Eds.), Approaches and strategies in next generation science learning (pp. 106–126). Hershey, PA: IGI Global.

Hatzikraniotis, E., Bisdikian, G., Barbas, A. & Psillos, D. (2007). Optilab: Design and development of an integrated virtual laboratory for teaching optics. In C. P. Constantinou, Z. C. Zacharia & M. Papaevripidou (Eds.), Proceedings of the 7th International Conference on Computer Based Learning in Science, CBLIS, (pp. 523-530). Greece: Technological Educational Institute of Crete.

Psillos, D. & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical issues related to designing and developing teaching learning sequences. In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds), Iterative design of teaching-learning sequences: Introducing the science of materials in European schools. Dordrecht: Springer.

Soulios, I. & Psillos, D. (2016). Enhancing student teachers' epistemological beliefs about models and conceptual understanding through a model-based inquiry process. International Journal of Science Education, 38(7), 1212-1233.

Testa I. & Monroy, G. (2016). The iterative design of a teaching-learning sequence on optica properties of materials to integrate science and technology. In D. Psillos & P. Kariotoglou (Eds.), Iterative Design of Teaching-Learning Sequences: Introducing the Science of Materials in European Schools, (pp. 233-286). Dordrecht: Springer.

ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΠΡΟΦΟΡΙΚΩΝ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ

ΓΝΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΣΕ ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΩΝ: ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗ

Νεζάμ Τζαμπερής[1], *Μαρία Λελέκη*[2]

[1]ΤΕΠΑΕΣ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η καταγραφή των γνώσεων των μαθητών γυμνασίου της Ρόδου σε ζητήματα που αφορούν τους υδάτινους πόρους, με απώτερο στόχο την ανάπτυξη διδακτικών παρεμβάσεων στο πλαίσιο της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη. Σε αυτήν την κατεύθυνση σημαντική θεωρείται η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο οι μαθητές αντιλαμβάνονται τα σχετικά προβλήματα, καθώς οι έρευνες που πραγματοποιούνται στο πλαίσιο της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση των περιβαλλοντικών προγραμμάτων. Τα αποτελέσματα αναδεικνύουν σημαντική έλλειψη γνώσης και επαρκούς ενημέρωσης του δείγματος γύρω από τα περιβαλλοντικά ζητήματα, τα προβλήματα ρύπανσης των υδάτων, λειψυδρίας, και τους τρόπους αντιμετώπισής τους.

Abstract

The purpose of this study is to record the knowledge of junior high school students of Rhodes on issues concerning water resources with the view of developing teaching interventions in education for sustainable development. In this direction it is considered important to investigate how students perceive environmental problems, as the surveys conducted in the framework of environmental education can help improving the effectiveness of environmental programmes. The results show that the students' sample lack significantly adequate knowledge and information on environmental issues, water pollution problems, water scarcity and the ways to face these.

1. Εισαγωγή

Σε μια εποχή δυσχερών καταστάσεων σε πολλούς τομείς τόσο της κοινωνικής δομής όσο και της ομαλής λειτουργίας των οικοσυστημάτων, το μεγαλύτερο ποσοστό των κοινωνιών του δυτικού κόσμου εμμένει σε εκείνη τη διαμορφωμένη στάση, τη βασισμένη στο καπιταλιστικό, καταναλωτικό σύστημα (Huckle 2012) για απόκτηση υλικών αγαθών με υπερκαταναλωτικές συμπεριφορές (Dahl 2012). Με υπνωτισμένη συνειδητότητα αγνοεί την ανάγκη συνύπαρξης κοινωνίας και οικονομίας (OECD 2013), καθώς και το γεγονός ότι τα προβλήματα που αφορούν το περιβάλλον και την ανθρώπινη κοινωνία προέρχονται από τις επιλογές και τις εφαρμογές των δράσεων του ίδιου του ανθρώπου. Η τάση επιδείνωσης των προβλημάτων οφείλεται στην κρίση του ανθρώπινου πολιτισμού (Suzuki 2010) και ελλοχεύει κινδύνους που ενδέχεται να απειλήσουν ακόμη και την επιβίωση κάθε μορφής ζωής στον πλανήτη (Griggs et al. 2013,·IPCC 2014). Ένα από τα πλέον σοβαρά προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα σχετίζεται με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, η οποία προκαλεί ακραία καιρικά φαινόμενα, λιώσιμο των πάγων και άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Tzaberis et al. 2014,· Τζαμπερής κ.ά. 2016). Οι επιπτώσεις αυτές, σε συνδυασμό με την αστικοποίηση και την

αυξημένη παραγωγή υγρών αποβλήτων, την υποβάθμιση των υδάτινων συστημάτων, τη λειψυδρία και την ξηρασία, εγκυμονούν κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία αλλά, επίσης, απειλούν με καταστροφή και εξαφάνιση πολλά είδη της πανίδας και της χλωρίδας (Τζαμπερής & Λελέκη 2016).

Μολονότι τα διαθέσιμα αποθέματα νερού παραμένουν σταθερά, η εντατικοποίηση των δραστηριοτήτων σε όλους τους τομείς αυξάνει τη ζήτηση, με αποτέλεσμα την κατασπατάληση και τη ρύπανση του πολύτιμου αυτού αγαθού, το οποίο συμβάλλει στη διατήρηση της ισορροπίας του κλίματος μέσα από τον αέναο κύκλο του στη φύση. Κατά συνέπεια, μειώνονται δραματικά οι υπάρχουσες κατάλληλες ποσότητες γλυκού νερού τόσο των επίγειων όσο και των υπόγειων αποθεμάτων, θέτοντας συχνά σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα συνολικά του υδατικού οικοσυστήματος (Corcoran et al. 2010). Σε αυτήν τη δυσχερή κατάσταση εάν προστεθούν οι σοβαρές απώλειες από τα δίκτυα (Jones 2010), η ραγδαία παγκόσμια πληθυσμιακή αύξηση, η άνοδος του βιοτικού επιπέδου, η εντατική παραγωγή τροφής και η ταχεία βιομηχανοποίηση, γίνεται αντιληπτή η ανάγκη ανεύρεσης ουσιαστικών λύσεων για τη διαφύλαξη και την ολοκληρωμένη διαχείριση του νερού, στην οποία θα περιλαμβάνεται και η χρήση των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων που εντάσσεται στο περιβαλλοντικό, οικονομικό, θεσμικό, κοινωνικό και τεχνολογικό πλαίσιο της εκάστοτε περιοχής (Davis 2007).

Στο πλαίσιο της αποτελεσματικότερης αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών προβλημάτων και της προσέγγισης του στόχου της αειφορίας μπορεί να συνδράμει η περιβαλλοντική εκπαίδευση με τη διαμόρφωση ενημερωμένων, ικανών, ενεργών και με αυτογνωσία μαθητών, αυριανών πολιτών, οι οποίοι θα δρουν ατομικά και συλλογικά για μια καλύτερη ποιότητα ζωής. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αναδεικνύει ότι ένας μεγάλος αριθμός εργασιών έχει ασχοληθεί με τη διερεύνηση των περιβαλλοντικών γνώσεων και στάσεων στο θέμα που αφορά το νερό (Αντωνίου κ.ά. 2010· Βλόνταρτζικ & Κατσίκης 2010,· Porter et al. 2012, Δασκαλάκης 2012,· Wen & Lu, 2013,· Stevenson et al. 2014,· Σπανοπούλου 2015,· Σλαυκίδη & Ριφάκη 2015).

Εντούτοις, περιορισμένες είναι οι έρευνες που επικεντρώνονται στις γνώσεις και στάσεις μαθητών γύρω από τα θέματα πρόκλησης και αντιμετώπισης της ρύπανσης των υδάτων μέσω της επεξεργασίας αστικών λυμάτων. Το γεγονός αυτό, ερευνητικά προσελκύει το ενδιαφέρον διερεύνησης των τρόπων με τους οποίους οι μαθητές αντιλαμβάνονται τα σχετικά προβλήματα. Υπό το πρίσμα αυτό, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση των γνώσεων των μαθητών των γυμνασίων της Ρόδου σε ζητήματα που αφορούν τους υδατικούς πόρους, με απώτερο στόχο τα ευρήματα να αποτελέσουν εργαλείο για τον σχεδιασμό κατάλληλων εκπαιδευτικών παρεμβάσεων στο πλαίσιο της εκπαίδευσης για την αειφόρο ανάπτυξη.

2. Μεθοδολογία

Το δείγμα της έρευνας αποτελείται από 289 μαθητές γυμνασίων του βορείου τριγώνου της Ρόδου. Η επιλογή αυτή υπαγορεύτηκε από το γεγονός ότι συγκεντρώνει τον μεγαλύτερο πληθυσμό και κατ' επέκταση τη μεγαλύτερη κατανάλωση νερού, τις περισσότερες γεωτρήσεις, αντίστοιχη παραγωγή λυμάτων και μονάδες επεξεργασίας τους.

Για τις ανάγκες της έρευνας η μελέτη περίπτωσης επιλέχθηκε ως βασική μεθοδολογία και το ερωτηματολόγιο, το οποίο συμπεριλαμβάνει 19 κύριες, ανοιχτές και κλειστές, ερωτήσεις, ως το καταλληλότερο μέσο για την συλλογή των δεδομένων. Το εργαλείο συντάχθηκε βάσει συγκεκριμένων οδηγιών όπως αναφέρονται στη βιβλιογραφία ώστε να καλύπτει τα ερευνητικά ερωτήματα. Οι θεματικοί άξονες στους οποίους κινείται η έρευνα περιλαμβάνουν τα περιβαλλοντικά ζητήματα, τα προβλήματα ρύπανσης των υδάτων, λειψυδρίας, και τους τρόπους αντιμετώπισής τους. Το τελικό ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε κατά το διάστημα 3-29 Μαρτίου 2014.

3. Αποτελέσματα

Από τον Πίνακα 1, που αφορά βασικές πηγές ρύπανσης των υδάτων, παρατηρείται ότι το δείγμα αξιολογεί πως οι παράγοντες ρύπανσης, κατά σειρά, είναι οι γεωργικές καλλιέργειες με μ.ο. 3,65, η

κτηνοτροφία με μ.ο. 3,62, η ξηρασία με μ.ο. 3,15, τα αστικά λύματα με μ.ο. 2,12 και η βιομηχανία με μ.ο. 1,57. Ο βαθμός ρύπανσης για τις τρεις πρώτες κατηγορίες εμφανίζεται μεταξύ «πάρα πολύ» και «αρκετά», ενώ για τα υπόλοιπα μεταξύ «μέτρια» και «λίγο».

Πίνακας 1: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις σχετικά με τους παράγοντες ρύπανσης

Παράγοντες	**Βιομηχανία**	**Ξηρασία**	**Κτηνοτροφία**	**Αστικά λύματα**	**Γεωργικές καλλιέργειες**
Μέσος όρος	1,57	3,15	3,62	2,12	3,65
Τυπική απόκλιση	0,815	1,195	0,990	1,078	1,172

Από τα δεδομένα του Πίνακα 2 προκύπτει ότι μεγάλο ποσοστό των μαθητών (67,1%) δήλωσε σωστά τη διατάραξη της θαλάσσιας βιοποικιλότητας ως βασική επίπτωση από τη διοχέτευση ακατέργαστων λυμάτων στη θάλασσα, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό (72,7%) δήλωσε λανθασμένα τις επιπτώσεις στην υγεία από μολυσματικές ασθένειες.

Πίνακας 2: Κατανομή συχνοτήτων και ποσοστών σχετικά με τη ρύπανση των υδάτων

Επιπτώσεις διοχέτευσης λυμάτων στη θάλασσα	**Ναι**		**Όχι**	
	N	**%**	**N**	**%**
Ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα	163	56,4	126	43,6
Διάφορες επιδημίες	113	39,1	176	60,9
Διατάραξη της θαλάσσιας βιοποικιλότητας	194	67,1	95	32,9
Επιπτώσεις στην υγεία από μολυσματικές ασθένειες	210	72,7	79	27,3
Επιπτώσεις στην οικονομική δραστηριότητα των ψαράδων	169	58,5	120	41,5

Στον Πίνακα 3 συνοψίζονται οι επιλογές αξιολόγησης των συμμετεχόντων για ζητήματα λειψυδρίας. Βάσει των αποτελεσμάτων παρατηρείται ότι το δείγμα αξιολογεί τις γνώσεις του κατά σειρά ως εξής: η «επάρκεια νερού στο νησί μας» επιλέγεται με μ.ο. 2,36, ο «κύκλος του νερού» με μ.ο. 2,43, οι «πηγές ρύπανσης των υδάτων» με μ.ο. 2,53, η «εξοικονόμηση νερού» με μ.ο. 2,49 και η «χρήση του ανακτημένου νερού από τον βιολογικό καθαρισμό για χώρους πρασίνου και πυρόσβεση» με μ.ο. 3,13. Ο βαθμός γνώσεων για τις τέσσερις πρώτες κατηγορίες εμφανίζεται μεταξύ των βαθμών «αρκετά» και «μέτρια» ενώ για την τελευταία προσδιορίζεται μεταξύ του «μέτρια» και του «λίγο».

Πίνακας 3: Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις σχετικά με ζητήματα που αφορούν τη λειψυδρία

Ζητήματα νερού	**Επάρκεια**	**Πηγές ρύπανσης**	**Εξοικονόμηση**	**Χρήση ανακτημένου νερού**	**Κύκλος του νερού**
Μέσος όρος	2,36	2,53	2,49	3,13	2,43
Τυπική απόκλιση	1,143	0,982	1,068	1,070	1,228

Πίνακας 4: Καταγραφή δηλώσεων σχετικά με τη λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού

Γνώσεις για τη λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού (αυτοαναφορά)	**N**	**%**
Ναι	45	15,6
Όχι	240	83,0
Δεν απάντησαν	4	1,4
Σύνολο	289	100,0

Αναφορικά με τα θέματα επεξεργασίας αστικών λυμάτων, από την απεικόνιση των δεδομένων του Πίνακα 4 διαπιστώνεται πως η συντριπτική πλειονότητα, με ποσοστό 83,0% δηλώνει ότι δεν γνωρίζει σε τι συντελεί η λειτουργία αυτών των εγκαταστάσεων και μόλις το 15,6% δηλώνει ότι γνωρίζει για τις επιτελούμενες διεργασίες σε αυτούς τους χώρους.

Στην υποερώτηση «Αν ναι, σημείωσε», οι απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν σε επαρκή και λανθασμένη αιτιολόγηση. Από την ανάλυση των δεδομένων (Πίνακας 5) διαπιστώνεται ότι, από το 15,6% που δήλωσε «Ναι», μόνο μικρό ποσοστό του δείγματος (6,6%) παρουσιάζεται με επαρκή αιτιολόγηση, ενώ το 9% με λανθασμένη.

Πίνακας 5: Τεκμηρίωση των γνώσεων για τη λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού

Γνώσεις για βιολογικό καθαρισμό	**N**	**%**
Επαρκής αιτιολόγηση	19	6,6
Λανθασμένη αιτιολόγηση	26	9,0
Δεν απάντησαν	244	84,4

4. Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας, παρατηρείται ότι η πλειονότητα των μαθητών παρουσιάζει σημαντικές ελλείψεις και παρανοήσεις στις γνώσεις της για θέματα ποιότητας και επάρκειας νερού στο νησί της Ρόδου. Οι μαθητές φαίνεται να γνωρίζουν ότι τα αστικά λύματα αποτελούν παράγοντα που ρυπαίνει σε σημαντικό βαθμό τον πλανήτη. Επίσης, αναγνωρίζουν ως συνέπειες τη διατάραξη της θαλάσσιας βιοποικιλότητας και τις αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία από τη διοχέτευση ανεπεξέργαστων λυμάτων στη θάλασσα. Επιπλέον, θεωρούν ότι κατέχουν γνώσεις σχετικά με τη λειψυδρία, οι οποίες αφορούν την επάρκεια, την εξοικονόμηση και την ανάκτηση νερού. Περιορισμένα άτομα του δείγματος φαίνεται να γνωρίζουν ότι οι μελλοντικές συγκρούσεις θα γίνουν για το νερό, ότι η συμπεριφορά των πολιτών μπορεί να προκαλέσει λειψυδρία σε μια περιοχή, και ελάχιστοι γνωρίζουν για τη δυνατότητα ανακύκλωσης των λυμάτων.

5. Βιβλιογραφία

Αντωνίου, Θ., Τζαμπερής, Ν. & Τζαμπερή, Ν. (2010). Διερευνώντας τις γνώσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη ρύπανση των υδάτων και την εκπαίδευση για αειφορία. Εισήγηση που παρουσιάστηκε στο 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΠΕΕΚΠΕ «*Το Σταυροδρόμι της Εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη*». Ιωάννινα.

Βλόνταρτζικ, Π. & Κατσίκης, Α. (2010). Νερό: Χαρακτηριστικά, Αξία, Διαχείριση. Ένα Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Ενημέρωσης- Ευαισθητοποίησης- Δράσης. Εισήγηση που παρουσιάστηκε στο 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΠΕΕΚΠΕ «*Το Σταυροδρόμι της Εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη*». Ιωάννινα, 26-28 Νοεμβρίου.

Δασκαλάκης, Π. (2012). Καλές πρακτικές και δράσεις που εφαρμόζονται στα πλαίσια του Περιφερειακού Θεματικού Δικτύου "Υγροτ(ρ)οπο…ποιώ τη συμπεριφορά μου". Εισήγηση που παρουσιάστηκε στο 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΠΕΕΚΠΕ *«Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία στη σημερινή πραγματικότητα "Η εμπειρία του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος"»*. Θεσσαλονίκη, 30 Νοεμβρίου – 1 & 2 Δεκεμβρίου.

Σλαυκίδης, Γ. & Ριφάκη, Ν. (2015). "Λειψυδρία στη Νεροχώρα!": Ένα εκπαιδευτικό υλικό για την αειφορική διαχείριση του νερού που αξιοποιεί το εκπαιδευτικό δράμα. Εισήγηση που παρουσιάστηκε στο 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΠΕΕΚΠΕ *«Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Εκπαίδευση για την Αειφορία. Αλλάζοντας στάσεις και συμπεριφορές μέσα από εκπαιδευτικά προγράμματα, έρευνα, σχολικά δίκτυα, δράσεις και δραστηριότητες στην Ελλάδα»*. Βόλος, 8-10 Μαΐου.

Σπανοπούλου, Κ. (2015). Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και αναλυτικό πρόγραμμα του Νηπιαγωγείου: Εκπαιδευτικές δραστηριότητες με θέμα το νερό και τις κρήνες του Πηλίου. Εισήγηση που παρουσιάστηκε στο 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΠΕΕΚΠΕ *«Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Εκπαίδευση για την Αειφορία. Αλλάζοντας στάσεις και συμπεριφορές μέσα από εκπαιδευτικά προγράμματα, έρευνα, σχολικά δίκτυα, δράσεις και δραστηριότητες στην Ελλάδα»*. Βόλος, 8-10 Μαΐου.

Τζαμπερής, Ν. & Λελέκη, Μ. (2016). Από τη ρύπανση του χθες στην ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση του νερού σήμερα: Μια αειφορική προσέγγιση. *8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Οικολογίας*. Θεσσαλονίκη, 20-23 Οκτωβρίου 2016.

Τζαμπερής, Ν., Μόγιας, Α. & Παπαβασιλείου, Β. (2016). Διερεύνηση γνώσεων των μαθητών της Ρόδου για θέματα ρύπανσης και διαχείρισης των υδάτων. Στο Ε. Θεοδωροπούλου, Π. Φώκιαλη, Β. Παπαβασιλείου & Μ. Καΐλα, *Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Αειφόρος Ανάπτυξη: Κείμενα Προβληματισμού με Καινοτόμες Προσεγγίσεις* (σσ. 543-563). Αθήνα: Διάδραση.

Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D. & Savelli, H. (eds). (2010). *Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development. A Rapid Response Assessment.* United Nations Environment Programme, UN-HABITAT, GRID-Arendal.

Dahl, A. (2012). Alternatives to the consumer society. Paper presented at the *PERL 2nd International Conference*, Berlin, 19-20 March 2012.

Davis, M. (2007). Integrated water resource management and water sharing. *Journal of Water Resources Planning and Management, 133*(5), 427-445.

Griggs, D., Stafford-Smith, M., Gaffney, O., Rockström, J., Öhman, M. C. et al. (2013). Policy: Sustainable development goals for people and planet. *Nature, 495*, 305–307.

Huckle, J. (2012). Even more sense and sustainability. *Environmental Education Research*. 18/6, 845-858.

IPCC-Intergornmental Panel on Climate Change (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability.* IPCC. Accessed on 29/7/2014 at http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/.

Jones, J. A. A. (2010). *Water sustainability. A global perspective.* London: Hodder education.

OECD-Organisation for Economic Co-operation and Development (2013). *OECD Work on Environment.*

Brochure. Ανάσυρση στις 20/3/2013 από http://www.oecd.org/environment/2013-2014Brochure.pdf

Porter, D., Weaver, A. J. & Raptis, H. (2012). Assessing students' learning about fundamental concepts of climate change under two different conditions. *Environmental Education Research, 18*(5), 665-686.

Stevenson, K. T., Peterson, N. M., Carrier, S. J., Strnad, R. L., Bondell, H. D., Kirby-Hathaway, T. & Moore, S. E. (2014). Role of significant life experiences in building environmental knowledge and behavior among middle school students. *The Journal of Environmental Education, 45*(3), 163-177.

Suzuki, D. (2010). *The legacy. An elder's vision for our sustainable future*. Greystone Books.

Tzaberis, N., Xenitidou, S. & Mogias, A. (2014). The contribution of education for sustainable development in addressing ethical issues of climate change. *ADAPTtoCLIMATE Conference*. Nicosia, Cyprus, 27-28 March 2014.

Wen, W. & Lu, S. (2013). Marine environmental protection knowledge, attitudes, behaviors, and curricular involvement of Taiwanese primary school students in senior grades. *Environmental Education Research, 19*(5), 600-619.

ΕΝΤΑΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΚΑΙ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ 3Δ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ ΓΙΑ ΤΙΣ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΣΕΛΗΝΗΣ

Ελένη Μαθιουδάκη[1], Ηλίας Καρασαββίδης[1], Βασίλης Κόλλιας[2]

[1]ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Από την εμπειρική έρευνα προκύπτει πως, ενώ σε μικρές ηλικίες τα παιδιά έχουν πολλές παρανοήσεις για τις φάσεις της Σελήνης, αυτές μπορούν να αντιμετωπιστούν με κατάλληλα σχεδιασμένες διδακτικές παρεμβάσεις. Η χρήση 3Δ μοντέλων κλίμακας που προτείνεται από τη βιβλιογραφία μπορεί να επιτευχθεί σε πολύ ικανοποιητικό βαθμό διαμέσου ψηφιακού εκπαιδευτικού παιχνιδιού. Η εργασία αυτή παρουσιάζει τη συλλογιστική σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός τέτοιου παιχνιδιού για τη διδακτική προσέγγιση των φάσεων της Σελήνης συνδυάζοντας σχεδιαστικές αρχές από τις επιστήμες της μάθησης, της εννοιολογικής αλλαγής και των σοβαρών ψηφιακών παιχνιδιών.

Abstract

According to the literature on young children's ideas about Astronomical phenomena, children have various alternative conceptions about the lunar cycle. As the research literature suggests, appropriately designed instructional interventions can help overcome children's intuitive conceptions of the phenomenon. What appears to be particularly conducive to understanding is the use of 3D models of the earth and the moon. This paper focuses on the design, development, and evaluation of a serious game for learning the lunar cycle phenomenon. The paper outlines the rationale underlying the design of the game in relation to principles derived from the learning sciences, conceptual change, and serious game design.

1. Εισαγωγή

Σειρά εμπειρικών ερευνών έχει δείξει ότι η κατανόηση των φάσεων της σελήνης είναι ιδιαίτερα απαιτητική για παιδιά μικρών ηλικιών (Baxter 1989, Driver et al. 2005, Dunlop 2000). Παρότι τα παιδιά προτείνουν διάφορες ερμηνείες του φαινομένου, οι συχνότερες παρανοήσεις για τις ηλικίες 9-16 είναι οι εξής:

- τα σύννεφα καλύπτουν ένα μέρος της Σελήνης που δεν είναι ορατό
- η σκιά των πλανητών πέφτει στη Σελήνη
- η σκιά του ήλιου πέφτει πάνω στη Σελήνη
- η σκιά της γης πέφτει πάνω στη Σελήνη (Baxter, 1989)

Η ορθή κατανόηση των σεληνιακών φάσεων προϋποθέτει την κατανόηση (α) της σκίασης μιας σφαίρας που κινείται σε σχέση με μια μακρινή πηγή φωτός και (β) το πώς η σφαίρα αυτή φαίνεται σε ένα παρατηρητή του οποίου η θέση και ο προσανατολισμός αλλάζουν διαρκώς. Μάλιστα, η κατανόηση του πώς συνδέονται λογικά η οπτική του συστήματος Γης-Σελήνης από

έναν εξωτερικό παρατηρητή ακίνητο ως προς τον Ήλιο με την οπτική από το Γήινο παρατηρητή είναι εξαιρετικά απαιτητική.

Διάφορες πηγές (π.χ. National Science Education Standards 1996, AAAS, 1993) συγκλίνουν ως προς το γεγονός ότι οι μαθητές εξοικειώνονται μεν αρχικά με τον σεληνιακό κύκλο στα χρόνια της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, αλλά αναπτύσσουν τα κατάλληλα νοητικά μοντέλα για την ερμηνεία του φαινομένου σε επίπεδο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η εμπειρική έρευνα δείχνει μπορεί να γίνει άρση των παρανοήσεων μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες διδακτικές παρεμβάσεις (Kavanagh et al. 2005). Ειδικότερα, προκύπτει πως δραστηριότητες που περιλαμβάνουν την παρατήρηση του ουρανού και τη χρήση τρισδιάστατων μοντέλων μπορούν να συνεισφέρουν αποτελεσματικά στην κατανόηση του φαινομένου. Μάλιστα, συνίσταται ιδιαίτερα η χρήση τρισδιάστατων μοντέλων κλίμακας Γης και Σελήνης ώστε να διακρίνεται ευκρινώς το σκιασμένο από το μη σκιασμένο μέρος της Σελήνης κατά την περιστροφή της γύρω από τη Γη.

Η τεχνολογία μπορεί να ικανοποιήσει την ανάγκη αυτή δεδομένου ότι μπορεί να υποστηρίξει τη ρεαλιστική οπτικοποίηση του φαινομένου σε 3Δ επίπεδο. Παράλληλα, η τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει στην υλοποίηση νέων, διερευνητικών διδακτικών-μαθησιακών πρακτικών οι οποίες δεν μπορούν να υλοποιηθούν σε πραγματικό χρόνο σε μακροσκοπικό επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα, η τεχνολογία μπορεί να συνεισφέρει καταλυτικά στην προσέγγιση του φαινομένου καθώς επιτρέπει τον συνδυασμό πολλαπλών αναπαραστάσεων για το φαινόμενο, τη δυναμική αναπαράσταση του φαινομένου, τη συγκριτική αντιπαραβολή αναπαραστάσεων (π.χ. οπτική παρατηρητή από τη Γη σε σχέση με την οπτική παρατηρητή από το διάστημα), την εξερεύνηση του μοντέλου μέσα από χρήση διαφορετικών συστημάτων αναφοράς (Γη, Σελήνη, Ήλιος), την αλλαγή χρονικής κλίμακας (π.χ. επιβράδυνση ή επιτάχυνση περιστροφής Σελήνης) και την αλληλεπιδραστική εξερεύνηση του μοντέλου (π.χ. αλλαγή παραμέτρων περιστροφής). Τα τεχνολογικά εργαλεία που μπορούν να αξιοποιηθούν για τους παραπάνω σκοπούς περιλαμβάνουν – μεταξύ άλλων – τα ψηφιακά εκπαιδευτικά παιχνίδια. Η παρούσα εργασία εστιάζεται στην αξιοποίηση των Ψηφιακών Παιχνιδιών (ΨΠ) στη μελέτη του φαινομένου του Σεληνιακού κύκλου.

Τα ΨΠ παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς παρέχουν περιβάλλοντα από τα οποία μπορεί να προκύψει μάθηση που είναι – μεταξύ άλλων – αυθεντική, νοηματοδοτημένη, πλαισιωμένη, πολυτροπική και ενεργητική-κριτική (Gee 2014). Ωστόσο, η επίτευξη της «εμπειρίας του παιγνιδιού» θέτει τους δικούς της σχεδιαστικούς περιορισμούς και επομένως αναδύεται ένα ενδιαφέρον ερώτημα σχετικό με την ταυτόχρονη υποστήριξη των μαθησιακών στόχων και των στόχων «εμπειρίας παιγνιδιού». Ειδικότερα, στην εργασία αυτή παρουσιάζεται ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η πιλοτική αξιολόγηση ενός ψηφιακού παιχνιδιού που στοχεύει τόσο στην αντιμετώπιση κάποιων από τις παρανοήσεις που έχουν οι μαθητές για τις φάσεις της σελήνης όσο και στη δημιουργία νέων, ακριβέστερων νοητικών μοντέλων. Το παιχνίδι αναμένεται να χρησιμοποιηθεί ως ένα εναλλακτικό εργαλείο κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας ΦΕ στην ενότητα της Αστρονομίας.

2. Μεθοδολογία – Στόχοι και Αρχές Σχεδιασμού

Το σενάριο του παιχνιδιού αφορά την προσπάθεια ενός μικρού παιδιού που αντιλαμβάνεται την αλλαγή του σεληνιακού κύκλου και προσπαθεί να τον επαναφέρει στην κανονικότητα. Για να πετύχει τον αντικειμενικό αυτό στόχο, το παιδί θα πρέπει να αντιμετωπίσει κάποια εμπόδια χρησιμοποιώντας διάφορα παρεχόμενα εργαλεία όπως πίνακες αναφοράς σεληνιακού ημερολογίου, σεληνιακού βιβλίου, τροχιάς Σελήνης, τροχιάς Γης κ.α.. Το παιχνίδι απευθύνεται σε μαθητές Ε' Δημοτικού και αποσκοπεί:

- στην εξοικείωση με τις φάσεις της Σελήνης ως αστρονομικό φαινόμενο
- στην αναγνώριση των 4 κυριότερων φάσεων της Σελήνης και της ορθής διαδοχής τους τόσο βιωματικά όσο και στο Ηλιακό Σύστημα

- στην κατανόηση ότι οι φάσεις της Σελήνης είναι αποτέλεσμα της γωνίας θέασης του παρατηρητή

Για τον σχεδιασμό του παιχνιδιού χρησιμοποιείται το μοντέλο IGENAC (Integrated Game Elements, Nararative and Content, Karasavvidis et al. 2016). Το μοντέλο αυτό επιτρέπει τη σύνδεση αφηγηματικών, μαθησιακών και συμβατικών στοιχείων παιχνιδιού. Ιδιαίτερη μέριμνα δίνεται στην εσωτερική ενσωμάτωση (intrinsic integration) του προς μάθηση περιεχομένου στο αφηγηματικό πλαίσιο του παιχνιδιού. Το συγκεκριμένο μοντέλο βασίζεται στην Κοινωνικο-Πολιτισμική θεωρία (Vygotsky 1978, 1987). Ειδικότεραυιοθετώντας το θεμελιώδες σχήμα της κοινωνικοπολιτισμικής θεωρίας (Υποκείμενο - Διαμεσολαβητικό Εργαλείο - Αντικείμενο), ο παίχτης (υποκείμενο) έχει στη διάθεση του εργαλεία, τα οποία μπορεί να χρησιμοποιήσει οργανικά (διαμεσολάβηση), για να ξεπεράσει τα τιθέμενα εμπόδια και να φτάσει στην επίτευξη του τελικού στόχου (αντικειμενικός σκοπός), κατακτώντας με τον τρόπο αυτό τις απαιτούμενες έννοιες (γνωστικό περιεχόμενο). Το συγκεκριμένο μοντέλο σχεδιασμού υιοθετήθηκε επειδή ανταποκρίνεται επαρκώς στις 5 σημαντικότερες προκλήσεις σοβαρών ψηφιακών παιχνιδιών: ενσωμάτωση περιεχομένου, ενσωμάτωση αντιλήψεων μαθητή για το περιεχόμενο, σχεδιασμός διδασκαλίας, σχεδιασμός μάθησης, και εννοιοποίηση μάθησης (Karasavvidis, , in press).

3. Αποτελέσματα

Ο σχεδιασμός του παιχνιδιού έχει ολοκληρωθεί και βρισκόμαστε στη δεύτερη φάση που περιλαμβάνει τη δημιουργία των απαιτούμενων πόρων (game assets) και τον προγραμματισμό της λογικής του παιχνιδιού (game logic). Ο σχεδιασμός του παιγνιδιού ανέδειξε ενδιαφέρουσες εντάσεις μεταξύ των αρχών σχεδιασμού διερευνητικών περιβαλλόντων μάθησης για εννοιολογική αλλαγή και των αρχών σχεδιασμού σοβαρών ψηφιακών παιχνιδιών. Για παράδειγμα, ενσωματώθηκαν στοιχεία που επιτάσσει η βιβλιογραφία των επιστημών της μάθησης και εννοιολογικής αλλαγής (π.χ. ενσωμάτωση στο σενάριο του παιχνιδιού της κυρίαρχης παρανόησης, δυνατότητες διερεύνησης όπως επιλογή διαφορετικής οπτικής, χρονικής κλίμακας κτλ). Ωστόσο, η υιοθέτηση αυτών των στοιχείων αύξησε σημαντικά τον βαθμό πολυπλοκότητας του παιχνιδιού, δημιουργώντας εντάσεις με τις καλές πρακτικές που προτείνονται από τη βιβλιογραφία των ΨΠ. Η επόμενη φάση περιλαμβάνει την πιλοτική αξιολόγηση του παιχνιδιού με μαθητές Ε’ τάξης ώστε να αξιολογηθεί (α) η εμπειρία παιγνιδιού και (β) η επίτευξη των μαθησιακών στόχων του λογισμικού.

4. Συμπεράσματα

Η διαδικασία σχεδιασμού και ανάπτυξης του Ψ.Π. αναδεικνύει εντάσεις από την εφαρμογή καλών πρακτικών που προέρχονται από διαφορετικά επιστημονικά πεδία .

5. Βιβλιογραφία

American Association for the Advancement of Science. (1994). *Benchmarks for science literacy*. Oxford University Press.

Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11(5), 502-513.

Driver, R., Rushworth, P., Squires, A. & Wood-Robinson, V. (Eds.). (2005). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge.

Dunlop, J. (2000). How children observe the universe. *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 17(02), 194-206.

Gee, J. P. (2014). *What video games have to teach us about learning and literacy*. Macmillan. Karasavvidis, I., Petrodaskalaki, E. & Theodosiou, S. (2016). *IGENAC: A model for serious game design*. Manuscript submitted for publication.

Karasavvidis, I. (in press). *Educational Serious Games Design: An Overview*. In M. Khosrow-Pour (Ed.), Encyclopedia of Information Science and Technology, 4th edition. Kavanagh, C., Agan, L. & Sneider, C. (2005). Learning about phases of the moon and eclipses: A guide for teachers and curriculum developers. *Astronomy Education Review*, *4*(1), 19-52.

National Science Teachers Association. (1996). National science education standards. *Retrieved June, 12*, 2016 https://www.nap.edu/catalog/4962/national-science-education-standards

Vygotsky, L.S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Souberman, Eds. & Translators). Harvard University Press.

Vygotsky, L.S. (1987). *The Collected Works of L.S. Vygotsky*. Vol. 1. Problems of General Psychology (Rieber, R.S. & Carton, A.S. Eds.;. N. Minick Trans). NY: Plenum Press.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΔΥΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΕΞ ΑΠΟΣΤΑΣΕΩΣ ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΩΝ ΡΕΥΣΤΩΝ

Αναστάσιος Μολοχίδης[1], Απόστολος Παρασκευάς[2], Δημήτρης Ψύλλος[3]

[1]Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[2]Σχολικός Σύμβουλος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης
[3]ΠΤΔΕ, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετώνται δυο μελέτες περίπτωσης εξ αποστάσεως επιμόρφωσης εν ενεργεία εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην περιοχή της φυσικής των ρευστών. Ειδικότερα επιχειρήθηκε η σύγκριση δύο επιμορφωτικών προγραμμάτων εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, στηριζόμενα σε συναφείς σχεδιαστικές αρχές, απευθυνόμενα σε παρόμοιους πληθυσμούς, με βασική διαφοροποίηση το τεχνολογικό μέσο που υλοποιούσε τα προγράμματα. Και στις δυο μελέτες περίπτωσης χρησιμοποιήθηκε το ίδιο μαθησιακό υλικό, με κοινά έργα αυτοαξιολόγησης, προκειμένου να μελετηθεί η γνωστική πρόοδός τους, αλλά εφαρμόστηκε σε διαφορετικά δείγματα εκπαιδευτικών και σε διαφορετικές χρονικές στιγμές.

Abstract

This paper reports two case studies concern distance learning education for in service primary teachers in the area of fluids. Specifically attempted to compare two training distance education programs, building on similar design principles, addressed in similar populations, with key differentiation the technological means based on. In both case studies, we used the same learning material with common self-evaluation tasks in order to study teachers' cognitive progress but applied to different samples of teachers and at different times.

1. Εισαγωγή

Οι φορείς υλοποίησης επιμορφωτικών προγραμμάτων καταγράφουν τις εκπαιδευτικές ανάγκες των εκπαιδευτικών, προκειμένου να σχεδιάσουν και να υλοποιήσουν προγράμματα, με στόχο την αποδοχή και την εμπλοκή των συμμετεχόντων με αυτά. Τα τελευταία χρόνια δοκιμάζονται μικτές ή υβριδικές μορφές (blended learning) που συνδυάζουν δραστηριότητες δια ζώσης, υλοποιούμενες σε παραδοσιακούς χώρους διδασκαλίας (αίθουσες ή εργαστήρια) με δραστηριότητες εξ αποστάσεως με την υποστήριξη τεχνολογικών μέσων (Ginns & Ellis 2007). Στις μικτές επιμορφώσεις η υποστήριξη εξασφαλίζεται με δια ζώσης συναντήσεις, όπου συζητιούνται και επιλύονται γνωστικά ή τεχνικά προβλήματα αλλά και με εξ αποστάσεως δραστηριότητες με τη χρήση διαδικτυακών μαθησιακών περιβαλλόντων, που συνήθως περιλαμβάνουν εικονικούς χώρους συζήτησης, εργαλεία σύγχρονης και ασύγχρονης επικοινωνίας κλπ. Βασική παράμετρος στην εξ αποστάσεως διαδικασία είναι η υποστήριξη που πρέπει να έχουν οι συμμετέχοντες προκειμένου να ολοκληρώσουν κύκλους σπουδών ή να επιμορφωθούν σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα με επιτυχία (Fozdar & Kumar 2007). Σήμερα, με την ανάπτυξη των MOOC (massive open online courses), όπως π.χ. της πλατφόρμας BSCW,

που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία ή της πλέον πρόσφατης πλατφόρμας Moodle, δίνεται η δυνατότητα της ολοκλήρωσης των πλεονεκτημάτων της κοινωνικής δικτύωσης με μια απεριόριστη προσπελάσιμη βιβλιοθήκη πηγών μέσα από την υποστήριξη ειδικών σε σχετικά πεδία.

Ένα βασικό ερώτημα που προκύπτει με τη συνεχή εξέλιξη των τεχνολογικών μέσων πάνω στα οποία στηρίζονται οι διάφορες φάσεις ενός εξ αποστάσεως προγράμματος, είναι κατά πόσο με την υιοθέτηση ενός νέου τεχνολογικού μέσου οδηγούμαστε σε νέους σχεδιασμούς, και συνακόλουθα ανάπτυξη νέων προγραμμάτων, προσαρμοσμένα στο νέο μέσο, ή σε επανασχεδιασμούς, προσαρμόζοντας το νέο τεχνολογικό μέσο στις σχεδιαστικές αρχές δοκιμασμένων προγραμμάτων, με την παράλληλη ανάπτυξη νέων υλικών. Είναι φανερό ότι η δεύτερη περίπτωση συνεπάγεται επαναπροσδιορισμό παλαιοτέρων επιμορφωτικών προτάσεων και ως εκ τούτου οικονομία σε πόρους. Έτσι στην περίπτωση ανάπτυξης προγραμμάτων μέσα από πλατφόρμες όπως BSCW, Moodle κλπ, πιθανόν να αρκεί ένας επανασχεδιασμός ενός ήδη επιτυχημένου προγράμματος και εκ νέου διευθέτηση των υλικών που το απαρτίζουν, αναδεικνύοντας τα χαρακτηριστικά της εκάστοτε πλατφόρμας BSCW ή Moodle κλπ, και όχι εξ αρχής σχεδιασμός και ανάπτυξη ενός νέου προγράμματος.

Η παραπάνω θέση έρχεται σε συμφωνία με την άποψη που θέλει το μέσο ως όχημα που υποστηρίζει εποικοδομητικά μαθησιακά περιβάλλοντα (Jonassen et al. 1994) αλλά και με την θεώρηση του Rogers περί διάχυσης καινοτομιών μέσα από προσαρμογή και επανεπινόηση ("Adaptation and Re-Invention" (ARI) model) (Rogers 1983), με στόχο την βελτίωση συγκεκριμένων όψεων της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Perkins 2011). Στο θεωρητικό μοντέλο ARI, μάλιστα, στηρίζονται προσπάθειες που γίνονται τα τελευταία χρόνια στην εκπαίδευση για έλεγχο μεταφερσιμότητας «καλών πρακτικών» από ένα εκπαιδευτικό σύστημα σε άλλο. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο κάποια στοιχεία μιας (επιτυχημένης) μαθησιακής σειράς (πχ. έννοιες υπό διαπραγμάτευση, παιδαγωγική προσέγγιση, κατάλληλα υλικά, σειρά δραστηριοτήτων) αναγνωρίζονται ως θεμελειώδη και υιοθετούνται σε μια νέα σε διαφορετικό περιβάλλον αναπτυγμένη μαθησιακή σειρά (Testa et al. 2012).

2. Μεθοδολογία

Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η σύγκριση δύο επιμορφωτικών προγραμμάτων εξ αποστάσεως εκπαίδευσης, στηριζόμενα σε συναφείς σχεδιαστικές αρχές, απευθυνόμενα σε παρόμοιους πληθυσμούς, με βασική διαφοροποίηση το τεχνολογικό μέσο που υλοποιούσε τα προγράμματα. Η πρώτη μελέτη περίπτωσης ήταν μια κλασσικού τύπου εξ αποστάσεως διαδικασία ενώ η δεύτερη μια αντίστοιχη υβριδικού χαρακτήρα. Ειδικότερα μελετήθηκαν τα βήματα σχεδιασμού, η μεθοδολογία υλοποίησης, η εφαρμογή και τα αποτελέσματα που συλλέχτηκαν και αναλύθηκαν σχετικά με τη γνωστική πρόοδο των συμμετεχόντων καθώς και με την εμπλοκή των συμμετεχόντων στις διαδικασίες, προκειμένου να εξαχθούν χρήσιμα αποτελέσματα για τις μετατροπές – προσαρμογές που έγιναν από την πρώτη στην δεύτερη μορφή επιμόρφωσης.

Ερευνητικό ερώτημα

Το ερευνητικό ερώτημα είναι αν αλλάζοντας την τεχνολογική υποστήριξη μιας διδακτικής σειράς εξ αποστάσεως επιμόρφωσης, δομημένη με σαφείς σχεδιαστικές αρχές, από κλασσική σε υβριδική, επιφέρονται συγκρίσιμα αποτελέσματα τόσο σε επίπεδο γνώσεων όσο και σε επίπεδο καταλληλότητας και αποδοχής της μαθησιακής διαδικασίας.

Δείγμα

Το δείγμα ήταν 96 εν ενεργεία εκπαιδευτικοί στην α' περίπτωση και 24 (διαφορετικοί) στην β' περίπτωση. Στην πλειοψηφία οι εκπαιδευτικοί ήταν απόφοιτοι των Παιδαγωγιών Ακαδημιών, που παρακολουθούσαν διετή επιμόρφωση – μετεκπαίδευση στο Πανεπιστήμιο (Διδασκαλείο

Δημ. Γληνός). Τα δείγμα αφορούσε εκπαιδευτικούς και των δυο φύλων, ισομερώς κατανεμημένους, οι οποίοι μετακινούνταν σε ημερήσια βάση από άλλες πόλεις της ευρύτερης περιφέρειας. Η αξιολόγηση των δεδομένων που αφορούσαν τη γνωστική πρόοδο των συμμετεχόντων υλοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου SPSS και ειδικότερα με το στατιστικό κριτήριο x^2 για την α' περίπτωση και με την μη παραμετρική ανάλυση - δοκιμασία συσχέτισης Mann & Whitney U test για την β' περίπτωση, προκειμένου να μελετηθεί η στατιστική σημαντικότητα των ευρημάτων.

Σχεδίαση της παρέμβασης

Ως αντικείμενο της επιμορφωτικής παρέμβασης επιλέχτηκε η φυσική των ρευστών και ειδικότερα οι έννοιες της πίεσης στα ρευστά και η άνωση, γνωστική περιοχή που περιέχει έννοιες και αρχές υψηλού βαθμού αφαίρεσης, για τις οποίες χρειάζονται κατάλληλες διδακτικές προσεγγίσεις ώστε να γίνουν κατανοητές.
Και στις δυο μελέτες περίπτωσης υιοθετήθηκαν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά όπως: το περιεχόμενο και τα έργα, τα ερωτήματα αξιολόγησης της καταλληλότητας της μαθησιακής σειράς, η υποχρεωτική συμπλήρωση ημερολογίων καταγραφής δραστηριοτήτων κλπ. Οι διαφοροποιήσεις στις δυο μελέτες εστιάζονται κυρίως: στη μορφή που είχε το μαθησιακό υλικό και στον τρόπο διανομής του: στην α' περίπτωση ήταν ένα πακέτο με απλά υλικά και οδηγίες σε έντυπη μορφή που δινόταν στους συμμετέχοντες δια ζώσης, ενώ στη β' περίπτωση όλο το έντυπο υλικό ήταν σε ψηφιακή μορφή και "ανεβασμένο" στο διαδικτυακό μαθησιακό περιβάλλον BSCW. Τέλος η υποστήριξη στην α' περίπτωση περιλάμβανε μια δια ζώσης συνάντηση (αρχική, για την παραλαβή του υλικού καθώς και οδηγιών εμπλοκής) ενώ στη β' περιλάμβανε και ενδιάμεσες δια ζώσης συναντήσεις, για επίλυση τεχνικών θεμάτων, αλλά και δυνατότητες εξ αποστάσεως υποστήριξης με τα εργαλεία του διαδικτυακού μαθησιακού περιβάλλοντος (τηλεδιάσκεψη (skype), email και forum).

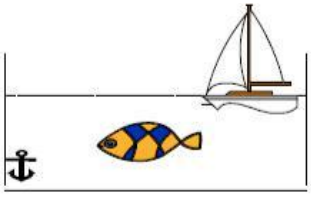
Εργαλεία

Η διερεύνηση του ερευνητικού ερωτήματος όσον αφορά το επίπεδο γνώσεων, υλοποιήθηκε με τη συμπλήρωση κοινών γραπτών ερωτηματολογίων, πριν (pre) και μετά (post) την εμπλοκή με την επιμορφωτική διαδικασία. Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων υλοποιήθηκε δια ζώσης. Κοινά γραπτά ερωτηματολόγια δόθηκαν στους επιμορφούμενους και στα πλαίσια της διερεύνησης της αποδοχής της εξ αποστάσεως μαθησιακής διαδικασίας, για να την αξιολογήσουν ως προς κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που χρησιμοποιούνται σε προγράμματα ανοικτής και εξ αποστάσεως εκπαίδευσης (Gabrielle 2001), όπως η αποδοχή αυτής της ίδιας της διαδικασίας, με κριτήρια καταλληλότητας και εμπλοκής.
Λόγω περιορισμού της έκτασης συγγραφής ενδεικτικά περιγράφεται παρακάτω το έργο 3 που αφορά την άνωση με τα υπό-ερωτήματα 3.1, 3.2 και 3.3 ανά σώμα (σχήμα 1).

Σχήμα 1: Το έργο 3 με τα υπό-ερωτήματα 3.1 (άγκυρα), 3.2 (ψάρι) και 3.3 (πλοίο)

Έργο Τ.5.3

Στο διπλανό σχήμα φαίνονται, σ' ένα τμήμα της θάλασσας, μια άγκυρα, ένα ψάρι και ένα πλοίο. Ποια είναι **η σχέση άνωσης (Α) - βάρους (Β)** σε καθένα από τα τρία σώματα; (Σημείωσε με ένα √ στο αντίστοιχο κουτάκι)



	A > B	A = B	A < B
Στην άγκυρα			
Στο ψάρι			
Στο πλοίο			

3. Αποτελέσματα

Στην παρούσα εργασία θα αναφερθούμε μόνον στα γνωστικά αποτελέσματα, ενώ στην παρουσίαση θα αναφερθούμε και στα αποτελέσματα της αποδοχής της μαθησιακής διαδικασίας. Μετά από τη στατιστική επεξεργασία στα κοινά γνωστικά έργα και στις δυο μελέτες περίπτωσης, προκύπτει ο Πίνακας 1, όπου παρατίθεται ανά έργο και ανά μελέτη περίπτωσης η στατιστική σημαντικότητα και αναδεικνύεται η σύγκριση των αποτελεσμάτων. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 1 τα γνωστικά αποτελέσματα που έχουν ομοιότητα (1, 2, 3.1, 3.3, 6.2, 6.3) είναι περισσότερα από αυτά που διαφέρουν (3.2 & 6.1) φανερώνοντας ότι η αλλαγή της υποστήριξης της διδακτικής σειράς εξ αποστάσεως επιμόρφωσης, από κλασσική σε ψηφιακή, φαίνεται να επιφέρει συγκρίσιμα γνωστικά οφέλη. Στις περιπτώσεις 3.2 και 6.1 που υπάρχουν διαφορετικά αποτελέσματα ανά σημαντικότητα, αυτό οφείλεται στα ήδη υπάρχοντα πολύ ψηλά ποσοστά αρχικής κατάστασης της σωστής γνώσης στη μία ή στην άλλη περίπτωση (88,5% και 83,3% αντίστοιχα), οπότε και τα περιθώρια βελτίωσης είναι στενά (όπως συνέβει και στην περίπτωση 3.1: είναι γνωστό ότι στην άγκυρα ισχύει A<B).

Πίνακας 1: Σύγκριση των δυο μελετών περίπτωσης σε σχέση με την ομοιότητα ή τη διαφορά των αποτελεσμάτων ανά σημαντικότητα

	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΗΤΑ							
ΕΡΓΑ	1	2	3.1	3.2	3.3	6.1	6.2	6.3
Α' ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
Β' ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα στα κοινά έργα και των δύο μελετών περίπτωσης, δείχνουν ότι οι συμμετέχοντες παρουσίασαν γνωστική πρόοδο σε δυο δύσκολες έννοιες (πίεση στα ρευστά και άνωση), φανερώνοντας ότι και οι δυο μορφές επιμόρφωσης, ανεξάρτητα από τη μορφή του μέσου και τον τρόπο διεκπεραίωσης της διαδικασίας, λειτούργησαν εξίσου αποτελεσματικά. Η ομοιότητα των αποτελεσμάτων στα ίδια γνωστικά έργα φαίνεται να αποδίδεται στις στέρεες σχεδιαστικές αρχές που ακολουθήθηκαν για το σχεδιασμό της α' αρχικής (πρότυπης) διδακτικής μαθησιακής σειράς και υιοθετήθηκαν από τη β' προσαρμοσμένη (θυγατρική), καθιστώντας το τεχνολογικό μέσο υποστήριξης, όχημα διεκπεραίωσης της επιμορφωτικής διαδικασίας με σαφείς σχεδιαστικές αρχές. Απαντώντας λοιπόν στα ερευνητικό ερώτημα συμπεραίνουμε ότι όταν αλλάξουμε την τεχνολογική υποστήριξη μιας διδακτικής σειράς εξ αποστάσεως επιμόρφωσης, δομημένης με σαφείς και στέρεες σχεδιαστικές αρχές, από κλασσική σε ψηφιακή, είναι δυνατόν να επιφέρονται συγκρίσιμα γνωστικά οφέλη, αναδεικνύοντας το μοντέλο ARI να έχει εφαρμογή και για την επαναπροσαρμογή των επιμορφωτικών προγραμμάτων σε νέα τεχνολογικά μέσα.

5. Βιβλιογραφία

Fozdar, P.I. & Kummar, L.S., 2007. Mobile Learning and Student Retention. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, Vol. 8, no. 2, Ανακτήθηκε στις 16/01/2014 από: http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/index.

Gabrielle, D., 2001. Distance learning: An Examination of perceived effectiveness and student satisfaction in Higher Education, *Society of Information Technology and Teacher Education*, International Conference, (SITE), Vol. 2001, iss.1.

Ginns, P. & Ellis, R., 2007. Quality in blended learning: Exploring the relationships between online and face to face teaching and learning. *The Internet and Higher Education*, 10(1), 53-64.

Jonassen, D., Campbell, J. & Davidson, M., 1994. Learning with media: Restructuring the Debate, *Educational Technology Research and Development*, 42 (2), pp.31-39.

Perkins, R.A., 2011. Using Rogers' Theory of Perceived Attributes as a Framework for Understanding the Challenges of Adoption of Open Educational Resources. *International Journal of Humanities and Social Sciences*, **1**(18): 59-66.

Rogers, E.M., 1983. *Diffusion of Innovations* (3rd edition). New York: The Free Press.

Testa I., Molohidis A., Lombardi S., Psillos D., Monroy G., Hatzikraniotis E., 2012, Transfer of a Teaching-Learning Sequence from Greek to Italian School: Do similarities in educational systems really help? In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Eds.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and Citizenship*. pp. 76-82, Lyon, France. ISBN: 978-9963-700-44-8.

ΡΟΛΟΙ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΣΕ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗ

Μαρία Ηρακλέους, Μάριος Παπαευριπίδου, Ζαχαρίας Ζαχαρία

Τμήμα Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα είχε σκοπό να διερευνήσει, μέσα από συστηματική ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, τους ρόλους συμμετοχής και εμπλοκής των εκπαιδευτικών σε προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης με προσανατολισμό τη διερώτηση. Η συστηματική ανασκόπηση διεξήχθη χρησιμοποιώντας τη Βάση Δεδομένων EBSCO. Συνολικά εντοπίστηκαν 52 άρθρα που πληρούσαν συγκεκριμένα κριτήρια που τέθηκαν. Για την ανάλυση των άρθρων αξιοποιήθηκε η μέθοδος της συνεχούς σύγκρισης και η περιγραφική στατιστική. Από την ανάλυση των δεδομένων αναδύθηκαν και περιγράφηκαν 10 διαφορετικοί ρόλοι συμμετοχής των εκπαιδευτικών και ακολούθως προέκυψε ένα θεωρητικό πλαίσιο, το οποίο αφορά στη μεθοδολογία και τρόπους ενσωμάτωσης των ρόλων αυτών σε προγράμματα επαγγελματικής ανάπτυξης εκπαιδευτικών.

Abstract

This study aimed at exploring, through a systematic review of literature, the types of teachers' participation and engagement roles within inquiry professional development programs. Using the EBSCO database and specific criteria, 52 research papers were collected, and the constant comparative method in conjunction with descriptive statistics were used for their analysis. The analysis revealed 10 distinct participation and engagement roles that can be assigned to teachers during their training. These roles were integrated in a theoretical framework, that points on the methodology and the ways these roles can be incorporated in the context of professional development programs centred on inquiry.

1. Εισαγωγή

Η διερώτηση είναι μια προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης στο πλαίσιο της οποίας οι μαθητές εργάζονται όπως οι επιστήμονες για να οικοδομήσουν τη γνώση (NSF 2000). Η διαδικασία της διερώτησης οργανώνεται σε 5 μη γραμμικά οργανωμένες φάσεις που όλες μαζί συνθέτουν το μαθησιακό κύκλο της διερώτησης. Οι φάσεις αυτές είναι ο *Προσανατολισμός*, η *Εννοιολόγηση*, η *Διερεύνηση*, τα *Συμπεράσματα* και η *Συζήτηση*, ορισμένες εκ των οποίων διαχωρίζονται σε στάδια (Pedaste et al. 2015).
4. σημασία της διερώτησης έχει αναγνωριστεί ευρέως από την ερευνητική κοινότητα της μάθησης των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) (NRC 2000). Η επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών θεωρείται ότι παρέχει υποστήριξη στους εκπαιδευτικούς όσο αφορά στη μάθησή τους για τη διερώτηση και για τη διδασκαλία με διερώτηση. Με άλλα λόγια, τους υποβοηθά ώστε να εμπλουτίζουν τις γνώσεις τους και να αναδιαμορφώνουν κατάλληλα τις διδακτικές τους πρακτικές, ώστε να στραφούν προς την προσέγγιση που βασίζεται στη διερώτηση, εγκαταλείποντας τις παραδοσιακές διδακτικές πρακτικές.
Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναδυθεί στο προσκήνιο διάφορα Προγράμματα Επαγγελματικής Ανάπτυξης (ΠΕΑ), τα οποία αναθέτουν ποικίλους ρόλους συμμετοχής και

εμπλοκής των εκπαιδευτικών στο πλαίσιο σχεδιασμού και υλοποίησής τους. Μολονότι είναι ουσιώδες για την επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών να περνούν από διάφορους ρόλους (Stokes 2001), εντούτοις από τη βιβλιογραφία απουσιάζει μια συστηματική ανασκόπηση που να διερευνά τους ρόλους συμμετοχής των εκπαιδευτικών στα ΠΕΑ με προσανατολισμό τη διερώτηση. Συνεπώς, η εν λόγω έρευνα έχει προκύψει με στόχο να αναδείξει τους ρόλους συμμετοχής και εμπλοκής των εκπαιδευτικών στα ΠΕΑ με προσανατολισμό τη διερώτηση και ακολούθως να τους ενσωματώσει σε ένα νέο θεωρητικό πλαίσιο, το οποίο συνδυάζει όλους τους ρόλους που υπάρχουν στα υφιστάμενα προγράμματα. Τα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία στοχεύει να απαντήσει η παρούσα έρευνα είναι τα εξής:

- Ποιοι θα μπορούσαν να είναι οι πιθανοί ρόλοι συμμετοχής και εμπλοκής των εκπαιδευτικών σε ένα ΠΕΑ με προσανατολισμό τη διερώτηση, ώστε μέσα από την υιοθέτησή τους από τους εκπαιδευτικούς να διασφαλίζεται η όσο το δυνατό καλύτερη προετοιμασία τους στο να διδάξουν ΦΕ μέσω της προσέγγισης της διερώτησης;
- Πώς θα μπορούσαν να ενσωματωθούν οι ρόλοι συμμετοχής και εμπλοκής των εκπαιδευτικών σε ένα θεωρητικό πλαίσιο που θα αφορά στην επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών με προσανατολισμό τη διερώτηση;

2. Μεθοδολογία

Για να επιτευχθεί ο σκοπός της έρευνας διεξήχθη συστηματική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. Η Μεθοδολογία έγινε σε 3 διαδοχικές φάσεις. Η πρώτη φάση αφορούσε στη διαδικασία αναζήτησης σχετικής βιβλιογραφίας. Κατά την αναζήτηση των εμπειρικών άρθρων χρησιμοποιήθηκαν οι λέξεις - κλειδιά «professional development», «training» και «inquiry». Η εύρεση των άρθρων από τη διεθνή βιβλιογραφία έγινε από τη Βάση Δεδομένων EBSCO. Από αυτή την αναζήτηση εντοπίστηκαν 482 εμπειρικά άρθρα.
Η δεύτερη φάση της Μεθοδολογίας αφορούσε στη διαδικασία επιλογής άρθρων. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν εμπειρικά άρθρα που έχουν δημοσιευτεί τις τελευταίες δυο δεκαετίες (1996 μέχρι σήμερα), το πλήρες κείμενο είναι διαθέσιμο και βρίσκονται σε έγκριτα ακαδημαϊκά περιοδικά. Με βάση τα πιο πάνω κριτήρια επιλογής έμειναν 135 άρθρα. Έπειτα, έγινε ανάγνωση της περίληψης και των λέξεων-κλειδιών των 135 άρθρων. Ειδικότερα, έγινε έλεγχος αν η περίληψη και οι λέξεις κλειδιά των άρθρων πληρούσαν τα εξής κριτήρια: α) οι λέξεις «inquiry» και «professional development» ή «inquiry» και «training» περιλαμβάνονται στην περίληψη ή/και στις λέξεις-κλειδιά, β) η γλώσσα γραφής τους να είναι τα αγγλικά. Με αυτή τη διαδικασία εντοπίστηκαν 86 άρθρα που πληρούσαν τα κριτήρια αυτά. Στη συνέχεια, έγινε ανάγνωση του πλήρους κειμένου των 86 άρθρων, ώστε να επιλεχθούν τα άρθρα που πληρούσαν τα ακόλουθα κριτήρια: α) το ΠΕΑ που περιγράφεται να έχει προσανατολισμό τη διερώτηση, β) να χρησιμοποιούνται ποσοτικές ή ποιοτικές εμπειρικές μετρήσεις για την τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων του ΠΕΑ, γ) να αναφέρεται η δομή και το περιεχόμενο του ΠΕΑ, δ) να αναφέρονται τα αποτελέσματα του ΠΕΑ. Με βάση την πιο πάνω διαδικασία έμειναν 52 εμπειρικά άρθρα που αποτέλεσαν το τελικό σύνολο των άρθρων της έρευνας.
Η τρίτη φάση της Μεθοδολογίας αφορούσε στην ανάλυση των άρθρων. Για την απάντηση του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος χρησιμοποιήθηκε η στρατηγική της συνεχούς σύγκρισης. Συγκεκριμένα, απομονώθηκε το περιεχόμενο του κάθε ΠΕΑ. Στη συνέχεια δημιουργήθηκαν κωδικοί με επαγωγικό τρόπο και προέκυψαν κατηγορίες με τους όμοιους κωδικούς. Η κάθε κατηγορία αντιπροσώπευε ένα διαφορετικό ρόλο των εκπαιδευτικών που κατέχουν στα ΠΕΑ. Για την απάντηση του δεύτερου ερευνητικού χρησιμοποιήθηκε η περιγραφική στατιστική. Συγκεκριμένα, εντοπίστηκε η χρονική εμφάνιση του κάθε ρόλου των εκπαιδευτικών στα διάφορα προγράμματα. Στη συνέχεια, για κάθε ρόλο προσδιορίστηκαν οι θέσεις στις οποίες εμφανίστηκε στα διάφορα προγράμματα και στην πορεία επιλέχθηκαν οι θέσεις με την ψηλότερη συχνότητα εμφάνισης στα προγράμματα αυτά. Έτσι, οικοδομήθηκε ένα θεωρητικό πλαίσιο επαγγελματικής ανάπτυξης στο οποίο διαφαίνονται οι ρόλοι των εκπαιδευτικών.

3. Αποτελέσματα

Σχετικά με το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, με βάση την ανάλυση των εμπειρικών άρθρων διαφαίνεται ότι οι εκπαιδευτικοί αναλαμβάνουν διάφορους ρόλους στο πλαίσιο συμμετοχής τους σε ΠΕΑ με προσανατολισμό τη διερώτηση. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψαν 10 διακριτοί ρόλοι συμμετοχής και εμπλοκής των εκπαιδευτικών στα ΠΕΑ: εκπαιδευτικοί ως 1) *μανθάνοντες*, 2) *κριτικά σκεπτόμενοι των εμπειριών διερώτησης*, 3) *παρατηρητές διδασκαλιών, 4*) *σχεδιαστές διδακτικού υλικού/σχεδίων μαθήματος, 5*) *παρουσιαστές σχεδίων μαθήματος/διδακτικού υλικού*, 6) *εφαρμοστές του σχεδίου μαθήματος/διδακτικού υλικού σε πιλοτική φάση*, 7) *εφαρμοστές του σχεδίου μαθήματος/διδακτικού υλικού στους μαθητές*, 8) *αναστοχαστές για το ΠΕΑ, 9*) *αναστοχαστές των διδακτικών πρακτικών,* και 10) *επικοινωνούντες των μαθησιακών προϊόντων και εμπειριών.*
Ενδεικτικά, παρακάτω αναφέρεται η περιγραφή του ρόλου εκπαιδευτικοί ως *μανθάνοντες* που προέκυψε με βάση την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας. *Οι εκπαιδευτικοί ακολουθούν τις αρχές της διερώτησης ως «μανθάνοντες» στην πλειοψηφία των ΠΕΑ (εμφανίζεται στα 48 από τα 52 άρθρα). Αυτά τα προγράμματα προσφέρουν στους εκπαιδευτικούς την ευκαιρία να εμπλακούν με δραστηριότητες διερώτησης παρόμοιες με αυτές που θα χρησιμοποιήσουν οι ίδιοι στην τάξη τους. Βιώνουν δηλαδή από την πλευρά του μανθάνοντα πώς μοιάζει η διδασκαλία που βασίζεται στη διερώτηση. Ο ρόλος αυτός εκδηλώνεται με τρεις διαφορετικούς τρόπους: α) οι εκπαιδευτικοί εργάζονται ως μανθάνοντες σε ένα ειδικά σχεδιασμένο διδακτικό υλικό που βασίζεται στη διερώτηση (π.χ. Seraphin et al. 2013), β) οι εκπαιδευτικοί εργάζονται ως μανθάνοντες σε δραστηριότητες διερώτησης οι οποίες είναι μέρος ενός σχεδίου μαθήματος (π.χ. Lotter et al. 2007) και γ) οι εκπαιδευτικοί εργάζονται ως μανθάνοντες σε δραστηριότητες που πραγματοποιούνται στο πεδίο ή στο εργαστήριο (π.χ. Elster et al. 2014).*
Όσο αφορά στο δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, τα αποτελέσματα συνοψίζονται στο Διάγραμμα 1 που αναπαριστά τους ρόλους που προέκυψαν, αλλά και τις μεταξύ τους διασυνδέσεις σε ένα θεωρητικό πλαίσιο. Για την ανάπτυξη του θεωρητικού πλαισίου λήφθηκε υπόψη η σειρά εμφάνισης του κάθε ρόλου των εκπαιδευτικών στα διάφορα προγράμματα, με έμφαση στο ποιος ρόλος προηγείται και ποιος έπεται του κάθε ρόλου. Στη συνέχεια, για κάθε ρόλο προσδιορίστηκαν οι θέσεις στις οποίες εμφανίστηκε στα διάφορα προγράμματα και στην πορεία επιλέχθηκαν οι θέσεις με την ψηλότερη συχνότητα εμφάνισης στα προγράμματα αυτά. Δίπλα από τον κάθε ρόλο φαίνεται η συχνότητα εμφάνισής του στη συγκεκριμένη θέση μέσα από όλα τα άρθρα που εξετάστηκαν. Στο διάγραμμα, ακολουθώντας τα βέλη, σκιαγραφούνται τέσσερις πιθανές διαδρομές που θα μπορούσαν να ακολουθηθούν.

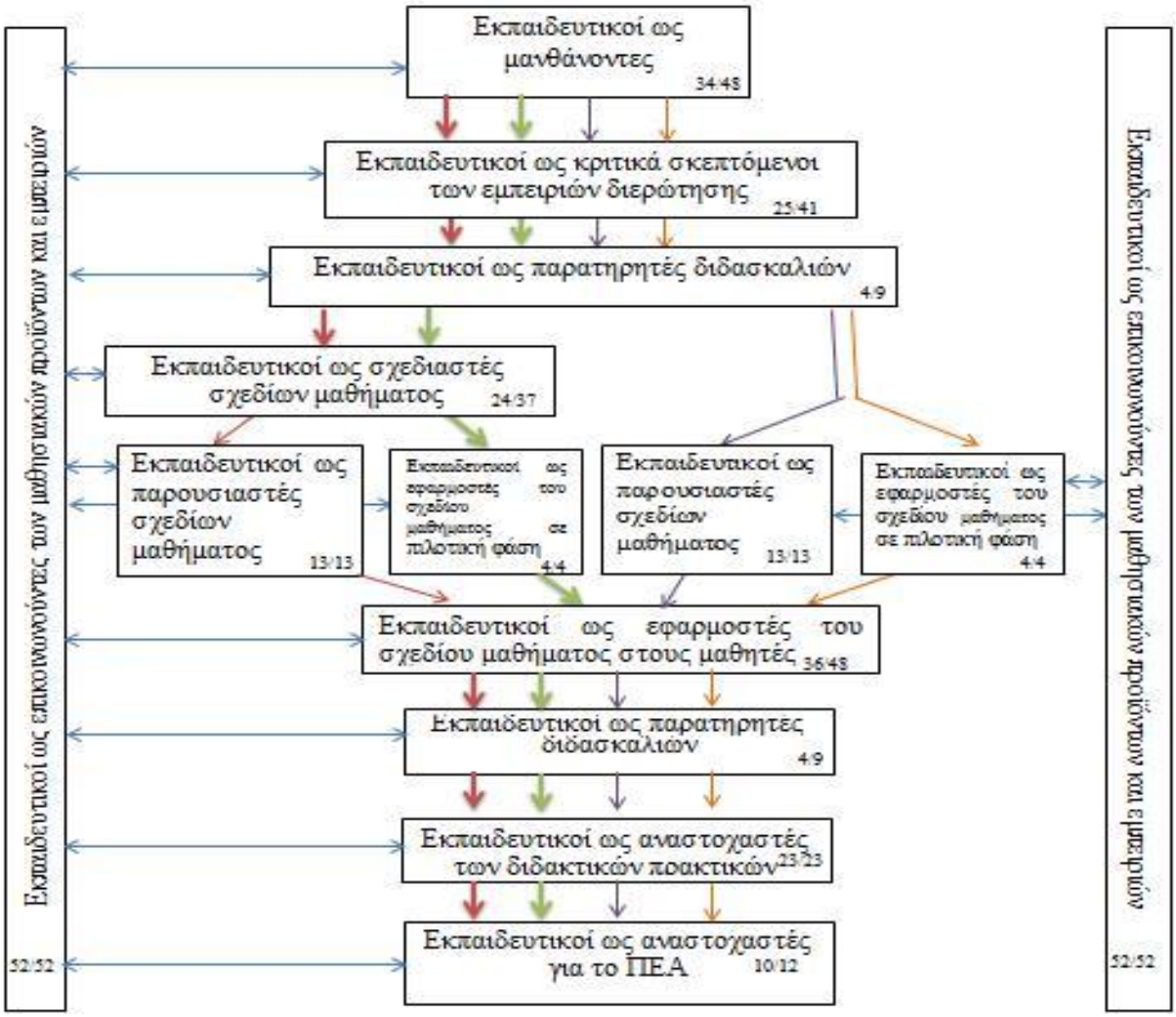
4. Συμπεράσματα

Η ανάλυση της δομής και οργάνωσης του κάθε ΠΕΑ οδήγησε στην ανάπτυξη ενός θεωρητικού πλαισίου που περιλαμβάνει 10 ρόλους που δυνητικά είναι σημαντικό να ανατίθενται στους εκπαιδευτικούς στο πλαίσιο συμμετοχής τους σε ΠΕΑ. Αυτοί οι ρόλοι μπορούν να οργανωθούν σε διαφορετικές διαδρομές, ώστε μέσα από την απόκτηση σημαντικών εμπειριών και γνώσεων, η συμμετοχή των εκπαιδευτικών να καταστεί περισσότερο εποικοδομητική.

Η αξία αυτού του πλαισίου έγκειται στο ότι παρέχει μια γενική δομή και έναν κατευθυντήριο γνώμονα για τον σχεδιασμό αποτελεσματικών ΠΕΑ που στηρίζονται στη διερώτηση, ώστε να παρέχουν μια επαρκέστερη προετοιμασία των εκπαιδευτικών στο να διδάξουν ΦΕ μέσω της προσέγγισης της διερώτησης. Για παράδειγμα, οι ρόλοι εκπαιδευτικών που προσδιορίζονται στο θεωρητικό πλαίσιο μπορούν να θεωρηθούν ως διαφορετικά στάδια στη διαδικασία της επιμόρφωσή τους. Επίσης, το προτεινόμενο θεωρητικό πλαίσιο θα μπορούσε να κατευθύνειτους εκπαιδευτές εκπαιδευτικών και τους ερευνητές κατά τη διαδικασία της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών.

Τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν κάποιες κατευθύνσεις για περαιτέρω έρευνα. Είναι χρήσιμο να σχεδιαστεί παρεμβατικό πρόγραμμα με βάση το αναδυθέν θεωρητικό πλαίσιο. Σε αυτή την παρέμβαση οι εκπαιδευτικοί θα κληθούν να αναλάβουν τους ρόλους που προέκυψαν με βάση τη βιβλιογραφία. Έτσι, θα διαπιστωθεί κατά πόσον η στοχευμένη εφαρμογή των συγκεκριμένων ρόλων οδηγεί σε σημαντικές επιπτώσεις στις γνώσεις των εκπαιδευτικών, στις πεποιθήσεις και στις πρακτικές των εκπαιδευτικών, αλλά και στις γνώσεις των μαθητών σχετικά με τη διερώτηση.

Διάγραμμα 1: Αναπαράσταση των Ρόλων των Εκπαιδευτικών και των Διασυνδέσεών τους σε ένα Θεωρητικό Πλαίσιο



5. Βιβλιογραφία

Elster, D., Barendziak, T., Haskamp, F. & Kastenholz, L. (2014). Raising standards through Inquire in pre-service teacher education. *Science Education International*,*25*(1),29-39.

Lotter, C., Harwood, W. S. & Bonner, J. J. (2007). The influence of core teaching conceptions on teachers' use of inquiry teaching practices. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(9),1318-1347.

NRC.(2000). *Inquiry and the National Science Education Standards.* DC:National Academy Press.

NSF.(2000).*Foundations: A monograph for professionals in science, mathematics and technology education.*Arlington,VA:National Science Foundation.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, … Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14, 47-61.

Seraphin, K., Philippoff, J., Parisky, A., Degnan, K. & Warren, D. (2013). Teaching energy science as inquiry. *Journal of Science Education & Technology*, *22*(3), 235-251.

Stokes, L. (2001). Lessons from an inquiring school: Forms of inquiry and conditions for teacher learning. In A.Lieberman&L. Miller (Eds.), *Teachers caught in the action: Professional development that matters* (pp. 141-158).New York:Teachers College Press.

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΝΟΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΓΡΑΦΙΚΩΝ ΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ ΣΤΙΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟΥ ΚΑΙ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗΣ ΜΑΘΗΤΩΝ ΛΥΚΕΙΟΥ ΟΤΑΝ ΕΡΓΑΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΝΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΑ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΟΜΕΝΟ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗΣ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Νικολέτα Ξενοφώντος, Ζαχαρίας Ζαχαρία, Τάσος Χαβαρδάς

Τμήμα Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η διερεύνηση της επίδρασης ενός υποστηρικτικού εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων στις γνώσεις περιεχομένου και δεξιότητες διερώτησης που αποκτούν μαθητές Λυκείου, καθώς εργάζονται σε ένα Τεχνολογικά Υποστηριζόμενο Μαθησιακό Περιβάλλον Διερώτησης. Για το σκοπό αυτό, αξιοποιήθηκαν δύο διαφορετικές εκδοχές του ίδιου εργαλείου, οι οποίες διέφεραν ως προς τον αριθμό δομικών στοιχείων που παρέχονταν στους μαθητές για να ολοκληρώσουν τις γραφικές τους παραστάσεις. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι, όταν ο βαθμός δομής ήταν μεγαλύτερος, βελτιώθηκαν οι δεξιότητες διερώτησης που απέκτησαν οι μαθητές, ενώ όταν ο βαθμός δομής ήταν μικρότερος παρατηρήθηκε βελτίωση των γνώσεων περιεχομένου.

Abstract

The aim of this study was to investigate the impact of a software scaffold for graph creation on secondary students' content knowledge and inquiry skills, when they work in a Computer Supported Inquiry Learning Environment. For that purpose two different versions of a graphing tool were used, which differed on the number of structural elements that were offered to the students in order to construct their graphs. The results of the study showed that the students improved their inquiry skills when the structure of the task was greater, while in the case of less structure the students improved their content knowledge.

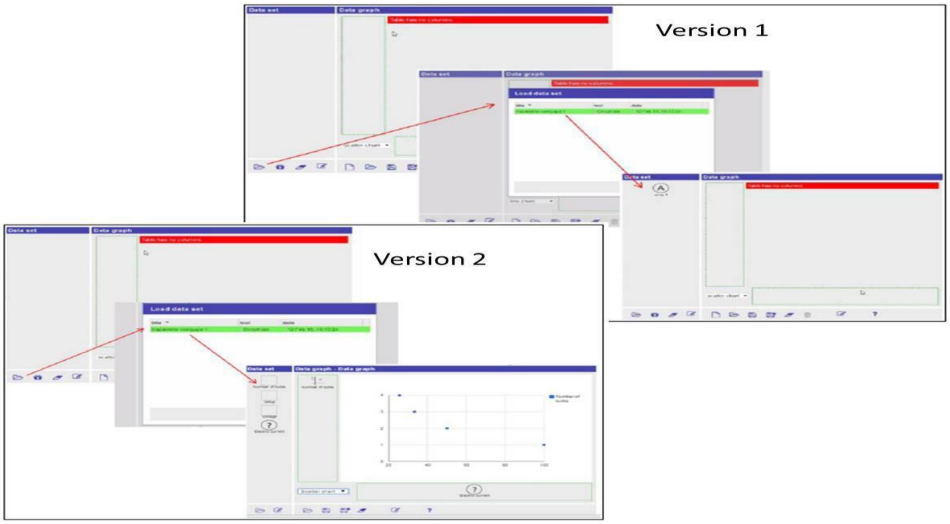
1. Εισαγωγή

Το ερευνητικό ενδιαφέρον γύρω από την Τεχνολογικά Υποστηριζόμενη Μάθηση μέσω Διερώτησης (Computer Supported Inquiry Learning) έχει προσφέρει σημαντικά στοιχεία για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη κατάλληλων υποστηρικτικών εργαλείων, που έχουν σαν στόχο την αντιμετώπιση των προκλήσεων που αντιμετωπίζουν οι μαθητές, λόγω του ψηλού επιπέδου γνωστικής και μεταγνωστικής περιπλοκότητας που προκαλείται σε τέτοια περιβάλλοντα (Azevedo 2005, Scheiter & Gerjets 2007). Τα υποστηρικτικά εργαλεία ορίζονται ως ειδικά σχεδιασμένες τεχνολογικές εφαρμογές που βοηθούν τους μαθητές να διεκπεραιώσουν μια διαδικασία μάθησης, με τη διάρθρωση και την υποστήριξη της διαδικασίας στις δραστηριότητες που εμπλέκονται σε αυτήν (de Jong & Lazonder 2014). Ωστόσο, κατά τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη υποστηρικτικών εργαλείων υπάρχει μια σημαντική πρόκληση που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Η πρόκληση αυτή σχετίζεται με την

ισορροπία μεταξύ της δομής που παρέχεται από ένα εργαλείο και του προβληματισμού που προκαλείται στους μαθητές, ώστε να ολοκληρώσουν μια διαδικασία (Reiser 2004).

Στην παρούσα ερευνητική προσπάθεια το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στη διαδικασία δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, που συνδέεται άμεσα με την πρακτική της ερμηνείας δεδομένων, λόγω του ότι απαιτείται, αρχικά, επεξεργασία και ανάλυση δεδομένων για εντοπισμό μιας σχέσης μεταξύ μεταβλητών (van Joolingen & Zacharia 2009). Η σημαντικότητα της συγκεκριμένης διαδικασίας έγκειται στο γεγονός ότι επηρεάζει μετέπειτα την εξαγωγή ορθών συμπερασμάτων (Chang et al. 2008) και είναι αποδεδειγμένο ότι οι μαθητές, συχνά, παρερμηνεύουν σχέσεις μεταξύ μεταβλητών (Kuhn et al. 1995) και έχουν προβλήματα να συνδέσουν τα δεδομένα τους με τις αρχικές υποθέσεις της έρευνάς τους (van Joolingen et al. 2005).
Αναλυτικότερα, ο σκοπός της εργασίας ήταν η διερεύνηση των επιπτώσεων της χρήσης ενός υποστηρικτικού εργαλείου για δημιουργία γραφικών παραστάσεων στις γνώσεις και δεξιότητες που αποκτούν οι μαθητές, όταν εργάζονται σε ένα Τεχνολογικά Υποστηριζόμενο Μαθησιακό Περιβάλλον Διερώτησης. Για το σκοπό αυτό αξιοποιήθηκαν οι δυνατότητες της διαδικτυακής πλατφόρμας Go-Lab (http://www.golabz.eu/) και δημιουργήθηκε ένας μαθησιακός χώρος διερώτησης (de Jong et al. 2014), ο οποίος αποτελείτο από τις πέντε φάσεις του κύκλου της διερώτησης (Pedaste et al. 2015). Για να διερευνηθεί η πρόσθετη αξία του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, αξιοποιήθηκαν δύο διαφορετικές εκδοχές του εργαλείου, οι οποίες διαφοροποιήθηκαν ως το προς τον αριθμό των μεταβλητών που είχαν στη διάθεσή τους οι μαθητές για να δημιουργήσουν τις γραφικές τους παραστάσεις. Συγκεκριμένα, στην πρώτη εκδοχή του εργαλείου (Εικόνα 1, πάνω δεξιά) οι μαθητές είχαν πρόσβαση στις τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής, όπως αυτές συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των πειραμάτων τους στο εικονικό εργαστήριο του μαθήματος. Ενώ, η ανεξάρτητη μεταβλητή έπρεπε να δημιουργηθεί από τους μαθητές στο ίδιο το εργαλείο, αξιοποιώντας τις δυνατότητες του για εισαγωγή τιμών σε στήλες και γραμμές. Στη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου (Εικόνα 1, κάτω αριστερά), οι μαθητές είχαν πρόσβαση στις τιμές όλων των μεταβλητών που χειρίστηκαν στο πείραμα τους (εξαρτημένη, ανεξάρτητη και σταθερές) και έπρεπε να επιλέξουν ποιες δύο θα χρησιμοποιούσαν για να φτιάξουν τις γραφικές τους παραστάσεις. Τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας έρευνας είναι δύο: 1) Ποια η είναι η επίδραση της χρήσης των δύο εκδοχών του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων στις γνώσεις και δεξιότητες διερώτησης που αποκτούν οι μαθητές; 2) Ποιες ενέργειες των μαθητών, κατά τη διάρκεια της ολοκλήρωσης της διδακτικής παρέμβασης, συσχετίζονται με την κάθε μία από τις δύο εκδοχές του εργαλείου;

Εικόνα 1. Οι δύο εκδοχές του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων



2. Μεθοδολογία

Στην έρευνα συμμετείχαν 30 μαθητές Λυκείου που προέρχονται από δύο διαφορετικά τμήματα, τα οποία υποβλήθηκαν με τυχαίο τρόπο σε δύο συνθήκες. Στην συνθήκη 1 ($N_{τάξη1}$=12, 11 αγόρια και 1 κορίτσι) οι μαθητές ολοκλήρωσαν τις δραστηριότητες του παρεμβατικού μαθήματος χρησιμοποιώντας την πρώτη εκδοχή του εργαλείου και στη συνθήκη 2 ($N_{τάξη2}$=18, 4 αγόρια και 14 κορίτσια) οι μαθητές χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή. Ο μαθησιακός χώρος διερώτησης που σχεδιάστηκε αφορούσε την ενότητα των ηλεκτρικών κυκλωμάτων και συγκεκριμένα τις δύο συνδεσμολογίες, σε σειρά και παράλληλα. Για τη διερεύνηση των διαφορών μεταξύ των δύο συνδεσμολογιών οι μαθητές, και στις δύο συνθήκες, χρησιμοποίησαν ένα εικονικό εργαστήριο. Μετά από την πραγματοποίηση των πειραμάτων και τη συλλογή δεδομένων, οι μαθητές κλήθηκαν να αναπαραστήσουν τα δεδομένα τους γραφικά, μέσω του εργαλείου δημιουργίας γραφικών παραστάσεων και στη συνέχεια απάντησαν σε ερωτήσεις ερμηνείας δεδομένων. Όλοι οι συμμετέχοντες συμπλήρωσαν διαγνωστικά δοκίμια αξιολόγησης γνώσεων περιεχομένου και δεξιοτήτων διερώτησης, πριν (1η συνάντηση, διάρκειας 40 λεπτών) και μετά (3η συνάντηση, διάρκειας 40 λεπτών) την εφαρμογή του παρεμβατικού μαθήματος (2η συνάντηση, διάρκειας 80 λεπτών). Κατά τη διάρκεια εφαρμογής του παρεμβατικού μαθήματος, συλλέχθηκαν δεδομένα από την καταγραφή του τρόπου εργασίας των μαθητών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, μέσω του λογισμικού River Past Screen Recorder Pro.

3. Αποτελέσματα

Όσον αφορά το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο συνθηκών, τόσο ως προς τις γνώσεις περιεχομένου (Mann-Whitney $Z = -2.58$; $p < 0.05$), όσο και ως προς τις δεξιότητες διερώτησης (Mann-Whitney $Z = -2.05$; $p < 0.05$). Ωστόσο, οι μαθητές που χρησιμοποίησαν την πρώτη εκδοχή του εργαλείου είχαν σημαντική βελτίωση μόνο των γνώσεων τους (Wilcoxon Signed Ranks $Z = -2{,}86$; $p < 0{,}01$), ενώ οι μαθητές που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου είχαν σημαντική βελτίωση μόνο των δεξιοτήτων τους (Wilcoxon Signed Ranks $Z = -3{,}18$; $p < 0{,}01$).
Για την απάντηση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος, αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα από την καταγραφή του τρόπου εργασίας στον ηλεκτρονικό υπολογιστή και έχει βρεθεί θετική συσχέτιση μεταξύ της εκδοχής του εργαλείου και της επιστροφής των μαθητών στη δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων, όταν πραγματοποιούσαν τη δραστηριότητα δημιουργίας γραφικών παραστάσεων στο εργαλείο (Chi Square=7.23, $p<0.01$). Μάλιστα, σχεδόν όλοι οι μαθητές που χρησιμοποίησαν τη δεύτερη εκδοχή του εργαλείου (92.9%) επέστρεψαν πίσω στο σχεδιασμό του πειράματός τους, ενώ στην περίπτωση της πρώτης εκδοχής επέστρεψαν σχεδόν οι μισοί (45.5%). Μεταξύ των δύο εκδοχών βρέθηκε, ακόμα, στατιστικά σημαντική διαφορά ως προς τον επιπρόσθετο χρόνο που αφιέρωσαν οι μαθητές στη δραστηριότητα σχεδιασμού του πειράματος (Mann-Whitney $Z=-2.82$, $p<0.01$), όπου στη δεύτερη εκδοχή ήταν περισσότερος, και ως προς τον συνολικό χρόνο που διήρκησε η επιστροφή των μαθητών σε προηγούμενες δραστηριότητες (Mann-Whitney $Z=-2.04$, $p<0.05$), όπου και σε αυτή την περίπτωση στη δεύτερη εκδοχή ήταν περισσότερος.

4. Συμπεράσματα

Σχολιάζοντας τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, φαίνεται ότι στην περίπτωση που το εργαλείο παρείχε λιγότερες επιλογές στους μαθητές και έπρεπε να προβληματιστούν για να διεκπεραιώσουν τον στόχο της δημιουργίας γραφικών παραστάσεων, τα πήγαν καλύτερα στο δοκίμιο γνώσεων περιεχομένου. Ενώ, στην περίπτωση που οι επιλογές που είχαν οι μαθητές

ήταν περισσότερες, οι μαθητές είχαν καλύτερες επιδόσεις στο δοκίμιο δεξιοτήτων διερώτησης. Διαπιστώνεται, επομένως, ότι οι μηχανισμοί δομής και προβληματισμού που διέπουν ένα υποστηρικτικό εργαλείο (Reiser 2004), βρίσκονται συχνά σε αντιπαράθεση. Συνεπώς, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να διαπιστωθεί ποια είναι η καλύτερη ισορροπία των δύο αυτών μηχανισμών όταν σχεδιάζονται και αναπτύσσονται καινούρια υποστηρικτικά εργαλεία.
Ένα άλλο σημαντικό αποτέλεσμα που προέκυψε, είναι το γεγονός ότι και στις δύο περιπτώσεις οι μαθητές, καθώς χρησιμοποιούσαν το εργαλείο, χρειάστηκε να επιστρέψουν σε προηγούμενες δραστηριότητες. Ωστόσο, φάνηκε ότι οι μαθητές στη δεύτερη περίπτωση επέστρεψαν περισσότερο στη δραστηριότητα σχεδιασμού πειραμάτων, όπου χρειάστηκε να διορθώσουν ή και να δημιουργήσουν νέες πειραματικές σειρές με δεδομένα, ώστε να έχουν αρκετά στη συνέχεια για να φτιάξουν τη γραφική τους παράσταση. Ενώ, στην περίπτωση της πρώτης εκδοχής του εργαλείου, λιγότεροι μαθητές χρειάστηκε να επιστρέψουν στη συγκεκριμένη δραστηριότητα και μάλιστα, ο χρόνος επιστροφής τους, γενικά, σε προηγούμενες δραστηριότητες ήταν λιγότερος. Το γεγονός ότι και οι δύο ομάδες μαθητών επέστρεψαν σε προηγούμενες δραστηριότητες, είτε για να διαφοροποιήσουν τα προηγούμενα μαθησιακά τους προϊόντα, είτε για να αντλήσουν πληροφόρηση από αυτά, φανερώνει ότι η δυνατότητα αποθήκευσης και άμεσης ανάκτησης της εργασίας των μαθητών σε τεχνολογικά υποστηριζόμενα μαθησιακά περιβάλλοντα, λειτουργεί ως ένας επιπλέον μηχανισμός υποστήριξης και χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

5. Βιβλιογραφία

Azevedo, R. (2005). Computer environments as metacognitive tools for enhancing learning. *Educational Psychologist, 40*(4).

Chang, K., Chen, Y., Lin, H. & Sung, Y. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education, 51*(4), 1486-1498.

de Jong, T. & Lazonder, A. W. (2014). The guided discovery principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd ed., pp. 371-390). Cambridge: Cambridge University Press.

de Jong, T., Sotiriou, S. & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: The go-lab federation of online labs. *Smart Learning Environments, 1*(1), 1-16.

Kuhn, D., Garcia-Mila, M., Zohar, A., Andersen, C., White, S. H., Klahr, D. & Carver, S. M. (1995). Strategies of knowledge acquisition. *Monographs of the Society for Research in Child Development, 60*(4).

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., . . . Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14*, 47-61.

Reiser, B. J. (2004). Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work. *Journal of the Learning Sciences, 13*(3), 273-304.

Scheiter, K. & Gerjets, P. (2007). Learner control in hypermedia environments. *Educational Psychology Review, 19*(3), 285-307.

van Joolingen, W. R., de Jong, T., Lazonder, A. W., Savelsbergh, E. R. & Manlove, S. (2005). Co-lab: Research and development of an online learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in Human Behavior, 21*(4), 671-688.

van Joolingen, W. & Zacharia, Z. (2009). Developments in inquiry learning. In N. Balacheff, S., T. de Jong, A. Lazonder & S. Barnes (Eds.), *Technology-enhanced learning* (pp. 21-37) .Springer Netherlands.

Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΕΓΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ

Στέφανος Οικονόμου
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

Περίληψη

Η έννοια του Επιστημονικού Εγγραμματισμού (Ε.Ε.) είναι μια διεθνώς αναγνωρίσιμη έννοια και αποτελεί σύγχρονο εκπαιδευτικό στόχο. Παρά την ευρεία υιοθέτηση της έννοιας από τους ερευνητές, πολλοί υποστηρίζουν ότι δεν μπορεί να υπάρξει σαφής και άρτια περιγραφή της που να είναι ευρέως αποδεκτή, καθώς ο σκοπός και η φύση της διαφέρουν από ερευνητή σε ερευνητή και μεταβάλλονται με το χρόνο. Στην παρούσα εργασία γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών, της τελευταίας 20ετίας, που αναφέρονται στη φύση της έννοιας του Ε.Ε. και επιχειρείται ο προσδιορισμός των επιμέρους πτυχών που την συνθέτουν. Από την ανασκόπηση προέκυψε ότι η φύση του Ε.Ε. συντίθεται από πέντε διαστάσεις.

Abstract

The concept of scientific literacy (S.L.) is an international recognizable concept and a modern educational goal. Despite widespread adoption of the concept by researchers many of them argue that we cannot have a clear and well description for it which will be widely accepted, because the purpose and the nature of S.L. vary from researcher to researcher and change over time. This study is a literature review of the last 20 years and attempts to identify the aspects of the S.L.'s nature. The review showed that the nature of the S.L. compose of five dimensions.

1. Εισαγωγή

Η έννοια του Επιστημονικού Εγγραμματισμού (Ε.Ε.) είναι μια διεθνώς αναγνωρίσιμη έννοια, που αποτελεί σύγχρονο εκπαιδευτικό στόχο (Laugksch 1999). Ο πιο απλός τρόπος κατανόησης της έννοιας του Ε.Ε. σύμφωνα με τον Durant (Laugksch 1999) σχετίζεται με την απάντηση του ερωτήματος: "Τι οφείλει να γνωρίζει ο γενικός πληθυσμός σχετικά με τις Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.);". Παρά την ευρεία υιοθέτηση της έννοιας του Ε.Ε. από τους ερευνητές (ενδ. Zeidler et al. 2005, Coll & Taylor 2009, Frensham 2008, Holbrook & Rannikmae 2007, Laugksch 1999, Osborne 2007, Roth & Lee 2004) δεν υπάρχει παγκόσμια αποδεκτή περιγραφή της (Roberts D. A. 2007), καθώς ο σκοπός και η φύση της διαφέρουν από ερευνητή σε ερευνητή και μεταβάλλονται με το χρόνο (Laugksch 1999, Solomon 1993). Στην παρούσα εργασία γίνεται προσπάθεια να διερευνηθεί η φύση της έννοιας του Ε.Ε. και να αναδειχθούν οι διαστάσεις από τις οποίες αποτελείται, στηριζόμενοι στην κριτική ανασκόπηση της βιβλιογραφίας από το 2000 έως σήμερα.

2. Μεθοδολογία

Η διερεύνηση των διαστάσεων που αποδίδονται στο περιεχόμενο της φύσης της έννοιας του Ε.Ε. πραγματοποιήθηκε με βιβλιογραφική ανασκόπηση των δημοσιευμένων μελετών της τελευταίας 20ετίας, που περιγράφουν την έννοια του Ε.Ε. Το εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε

για την αναζήτηση των μελετών ήταν η μηχανή αναζήτησης του scopus. Σε πρώτη φάση μελετήθηκαν οι ετεροαναφορές της εργασίας του Laugksch (1999) (215 από το 1998 έως το 2015) γιατί είναι η μοναδική που παρουσιάζει μια πλήρης ανασκόπηση των ερευνών για την έννοια του Ε.Ε. έως το 2000. Στόχος ήταν να μελετηθεί η εξέλιξη των θεωρήσεων που παρουσιάζει η εργασία αυτή.

Στη συνέχεια, αναζητήθηκαν όλες οι εργασίες που στον τίτλο τους περιέχουν την φράση "scientific literacy", ήταν γραμμένες στα αγγλικά και δημοσιεύτηκαν από το 2000 και μετά. Ο αριθμός των εργασιών που εντοπίστηκαν ήταν 360. Με βάση την περίληψη τους πραγματοποιήθηκε νέα διαλογή με σκοπό να εντοπιστούν μόνο οι εργασίες εκείνες που προσπαθούν να περιγράψουν τη φύση της έννοιας του Ε.Ε. Ο αριθμός αυτών των εργασιών ήταν 37. Τέλος, πραγματοποιήθηκε αποδελτίωση των μελετών ανάλογα με τις θεωρήσεις που υιοθετούσαν για τη φύση του Ε.Ε. ακολουθώντας την ανάλυση και ερμηνεία ποιοτικών δεδομένων, όπως περιγράφονται από τον Creswell (2011).

3. Αποτελέσματα

Η αποδελτίωση των μελετών ανέδειξε πέντε διαστάσεις της φύσης του Ε.Ε.: 1) Κατοχή της επιστημονικής γνώσης, 2) χρήση της επιστημονικής γνώσης για βιοποριστικούς λόγους, 3) χρήση των Φ.Ε. στο κοινωνικό πλαίσιο, 4) θετικές στάσεις υπέρ των Φ.Ε., 5) συλλογικότητα του Ε.Ε.

Η πλειοψηφία των εργασιών (22/37) υιοθετούν τη διάσταση της χρήσης της επιστημονικής γνώσης στο κοινωνικό ή παγκόσμιο πλαίσιο (ενδ. Lederman 2007, Surpless et al. 2014, NRC 2013,). Χαρακτηριστικά οι Holbrook & Rannikmae (2007) αναφέρουν ότι ο επιστημονικά εγγράμματος άνθρωπος είναι ο ενεργός πολίτης που λαμβάνει κοινωνικές αποφάσεις για κοινωνικοεπιστημονικά θέματα ενώ οι Kawamoto et al. (2011) συμπληρώνουν ότι πρέπει να μπορεί να ασκεί κοινωνική κριτική σε θέματα των Φ.Ε. Τέλος, η διάσταση αυτή αναφέρεται στη χρήση των Φ.Ε. με σκοπό την προστασία της κοινωνίας και του περιβάλλοντος, ενώ αρκετές έρευνες διευρύνουν τον κύκλο της κοινωνίας και αναφέρονται τόσο σε παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα όσο και στην έννοια του παγκόσμιου πολίτη (Choi et al., 2011).

Δεύτερη σε πλήθος αναφορών διάσταση της φύσης του Ε.Ε. (17/35) αναδείχθηκε η χρήση των επιστημονικών γνώσεων για βιοποριστικούς λόγους, όπως αυτή επιτυγχάνεται με την ορθή λειτουργία των τεχνολογικών επιτευγμάτων (Murcia 2008). Η χρήση των γνώσεων αυτών θεωρείται πρακτική και αναγκαία για την υγεία και την ασφάλεια του ατόμου (Shamos 1999). Επιπλέον, ο Laugksch (1999) υποστηρίζει ότι ο Ε.Ε. εξασφαλίζει την οικονομική ανεξαρτησία ενός ατόμου, βοηθώντας το να διεκδικήσει καλύτερη εργασία.

Τρίτη σε προτιμήσεις διάσταση (13/37) αναφέρεται η κατοχή των επιστημονικών εννοιών και των επιστημονικών διαδικασιών που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή της επιστημονικής γνώσης (ενδ. Zeidler et al. 2005, Surpless et al. 2014, Millar & Osborne 1998).

Ενδεικτικά, οι Choi et al. (2011) εντόπισαν στην βιβλιογραφική τους ανασκόπηση ότι οι στόχοι του Ε.Ε. που προτείνονται στα Α.Π.Σ. περιορίζονται στις βασικές επιστημονικές γνώσεις, τις επιστημονικές διαδικασίες και τις ερευνητικές δεξιότητες. Ενώ οι Mun et al. (2015) θεωρούν ότι η κατοχή της γνώσης είναι απαραίτητη γιατί σχετίζεται με φυσικά φαινόμενα που τα άτομα αντιμετωπίζουν στην ζωή τους και αποτελεί μια από τις 5 διαστάσεις του Ε.Ε.

Τέταρτη σε αναφορές (8/37) διάσταση της φύσης του Ε.Ε. εμφανίζεται αυτή των θετικών στάσεων υπέρ των Φ.Ε. Στη διάσταση αυτή εντάσσονται οι έρευνες που παρουσιάζουν τον επιστημονικά εγγράμματο άνθρωπο ως ένα άτομο που τρέφει θετικές στάσεις για τις Φ.Ε. και ζει με βάση τις αξίες που πρεσβεύει η επιστήμη (ενδ. Lee et al 2013, Roth & Lee 2004, OECD 2006). Ειδικότερα, ο Ε.Ε. άνθρωπος δρα υπεύθυνα (Chen et al., 2009), έχει οικολογικές αξίες και δρα υπερ της αειφορίας (Mun et al., 2015) και των επιστημών (Coll & Taylor 2009). Επιπλέον, τηρεί τους κανόνες της ηθικής και της δεοντολογίας της επιστήμης (Zeidler et al., 2015).

Τελευταία σε αναφορές διάσταση της φύσης του Ε.Ε. (4/37) είναι η διάσταση της συλλογικότητας του Ε.Ε. Οι εργασίες αυτές υποστηρίζουν ότι η φύση της έννοιας του Ε.Ε. μέσα στην κοινωνία δεν μπορεί να είναι μόνο ατομική υπόθεση αλλά και συλλογική (Roth & Lee 2004). Ο κάθε άνθρωπος ζει μέσα σε μια κοινωνία και λαμβάνει αποφάσεις μέσω της αλληλεπίδρασής του με άλλα άτομα (Choi et al. 2011). Έχει διαπιστωθεί ότι όταν υπολογίζεται το επίπεδο του Ε.Ε. ενός ατόμου έξω από τον χώρο που ζει τότε τα αποτελέσματα δεν είναι σωστά (van Eijck, 2010). Η λήψη άλλωστε αποφάσεων σε θέματα Φ.Ε. που αφορούν την κοινωνία είναι μια συλλογική δραστηριότητα που απαιτεί τις δεξιότητες της συνεργασίας και της επικοινωνίας (Choi et al. 2011).

4. Συμπεράσματα

Η πολυδιάστατη φύση της έννοιας του Ε.Ε. έχει διατυπωθεί και από τον Frensham (2008), αλλά δεν έχει διερευνηθεί πλήρως. Από τις πέντε διαστάσεις της φύσης του Ε.Ε. που παρουσιάστηκαν στην εργασία, κυρίαρχες αναδείχτηκαν η χρήση των επιστημονικών γνώσεων στο κοινωνικό πλαίσιο είτε για το καλό της ανάπτυξης της κοινωνίας, είτε για ατομικούς βιοποριστικούς λόγους. Το αποτέλεσμα αυτό έρχεται σε αντίθεση με τις θεωρήσεις που καταγράφονται στις έρευνες πριν το 2000, όπου τείνουν να επικρατούν οι αντιλήψεις ότι ο Ε.Ε. αφορά στην κατοχή της επιστημονικής γνώσης (Shamos 1995, Millar & Osborne 1998). Μάλιστα, οι Millar και Osborne (1998) υποτιμούσαν τη διάσταση της χρήσης των επιστημονικών γνώσεων στην καθημερινότητα καθώς υποστήριζαν ότι στη σύγχρονη εποχή η τεχνολογία έχει αυτοματοποιήσει τα περισσότερα τεχνολογικά επιτεύγματα.

Σε ότι αφορά τη συλλογική φύση του Ε.Ε., αυτή υιοθετείται από λίγους ερευνητές, παρά το γεγονός ότι από πολύ νωρίς ο Shamos (1995) είχε διατυπώσει την άποψη ότι δεν είναι δυνατόν να επιτευχθεί ο Ε.Ε. από όλους γιατί δεν μπορεί να φτάσει ένα μέσο άτομο στο επίπεδο της γνώσης που απαιτείται ώστε να αποφασίζει από μόνο του για θέματα που σχετίζονται με τις Φ.Ε. Επιπρόσθετα, οι λίγες αναφορές στη συλλογικότητα του Ε.Ε. μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι είναι μια δύσκολα αξιολογήσιμη ποσότητα, καθώς όπως υποστηρίζει ο Carter (2004) οι περισσότερες έρευνες περιγράφουν την έννοια του Ε.Ε. με στόχο να αξιολογήσουν την επίτευξή του από τους πολίτες ή τους μαθητές.

Τέλος, η αναφορά από τους ερευνητές, την τελευταία 20ετία, στις θετικές στάσεις των ατόμων υπέρ των Φ.Ε. και της συλλογικότητας του Ε.Ε, ισχυροποιεί τη θέση των Loughran, Smith και Berry (2011) ότι πλέον "ο Ε.Ε. είναι ένα σύμβολο για μια πιο ανθρωποκεντρική, χρήσιμη και σύγχρονη νόηση της εκπαίδευσης των Φ.Ε." (σελ. 6).

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας επιδιώκουν να δομήσουν την έννοια της φύσης του Ε.Ε. με σκοπό να διαφωτίσουν τόσο τους μελλοντικούς ερευνητές του Ε.Ε. όσο και τους διαμορφωτές εκπαιδευτικής πολιτικής.

5. Βιβλιογραφία

Carter, L. (2004). Globalisation and Science Education: Rethinking Science Education Reforms. *Journal of research in science teaching*, 42(5), σσ. 561-580.

Chen, F., Shi, Y. & Xu, F. (2009). An analysis of the public scientific literacy study in China. *Public Understanding of science, 18*(5), σσ. 607-616.

Choi, K., Lee, H., Shin, N., Kim, S.-W. & Krajcik, J. (2011). Re-Conceptualization of scientific literacy in South Korea for the 21th Century. *Journal of Research in Science teaching, 48*(6), σσ. 670-697.

Coll, R. K. & Taylor, N. (2009). Scientific Literacy and Thailand Science Education. *International Journal of Environmental & Science Education, 4*(3), 335-349.

Creswell, J. W. (2011). *Η έρευνα στην εκπαίδευση. Σχεδιασμός, Διεξαγωγή και Αξιολόγηση της Ποσοτικής και Ποιοτικής Έρευνας.* Αθήνα: Έλλην.

Frensham, P. J. (2008). *Science education policy making:Eleven emerging issues.* Paris: UNESCO.

Holbrook, J. & Rannikmae, M. (2007). The Nature of science education for enhancing Scientific Literacy. *International Journal of Science Education, 29*(11), 1347-1362.

Kawamoto, S., Nakayama, M. & Saijo, M. (2011). A survey of scientific literacy to provide a foundation for designing science communication in Japan. *Public Understanding of science, 22*(6), 674-690.

Laugksch, R. C. (1999). Scientific Literacy: A Conceptual Overview. *Science Education, 84*(1), 71-94.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present and future. Στο S. K. Abell & G. Lederman N (Επιμ.), *Handbook of research on science education.* Mahwah NJ: Lawrence Erlbaum and Associates.

Lee, H., Yoo, J., Choi, K., Kin, S.-W., Krajcik, J., Herman, B., και συν. (2013). Socioscientific issues as a vehicle for promoting character and values for global citizens. *International Journal of Science Education, 35*(12), 2079-2113.

Millar, R. & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: Science Education for the Future.* London: King's College London School of Education.

Mun, K., Shin, N., Lee, H., Kim, S.-W., Choi, K., Choi, S.-Y., και συν. (2015). Korean Secondary Students' perception of scientific Literacy as Global Citizen:Using Global Scientific Literacy Questionnaire. *International Journal of Science Education, 37*(11), 1739-1766.

Murcia, K. (2008). Re-thinking the development of scientific literacy through a rope metaphore. *Research in Science Education, 39*(2), 215-229.

NRC. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States.* Washington D.C.: NAP.

OECD. (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy. A framework for PISA 2006.* Paris: OECD.

Osborne, J. (2007). Science education for the twenty First Century. *Eyrasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 3*(3), σσ. 173-184.

Roberts, D. (2007). Linne Scientific literacy sympocium opening remarks. Στο C. Linder, L. Ostman & P.-O. Wickman (Επιμ.), *Linnaeus Tercentenary Symposium.* Upsala, Sweden.

Roth, M. & Lee, S. (2004). Science Education as/for participation in the community. *Science education, 88*(2), σσ. 263-291.

Shamos, M. (1995). *The Myth of scientific literacy.* New Jersey: Rutgers University Press.

Solomon, J. (1993). *Teaching science, technology and society.* Buckingham: Open University Press.

Surpless, B., Bushey, M. & Halx, M. (2014). Developing Scientific Literacy in Introductory Laboratory Courses: A Mondel for Course Design and Assesment. *Journal of Geoscience education, 62*, σσ. 244-263.

van Eijck, M. (2010). Addressing the dynamics of science in curricular reform for scientific literacy:

The case of genomics. *International Journal of Science Education, 32*(18), σσ. 2429-2449.

Zeidler, D., Sadler, T., Simmons, M. & Howes, E. (2005). Beyond STS: A Research-based Framework for socioscientific Issues Education. *Science Education, 89*(3), σσ. 357-377.

ΔΙΕΡΕΥΝΩΝΤΑΣ ΤΗ ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΕΠΟΙΘΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΗΘΙΚΗΣ ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑΣ ΥΠΟΨΗΦΙΩΝ ΔΑΣΚΑΛΩΝ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΩΝ ΖΗΤΗΜΑΤΩΝ

Ανδρεανή Μπάιτελμαν

Πανεπιστήμιο Κύπρου & Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία επιχειρήθηκε η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ επιστημολογικών πεποιθήσεων και ηθικής ευαισθησίας υποψήφιων δασκάλων στο πλαίσιο διαχείρισης κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (SSIs). Για τον σκοπό της έρευνας, κλήθηκαν 250 φοιτητές Τμήματος Επιστημών της Αγωγής να οικοδομήσουν διάφορα είδη επιχειρημάτων -κοινωνικά, ηθικά, οικονομικά, επιστημονικά, οικολογικά- αντεπιχειρημάτων και αντικρούσεων αντεπιχειρημάτων, στο πλαίσιο λήψης απόφασης για τρία διαφορετικά SSIs. Τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι οι ανεπτυγμένες επιστημολογικές πεποιθήσεις των υποψήφιων δασκάλων όσον αφορά στη δομή της γνώσης προβλέπουν θετικά, σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο, την ηθική ευαισθησία τους για SSIs.

Abstract

In the present study we attempted to investigate the relationship between pre-service primary teachers' epistemological beliefs and moral sensitivity in the context of socio-scientific issues (SSIs). 250 undergraduate education students were asked to construct different types of arguments − social, ethical, economic, scientific and ecological− as well as counterarguments and rebuttals during socio-scientific decision-making regarding three different SSIs. The results indicate that students' sophisticated epistemological beliefs about the structure of knowledge are a significant predictor of their moral sensitivity for SSIs.

2. Εισαγωγή

Έρευνες της Γνωστικής Ψυχολογίας (Hofer & Pintrich 1997) υποδεικνύουν ότι ως ανθρώπινα όντα διαθέτουμε άδηλες πεποιθήσεις (implicit beliefs) για τη φύση της γνώσης και της μάθησης, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως επιστημολογικές πεποιθήσεις (ΕΠ). Τις δύο τελευταίες δεκαετίες, οι έρευνες για τις ΕΠ έχουν εντατικοποιηθεί και έχουν γίνει προσπάθειες για τη διερεύνηση του ρόλου τους για τα μαθησιακά αποτελέσματα, την αυτορρύθμιση των ατόμων στο πλαίσιο λύσης προβλήματος, την εννοιολογική αλλαγή, τα κίνητρα των εκπαιδευομένων για μάθηση και διάφορες συλλογιστικές διαδικασίες (Wu & Tsai 2011).

Την τελευταία δεκαετία, σημαντική προτεραιότητα αρκετών ερευνητών είναι η διερεύνηση της συνεισφοράς των ΕΠ στη διαχείριση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (SSIs). Τα SSIs είναι ανοικτού τύπου ζητήματα, με έντονη επιστημονική διάσταση, αλλά και με οικονομικές, κοινωνικές και ηθικές πτυχές. Επιπρόσθετα, χαρακτηρίζονται από αντιτιθέμενες πληροφορίες και προσεγγίσεις, και, συνήθως, είναι επίμαχα ζητήματα που επιδέχονται πολλαπλές λύσεις. Διάφοροι ερευνητές υποστηρίζουν ότι η ενσωμάτωση των SSIs στα αναλυτικά προγράμματα

για τις Φυσικές Επιστήμες, είναι απαραίτητη, διότι, δυνητικά, προωθούν την ανάπτυξη επιστημονικά εγγράμματων πολιτών σε μια κοινωνία που καθορίζεται όλο και περισσότερο από την επιστήμη και την τεχνολογία (Wu & Tsai 2011).

Η διαπίστωση διαφόρων ερευνητών (Fowler, Zeidler & Sadler 2009; Sadler 2004) ότι αρκετά από τα μοτίβα τα οποία αξιοποιούνται από τους ανθρώπους για τη διαχείριση των SSIs σχετίζονται άμεσα με το ήθος και τις αξίες του κάθε ατόμου, έχει οδηγήσει διάφορους επιστήμονες στην ανάγκη για διερεύνηση της σχέσης μεταξύ ήθους και SSI (Fowler et al. 2009). Παρόλο που οι έρευνες αυτές βρίσκονται σε αρχικά στάδια, υπάρχουν ενδείξεις που υποδεικνύουν θετική συσχέτιση μεταξύ ήθους και διαχείρισης SSI. Για παράδειγμα, οι Sadler (2004) και οι Fowler, Zeidler και Sadler (2009) σε έρευνές τους υποδεικνύουν ότι η ηθική ευαισθησία (moral sensitivity) ενός ατόμου αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για τον εντοπισμό των ηθικών πτυχών που εμπεριέχονται σε κάθε SSI, και τη σχετική λήψη απόφασης. Στις συγκεκριμένες έρευνες των πιο πάνω ερευνητών, η έννοια ηθική ευαισθησία αφορά στην τάση ενός ατόμου να αναγνωρίζει ότι υπάρχουν ορισμένες πτυχές των SSIs που έχουν ηθικές προεκτάσεις, να εντοπίζει τις συγκεκριμένες ηθικές πτυχές και να τις λαμβάνει υπόψη για την οικοδόμηση ηθικών επιχειρημάτων (επιχειρημάτων που αφορούν θέματα ανθρωπίνων δικαιωμάτων, δεοντολογίας, ηθικών αξιών) στο πλαίσιο της λήψης απόφασης για τα συγκεκριμένα SSIs (Fowler, et. al. 2009; Sadler 2004). Η ηθική ευαισθησία αποτελεί βασική συνιστώσα του αναπτυξιακού μοντέλου του Rest (1986) για ηθική ανάπτυξη (Four Component Model). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό του Rest (1986), η ηθική συμπεριφορά απαιτεί τη διενέργεια τεσσάρων διαδικασιών που είναι οι εξής: ηθική ευαισθησία, ηθική κρίση, ηθική εστίαση και ηθική πράξη. Η ηθική ευαισθησία αποτελεί βασική προϋπόθεση για την επίδειξη ηθικής συμπεριφοράς.

Η παρούσα εργασία επεκτείνει την υπάρχουσα έρευνα που αφορά στη σχέση μεταξύ ηθικής ευαισθησίας και διαχείρισης SSIs, διερευνώντας τη σχέση μεταξύ ΕΠ και ηθικών επιχειρημάτων που υποψήφιοι δάσκαλοι οικοδομούν στο πλαίσιο διαχείρισης SSIς με ηθικές προεκτάσεις. Τα ηθικά επιχειρήματα αποτελούν το μέσο για τη μέτρηση της ηθικής ευαισθησίας των υποψήφιων δασκάλων. Η έρευνα αυτή εστιάζει σε υποψήφιους δασκάλους, διότι με βάση ερευνητικά δεδομένα, υπάρχει πολύ περιορισμένη έρευνα για τις επιστημολογικές πεποιθήσεις, την ηθική ευαισθησία και τον τρόπο που οι υποψήφιοι δάσκαλοι διαχειρίζονται SSIs, καθώς επίσης και για το πώς θα πρέπει να εκπαιδεύονται για να αξιοποιούν αποτελεσματικά SSIs στο πλαίσιο της διδακτικής των ΦΕ.

Ειδικότερα, έχουν τεθεί τα ακόλουθα δύο ερευνητικά ερωτήματα: (α) Ποια η σχέση μεταξύ των Επιστημολογικών Πεποιθήσεων υποψήφιων δασκάλων και του αριθμού των ηθικών επιχειρημάτων που οικοδομούν στο πλαίσιο διαχείρισης SSIs; (β) Ποια η σχέση μεταξύ των Επιστημολογικών Πεποιθήσεων υποψήφιων δασκάλων και της ποιότητας των ηθικών επιχειρημάτων που οικοδομούν στο πλαίσιο διαχείρισης SSIs;

Η **Μεθοδολογία**

Δείγμα της έρευνας

250 φοιτητές/τριες Τμήματος Επιστημών της Αγωγής δημόσιου πανεπιστημίου.

Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Για τη μέτρηση των ΕΠ χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο πέντε διαστάσεων, που αναπτύχθηκε και εγκυροποιήθηκε για την παρούσα έρευνα, με βάση το μοντέλο των πολλαπλών διαστάσεων για ΕΠ (Hofer & Pintrich 1997). Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από 30 δηλώσεις, από τις οποίες 6 αφορούν στη συνιστώσα *Βεβαιότητα της γνώσης* (η γνώση

είναι αβέβαιη και εξελισσόμενη), 6 αφορούν στην *Περιπλοκότητα της γνώσης* (η γνώση προέρχεται από τη διάδραση εννοιών, ιδεών, δεδομένων, παρατηρήσεων και γεγονότων), 6 αφορούν στην *Ανάπτυξη της γνώσης* (η γνώση αναπτύσσεται από τους ανθρώπους και χαρακτηρίζεται από εσωτερική συνοχή και συνέπεια), 6 αφορούν στην *Πηγή της γνώση* (προέλευση της γνώσης), και 6 αφορούν στην *Αιτιολόγηση της γνώσης* (η γνώση αξιολογείται από τους ανθρώπους). Οι ερωτηθέντες κλήθηκαν να δηλώσουν με βάση την κλίμακα Likert τεσσάρων διαβαθμίσεων (1 = Διαφωνώ πλήρως, 2= Διαφωνώ, 3=Συμφωνώ, 4= Συμφωνώ πλήρως) τον βαθμό που τους αντιπροσώπευε η κάθε δήλωση. Με βάση την κλίμακα Likert του ερωτηματολογίου, ψηλά αποτελέσματα, με βάση τις απαντήσεις των ερωτηθέντων, αντιπροσωπεύουν ανεπτυγμένες και ώριμες ΕΠ, ενώ χαμηλά αποτελέσματα αντιπροσωπεύουν λιγότερο ανεπτυγμένες και ώριμες ΕΠ.
Για τη μέτρηση των ηθικών επιχειρημάτων (μέσο μέτρησης ηθικών επιχειρημάτων) των φοιτητών αξιοποιήθηκαν τρία διαφορετικά SSIs με ηθικές προεκτάσεις, καθώς και ερωτηματολόγιο για την οικοδόμηση επιχειρημάτων. Ειδικότερα, οι 250 φοιτητές της έρευνας κλήθηκαν να οικοδομήσουν επιχειρήματα, -κοινωνικά, ηθικά, επιστημονικά, οικονομικά, οικολογικά-, αντεπιχειρήματα και αντικρούσεις αντεπιχειρημάτων, στο πλαίσιο της λήψης απόφασης για τρία διαφορετικά SSIs. Σύμφωνα με την έρευνα αυτή, άτομα που οικοδομούν περισσότερα και ποιοτικότερα έγκυρα ηθικά επιχειρήματα για τα SSIs, θεωρείται ότι έχουν πιο ανεπτυγμένη ηθική ευαισθησία, σε σχέση με άτομα που οικοδομούν λιγότερα σε αριθμό και ποιότητα ηθικά επιχειρήματα.

3. Αποτελέσματα

Για να διερευνηθεί το κατά πόσο οι ΕΠ των υποψήφιων δασκάλων μπορούν να προβλέψουν τον αριθμό και την ποιότητα των ηθικών επιχειρημάτων, αντεπιχειρημάτων και αντικρούσεων αντεπιχειρημάτων, που οικοδόμησαν στο πλαίσιο διαχείρισης SSIs, διενεργήθηκαν δύο σειρές ιεραρχικών παλινδρομικών αναλύσεων. Για κάθε ανάλυση χρησιμοποιήθηκαν ως μεταβλητές πρόβλεψης οι πέντε διαστάσεις των ΕΠ τους (*Βεβαιότητα της γνώσης, Πολυπλοκότητας της γνώσης, Πηγή της γνώσης, Αξιολόγηση της γνώσης, Ανάπτυξη της γνώσης*). Ως εξαρτημένες μεταβλητές στις ιεραρχικές παλινδρομικές αναλύσεις χρησιμοποιήθηκε ο αριθμός και η ποιότητα των ηθικών επιχειρημάτων, αντίστοιχα. Η ποιότητα των ηθικών επιχειρημάτων αξιολογήθηκε και ποσοστικοποιήθηκε (0-5) με βάση συγκεκριμένα κριτήρια αξιολόγησης, που αναπτύχθηκαν για την παρούσα έρευνα.

Τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν ότι η μεταβλητή *Πολυπλοκότητα της γνώσης* των ΕΠ των υποψήφιων δασκάλων προβλέπει στατιστικά σημαντικά τον αριθμό και την ποιότητα των ηθικών επιχειρημάτων ($\beta= .16$, $p<.01$ και $\beta= .25$, $p<.001$, αντίστοιχα) που οικοδομούν στο πλαίσιο διαχείρισης SSIs.

4. Συμπεράσματα

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, διαπιστώνεται ότι οι υποψήφιοι δάσκαλοι που διαθέτουν ανεπτυγμένες ΕΠ για την *Πολυπλοκότητα της γνώσης* (δηλαδή θεωρούν ότι η δομή της γνώσης είναι περίπλοκη και η γνώση προέρχεται από τη διάδραση εννοιών, ιδεών, δεδομένων, παρατηρήσεων και γεγονότων και όχι από την απλή συλλογή πληροφοριών και παρατηρήσεων), δυνητικά, μπορούν και εντοπίζουν περισσότερο τις ηθικές πτυχές ενός SSI και οικοδομούν περισσότερα και ποιοτικότερα ηθικά επιχειρήματα για τη λήψη απόφασης για SSI - γεγονός που παραπέμπει σε ανεπτυγμένη ηθική ευαισθησία-, παρά οι υποψήφιοι

δάσκαλοι με λιγότερο ανεπτυγμένες ΕΠ για τη δομή της γνώσης. Απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση του συγκεκριμένου θέματος.

5. Βιβλιογραφία

Fowler, S., Zeidler, D. & Sadler, T. (2009). Moral Sensitivity in the Context of Socioscientific Issues in High School Science Students. *International Journal of Science Education 31*(2), 279-296

Hofer, B. K., Pintrich, P. R. (1997). The development of epistemological theories: beliefs about knowledge and knowing their relation to learning. *Review of educational Research*, 67(2), 88-140.

Rest, J. R. (1986) *Moral development: advances in research and theory* .New York , NY, Praeger.

Sadler, T. D., (2004). Moral sensitivity and its contribution to the resolution of socio-scientific issues.*Journal of Moral Education, 33*(3), 339-358.

Wu, Y. & Tsai, C. (2011). High School Students' Informal Reasoning Regarding a Socio-scientific Issue, with Relation to Scientific Epistemological Beliefs and Cognitive Structures. *International Journal of Science Education, 33*(3), 371-400.

ΟΙ ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΠΟΙΑ Η ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ Η ΑΞΙΑ ΤΟΥΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΕΝΝΟΙΩΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΣΕ ΠΑΙΔΙΑ ΗΛΙΚΙΑΣ 5 ΚΑΙ 9 ΧΡΟΝΩΝ

Μαμίνα Κανελλίδου, Ζαχαρίας Ζαχαρία

Τμήμα Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εντοπίσει τα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτουν οι οπτικοποιήσεις ώστε να είναι όσο το δυνατό αποδοτικότερες στα πλαίσια της διδασκαλίας για την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών κάτω των δέκα χρόνων. Η έρευνα περιλαμβάνει πέραν των 150 μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης από τα δημόσια σχολεία της Κύπρου. Το 50% του δείγματος (75 μαθητές) θα είναι μαθητές προδημοτικής, ηλικίας 5 και 6 χρόνων, ενώ το υπόλοιπο 50% του δείγματος (75 μαθητές) θα αποτελούν μαθητές της τρίτης τάξης του δημοτικού σχολείου, παιδιά ηλικίας 8 και 9 χρόνων. Η κάθε ηλικιακή ομάδα θα χωριστεί σε πέντε ομάδες των 15 ατόμων, ανάλογα με το είδος της οπτικοποίησης που θα χρησιμοποιήσει στην εφαρμογή: 15 θα ασχοληθούν αποκλειστικά με εικόνες σκίτσα (Sketch Pictures), 15 παιδιά με κινούμενα σχέδια (animations), 15 με ρεαλιστικές φωτογραφίες, 15 μαθητές με βίντεο που περιλαμβάνουν ρεαλιστικές σκηνές και 15 μαθητές που θα ασχοληθούν αποκλειστικά με τα ολογράμματα. Από τα πρώτα πιλοτικά αποτελέσματα προκύπτει ότι οι οπτικοποιήσεις είναι ιδιαίτερα επωφελείς για τη διδασκαλία φυσικών φαινομένων σε παιδιά μικρότερων ηλικιών και συγκεκριμένα οι κινούμενες οπτικοποιήσεις οι οποίες παρουσιάζουν σφαιρικά την παρουσίαση του υπό μελέτη φαινομένου.

Abstract

The purpose of this study is to identify which of the characteristics of visualisations can make them more effective with regard to the conceptual understanding of children up to ten years old. The sample of this research consists of 150 children with the 50 percent aged between 5 and 6 (kindergarten level) and 50 percent aged between 8 and 9 (third class of primary school). Each age group will be devided in five groups of 15 students based on the type of visualisations used (15 students will use sketches pictures, 15 cartoons, 15 realistic photos, 15 realistic videos and 15 holograms). The first pilot results show that visualisations are effective for learning in science education for children at first level of education with the moving visualisations and holograms being the most effective due to the fact that they mostly represent the subject of this study.

1. Εισαγωγή

Από τις πρώτες οπτικοποιήσεις και αναπαραστάσεις που εντοπίστηκαν πριν 42000 χρόνια σε σπηλιές μέχρι και τις πιο σύγχρονες και τρισδιάστατες οπτικοποιήσεις, καλούμαστε να αντλήσουμε πληροφορίες αλλά και να αντιληφθούμε την λειτουργία του κόσμου. Είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τις επιστήμες και κυρίως με τις φυσικές επιστήμες αφού αποτελούν κύρια εργαλεία ανακάλυψης, κατανόησης, επικοινωνίας, διδασκαλίας (Μικρόπουλος 2002) και επεξήγησης διαφόρων λειτουργιών και φαινομένων.

Οι οπτικοποιήσεις ως σύγχρονα εργαλεία μετασχηματισμού της γνώσης, κάνουν τις αόρατες διεργασίες ορατές, φαινόμενα και διεργασίες που πραγματοποιούνται σε μοριακό ή υπομοριακό επίπεδο αντιληπτές. Με την ενσωμάτωση τους στις Φυσικές Επιστήμες και συγκεκριμένα στην εκπαιδευτική διαδικασία κάνουν την διδασκαλία πιο ενδιαφέρουσα και προσιτή στα παιδιά και τους δίνουν την ευκαιρία να ανακαλύψουν, να πειραματιστούν, να αναλύσουν και να οπτικοποιήσουν μετρήσιμα φαινόμενα των φυσικών επιστημών, όπως ο ήχος, ο ηλεκτρισμός, η κίνηση (Norooz et al. 2015), να αναπτύξουν επιστημονικές και πρακτικές δεξιότητες όπως τις χωροταξικές τους δεξιότητες (Lin & Chen 2016), ενώ ενισχύουν και την εννοιολογική κατανόηση.

Οι οπτικοποιήσεις ποικίλουν ως προς το είδος, την λειτουργία τους, αλλά και τον σκοπό που εξυπηρετούν. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης και σε διάφορες θεματικές ενότητες. Η παρούσα έρευνα θα εστιασθεί στην χρήση των οπτικοποιήσεων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και συγκεκριμένα στις μικρότερες ηλικίες.

Πιο συγκεκριμένα η έρευνα θα μελετήσει κατά πόσο η χρήση των οπτικοποιήσεων κατά την διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε παιδιά μικρότερων ηλικιών, βοηθά στην εννοιολογική κατανόηση διαφόρων εννοιών παρουσιάζοντας απλοποιημένο και οπτικά το φαινόμενο ώστε να γίνει αντιληπτό και κατανοητό στο παιδί, καθώς και να εντοπίσει τα κύρια χαρακτηριστικά μεταξύ στατικών και κινούμενων οπτικοποιήσεων που μπορούν να ενισχύουν την κατανόηση εννοιών σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ακόμη θα μελετηθεί κατά πόσο η υπερφόρτωση του γνωστικού φορτίου μέσω των διαφόρων οπτικοποιήσεων που θα χρησιμοποιηθούν, μπορεί να επηρεάσει την εννοιολογική κατανόηση των υπό μελέτη φαινομένων.

Τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν θα είναι κινούμενες και στατικές οπτικοποιήσεις, οι οποίες θα παρουσιάζουν ρεαλιστικές και σκιτσογραφημένες αναπαραστάσεις και τρισδιάστατες οπτικοποιήσεις. Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιηθούν ρεαλιστικά βίντεο και κινούμενα σχέδια, σκίτσα, φωτογραφίες, στοιχεία που χρησιμοποιούν τα παιδιά σχεδόν καθημερινά καθώς και ολογράμματα (τρισδιάστατες οπτικοποιήσεις). Ο Scheiter και άλλοι (2009) σε έρευνα τους προβληματίζονται κατά πόσον οι ρεαλιστικές εικόνες είναι περισσότερο χρήσιμες και βοηθητικές παρά οι αφηρημένες εικόνες. Αυτά τα σημεία λοιπόν έρχονται να καθορίσουν τόσο την αναγκαιότητα αλλά και την σπουδαιότητα της παρούσας έρευνας που επιδιώκεται να εφαρμοστεί. Όλες οι οπτικοποιήσεις που θα χρησιμοποιηθούν έχουν σκοπό να εντοπίσουν την εννοιολογική κατανόηση που προκύπτει για το υπό μελέτη φαινόμενο τόσο σε παιδιά προδημοτικής ηλικίας, όσο και σε μεγαλύτερα παιδιά τρίτης δημοτικού, ώστε να εντοπισθούν οι διαφορές και η εξέλιξη όσων αφορά την κατανόηση του συγκεκριμένου φαινομένου ηλικιακά. Το θεματικό πλαίσιο της εργασίας αφορά την εναλλαγή της ημέρας με τη νύχτα και θεματολογία από την αστρονομία, φαινόμενα με τα οποία τα παιδιά έρχονται σε επαφή από τα πρώτα χρόνια της ζωής τους.

Η σπουδαιότητα λοιπόν έγκειται στο γεγονός ότι με την ολοκλήρωση της εφαρμογής, θα παρουσιαστούν μετρήσιμα αποτελέσματα για την χρήση των συγκεκριμένων εργαλείων ώστε να διαπιστωθεί η ωφελιμότητα τους και στις μικρότερες ηλικίες. Επιπλέον θα προκύψουν τόσο τα χαρακτηριστικά τα οποία θεωρούνται σημαντικότερα για τους μαθητές αλλά και το επίπεδο της εννοιολογικής αλλαγής που εντοπίζεται μεταξύ των δυο ηλικιών στην συγκεκριμένη θεματική ενότητα και με την χρήση των ίδιων ακριβώς οπτικοποιήσεων.

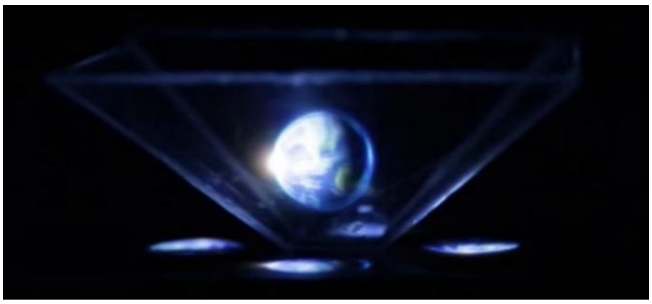
Συνοψίζοντας, στην παρούσα έρευνα πρόκειται να μελετηθεί το είδος των οπτικοποιήσεων και συγκεκριμένα ορισμένα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτουν οι οπτικοποιήσεις ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο ωφέλιμες στα πλαίσια της διδασκαλίας. Πιο συγκεκριμένα η παρούσα έρευνα επιδιώκει να δώσει απαντήσεις στα ερευνητικά ερωτήματα:

- Πώς συγκρίνεται η χρήση κινούμενων και στατικών οπτικοποιήσεων ως προς την εννοιολογική κατανόηση μαθητών ηλικίας 5 και 8 χρόνων;
- Πώς συγκρίνεται η χρήση οπτικοποιήσεων με ρεαλιστικές εικόνες ή με εικόνες σκίτσα ως προς την εννοιολογική κατανόηση μαθητών ηλικίας 5 και 8 χρόνων;
- Ποια χαρακτηριστικά πρέπει να έχουν οι οπτικοποιήσεις που απευθύνονται σε παιδιά πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, και συγκεκριμένα σε μαθητές ηλικίας 5 και 8 χρόνων, κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών;

2. Μεθοδολογία

Η έρευνα διεξάγεται είδη σε σχολεία της Κύπρου σε πιλοτική βάση. Ωστόσο συνολικά το δείγμα της παρούσας έρευνας επιδιώκεται να ανέρχεται πέραν των 150 μαθητών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης από τα δημόσια σχολεία της Κύπρου. Πιο συγκεκριμένα, το 50% του δείγματος (75 μαθητές) θα είναι μαθητές των πρώτων βαθμίδων της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και συγκεκριμένα παιδιά προδημοτικής, ηλικίας 5 και 6 χρόνων, ενώ το υπόλοιπο 50% του δείγματος (75 μαθητές) θα προέρχονται από δημοτικά και πιο ειδικά θα αποτελούν μαθητές της τρίτης τάξης του δημοτικού σχολείου, παιδιά ηλικίας 8 και 9 χρόνων. Όλο το δείγμα θα είναι μαθητές που φοιτούν στις προαναφερθείσες βαθμίδες την σχολική χρονιά 2016 – 2017. Επιπλέον η κάθε ηλικιακή ομάδα θα χωριστεί σε πέντε ομάδες (15 άτομα σε κάθε ομάδα), ανάλογα με το είδος της οπτικοποίησης που θα χρησιμοποιήσει στην εφαρμογή. Πιο συγκεκριμένα από τα 75 παιδιά της προδημοτικής εκπαίδευσης, τα 15 θα ασχοληθούν αποκλειστικά με εικόνες σκίτσα (Sketch Pictures), 15 παιδιά με κινούμενα σχέδια (animations), 15 με ρεαλιστικές φωτογραφίες, 15 μαθητές με βίντεο που περιλαμβάνουν ρεαλιστικές σκηνές και 15 μαθητές που θα ασχοληθούν αποκλειστικά με τα ολογράμματα (Εικόνα 1). Οι αντίστοιχες πέντε ομάδες θα υπάρχουν και στα παιδιά της Γ΄ τάξης δημοτικού σχολείου.

Εικόνα 1: Οπτικοποίηση Γης σε ολόγραμμα



Όλοι οι μαθητές και των δυο ηλικιών κατά την διάρκεια της εφαρμογής, πραγματοποιούν σύντομες ατομικές συνεντεύξεις (20 λεπτά), στις οποίες κάνουν παρατηρήσεις σε συγκεκριμένες οπτικοποιήσεις και απαντούν σε συγκεκριμένες ερωτήσεις που υποβάλλει ο ίδιος ο ερευνητής. Ο ερευνητικός σχεδιασμός στηρίζεται επιπλέον σε δυο φάσεις. Η κάθε ομάδα χρησιμοποιώντας οπτικοποιήσεις από την κατηγορία εργαλείων στην οποία ανήκει (σκίτσα, κινούμενα σχέδια, φωτογραφίες, βίντεο και ολογράμματα), κατά την διάρκεια της συνέντευξης ασχολείται στην πρώτη φάση με το σχήμα του ήλιου και της γης, ενώ στην δεύτερη φάση η θεματολογία αφορά την εναλλαγή της ημέρας και της νύχτας. Και οι δυο φάσεις στηρίζονται στις παρατηρήσεις που πραγματοποιούν οι μαθητές κατά την διάρκεια της

συνέντευξης από τις οπτικοποιήσεις που προβάλλονται σε αυτούς. Κατά την διάρκεια της συνέντευξης όλοι οι μαθητές κλίνονται να εκφράσουν τις απόψεις τους και να δημιουργήσουν μαθησιακά προϊόντα με τα υλικά που έχουν στην διάθεση τους πριν και μετά την προβολή των οπτικοποιήσεων. Τα δεδομένα συλλέγονται από την καταγραφή των απόψεων και των μαθησιακών προϊόντων των μαθητών με βιντεοκάμερα και μικρόφωνα.

3. Αποτελέσματα

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων θα πραγματοποιηθεί ποσοτική αλλά και ποιοτική ανάλυση δεδομένων, ενώ όλες οι συνεντεύξεις θα αναλυθούν και θα κωδικοποιηθούν ανώνυμα. Από τα πρώτα πιλοτικά ποιοτικά αποτελέσματα που προκύπτουν φαίνεται ότι η χρήση των οπτικοποιήσεων είναι επωφελής στη διδασκαλία των συγκεκριμένων εννοιών και για τις δυο ηλικίες. Αναμένεται ότι τα τελικά αποτελέσματα θα είναι καλύτερα στις ομάδες που έχουν ως εργαλεία τις κινούμενες οπτικοποιήσεις, κινούμενα σχέδια, ρεαλιστικά βίντεο και ολογράμματα. Επίσης όσον αφορά εννοιολογική κατανόηση για το σχήμα της γης αναμένεται ότι τα παιδιά μεγαλύτερων ηλικιών θα έχουν λιγότερες παρανοήσεις όσον αφορά το σχήμα της γης σε σχέση με τα παιδιά μικρότερων ηλικιών, ωστόσο θα παρουσιαστούν σημαντικές αλλαγές στις ομάδες και των δυο ηλικιών που χρησιμοποιούν τις κινούμενες αναπαραστάσεις. Με την ολοκλήρωση των συνεντεύξεων και της συλλογής δεδομένων από όλο το δείγμα, ένας από τους ελέγχους που θα εφαρμοστούν, πολύ πιθανόν να είναι και ο στατιστικός έλεγχος Kruskal - Wallis one-way analysis of variances για σκοπούς σύγκρισης μεταξύ των μέσων κατατάξεων των ομάδων ανάλογα με την κατηγορία οπτικοποίησης που θα χρησιμοποιήσουν.

4. Συμπεράσματα

Με το πέρας της έρευνας ένα γενικό συμπέρασμα που είναι πολύ πιθανόν να προκύψει είναι ότι η χρήση των οπτικοποιήσεων είναι επωφελής για τους μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, όπως παρόμοια αποτελέσματα προκύπτουν στις πλείστες έρευνες που καταπιάνονται με τις οπτικοποιήσεις. Πιο συγκεκριμένα αναμένεται ότι με τη χρήση των ολογραμμάτων, που ουσιαστικά αποτελούν τρισδιάστατη οπτικοποίηση, οι μαθητές θα έχουν μια πιο ξεκάθαρη εικόνα των αναπαριστώμενων εννοιών και φαινομένων, αποφεύγοντας να διατηρήσουν τις αποσπασματικές όψεις ενός φαινομένου που μπορεί να έχουν στο μυαλό τους ή να δημιουργηθούν μέσα από τις εικόνες που βλέπουν (Τσάκωνας και άλλοι 2013).
Επιπλέον αναμένεται ότι θα υπάρχουν περισσότερα θετικά αποτελέσματα από την χρήση animation με την συνοδεία ακουστικού υλικού, αφού δεν θα δημιουργήσει υπερφόρτωση του γνωστικού φορτίου, μιας και το ακουστικό υλικό θα είναι σύντομο σε σχέση με τις στατικές οπτικοποιήσεις που θα χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με το ίδιο ακουστικό υλικό, αφού θα προσθέσουν στοιχεία στη μνήμη του παιδιού και θετικές επιδράσεις ώστε να κατανοήσουν ευκολότερα τις έννοιες για να καταγραφούν και να κωδικοποιηθούν στην μνήμη τους (Zahra 2016). Τέλος, θεωρούμε ότι οι παρανοήσεις θα είναι αρκετές ωστόσο θα είναι λιγότερες στα μεγαλύτερα παιδιά.

5. Βιβλιογραφία

Μικρόπουλος, Τ. (2002) *Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στην Οικοδόμηση της ΓΝΩΣΗΣ στις Φυσικές Επιστήμες.* 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών. Ρέθυμνο 2002

Τσάκωνας Π., Σαρρής Μ.Μ, Γκικοπούλου Ο., Καλκάνης Γ.Θ. (2013). "*Προσομοίωση / 3D Οπτικοποίηση i) των Περιστρεφόμενων Διανυσμάτων για την παραγωγή ημιτονοειδώς μεταβαλλόμενων μεγεθών, και ii) της Καταστατικής Εξίσωσης του Ιδανικού Αερίου με με Εκπαιδευτικά Λογισμικά – Μια πρώτη Εκδοχή και Εφαρμογή /Αξιολόγηση».* 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών. Βόλος 2013

Lin, C. H. & Chen, C. M. (2016). Developing spatial visualization and mental rotation with a digital puzzle game at primary school level. *Computers in Human Behavior*, *57*, 23-30.

Norooz, L., Mauriello, M. L., Jorgensen, A., McNally, B. & Froehlich, J. E. (2015, April). BodyVis: A New Approach to Body Learning Through Wearable Sensing and Visualization. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1025-1034). ACM.

Scheiter, K., Gerjets, P., Huk, T., Imhof, B. & Kammerer, Y. (2009). The effects of realism in learning with dynamic visualizations. *Learning and Instruction*, 19 (6), 481-494.

Zahra, S. B. (2016). Effect of Visual 3D animation in education. *European Journal of Computer Science and Information Technology*, *4*(1), 1-9.

ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΦΟΙΤΗΤΡΙΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΟΜΕΝΟΙ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΣΧΕΔΙΑΖΟΥΝ ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ, ΑΚΟΛΟΥΘΩΝΤΑΣ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ ΤΗΣ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ

Αναστάσιος Μολοχίδης, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Ο σκοπός αυτής της εργασίας είναι να βοηθήσει τους προπτυχιακούς φοιτητές στο σχεδιασμό πειραματικών δραστηριοτήτων, που βασίζονται στη διερεύνηση. Οι φοιτητές εισάγονται σταδιακά στη διερεύνηση, ως μια στρατηγική που μπορεί να εφαρμοστεί σε πειραματική διδασκαλία και στη συνέχεια είναι σε θέση να σχεδιάσουν φύλλα εργασίας με βάση τις αρχές του «συνεχούς της διερεύνησης». Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται το περίγραμμα του μαθήματος που αναπτύχθηκε και τα πρώτα αποτελέσματα εφαρμογής του.

Abstract

The aim of this paper is to help undergraduate students in designing inquiry-based experimental activities. The students are gradually introduced to inquiry, as a strategy that can be applied in experimental teaching and then are able to design worksheets based on the design principles of "inquiry continuum". In this work the course outline and first results are presented.

1. Εισαγωγή

Στόχος των διαφόρων μορφών επιμορφωτικών παρεμβάσεων στην εκπαίδευση, είναι ο κατά το δυνατόν εμπλουτισμός και η διεύρυνση της Παιδαγωγικής Γνώσης Περιεχομένου (ΠΓΠ), ώστε να ενισχυθεί η δυνατότητα των διδακτικών παρεμβάσεων των επιμορφούμενων εκπαιδευτικών αλλά και του αναστοχασμού τους (Kariotoglou et al. 2014). Η ΠΓΠ ως επαγγελματική γνώση περικλείει στοιχεία που προτείνεται να βιώνονται παρά να διδάσκονται (Beijaard et al. 1996, Veal et al. 1999) άρα περισσότερο απευθύνονται σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς, εν τούτοις ο ρόλος της εισαγωγής τέτοιων στοιχείων και στην βασική εκπαίδευση (pre-service teachers) είναι πολύ σημαντικός. Με την ενσωμάτωση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία οι Mishra & Koehler με μια σειρά άρθρων (Mishra et al 2006, Koehler et al. 2009), επέκτειναν το πλαίσιο της ΠΓΠ του Shulman (1986) προς την Τεχνολογική Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (ΤΠΓΠ).

Στόχος των μαθημάτων που παρέχει το «Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας» (ΔιΦΕΤ) στο Τμήμα Φυσικής στη Σχολή Θετικών Επιστημών του Α.Π.Θ., είναι να βοηθήσει τους φοιτητές με ήδη επαρκή γνώση των εννοιών της Φυσικής και αρκετή πειραματική εμπειρία απο τα διάφορα εργαστηριακά μαθήματα του Τμήματος, να ασκηθούν πάνω σε σύγχρονα διδακτικά μοντέλα και στρατηγικές. Έτσι, η ανάπτυξη δραστηριοτήτων βασισμένων στη διερεύνηση, αποτέλεσε ένα κύριο σχεδιαστικό μέρος

μαθήματος - παρέμβασης. Εκτιμούμε ότι η ικανότητα των φοιτητών να κατασκευάζουν δραστηριότητες με βάση τη διερεύνηση, δεν βασίζεται μόνο στην καλή γνώση του θέματος που πρέπει να διδάσκεται, αλλά και στην εμπειρία και τον προβληματισμό - αναστοχασμό που επιφέρουν οι πειραματικές διαδικασίες. Θεωρούμε δε, ότι τα προσομοιωμένα εργαστήρια (Web VL) που έχουμε σχεδιάσει, αναπτύξει και παρουσιάσει σε άλλες εργασίες, είναι και το πλέον κατάλληλο όχημα για αυτό (Molohidis et al. 2015, Μολοχίδης κ.α. 2016). Για το λόγο αυτό σχεδιάσαμε και αναπτύξαμε μια μαθησιακή διδακτική ακολουθία, στο πλαίσιο της ΤΠΓΠ, με στόχο την μάθηση όχι ενός γνωστικού αντικειμένου αλλά μιας διδακτικής στρατηγικής, της διερεύνησης, ακολουθώντας το μοντέλο του "συνεχούς της διερεύνησης" (inquiry continuum, Hegarty - Hazel 1986), στοχεύοντας οι φοιτητές να κατανοήσουν τη διαδικασία και να υιοθετήσουν δεξιότητες σχεδιασμού δραστηριοτήτων, βασισμένων στη διερεύνηση.

2. Μεθοδολογία

Ερευνητικό ερώτημα

Το ερευνητικό ερώτημα της παρούσας εργασίας είναι: «*κατανοούν οι φοιτητές τα επίπεδα της διερεύνησης και ποιες ενέργειες από μαθητή και διδάσκοντα γίνονται σε κάθε επίπεδο;*»

Εργαλεία

Οι γνώσεις των φοιτητών σχετικά με τα επίπεδα του μοντέλου του "συνεχούς της διερεύνησης" αξιολογήθηκαν με εστιασμένο έργο (βλ. Παράρτημα) που δόθηκε μετά το τέλος του μαθήματος. Η πορεία των φοιτητών αξιολογήθηκε από τα Φύλλα Εργασίας (ΦΕ) που σχεδίασαν και ανέπτυξαν κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Τέλος, μετά το μάθημα καταγράφηκε με ερωτηματολόγιο η αυτό-αξιολόγησή τους σε 3 άξονες: (α) διάκριση των βημάτων μιας πειραματικής διδασκαλίας, (β) τρόποι εμπλοκής των μαθητών στην πειραματική διδασκαλία και (γ) σχεδιασμός ΦΕ.

Δείγμα

Το δείγμα αποτελούν 12 φοιτητές και φοιτήτριες του Τμήματος Φυσικής του ΑΠΘ (7 φοιτητές, 5 φοιτήτριες), στο 4^{ο} έτος των σπουδών τους, που παρακολούθησαν το μάθημα «Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτικό λογισμικό», κατά το εαρινό εξάμηνο 2015-2016. Το μάθημα περιέχει παράλληλα θεωρητικό και εργαστηριακό μέρος.

Πίνακας 1: Εργαστηριακές δραστηριότητες στο «συνεχές της διερεύνησης» κατά Hegarty-Hazel

Επίπεδο	Πρόβλημα	Διαδικασία	Ανάλυση	Συμπεράσματα	Ονομασία Επιπέδου
0	Δίνεται	Δίνεται	Δίνεται	Δίνεται	Επιβεβαιωτικό
1	Δίνεται	Δίνεται	Δίνεται	Ανοιχτό	Καθοδηγούμενη διερεύνηση
2α	Δίνεται	Δίνεται	Ανοιχτό	Ανοιχτό	Προσανατολισμένη διερεύνηση
2β	Δίνεται	Ανοιχτό	Ανοιχτό	Ανοιχτό	Προσανατολισμένη διερεύνηση
3	Ανοιχτό	Ανοιχτό	Ανοιχτό	Ανοιχτό	Ανοιχτή διερεύνηση

Σχεδίαση της παρέμβασης

Σύμφωνα με το μοντέλο Hegarty-Hazel (1986) υπάρχουν πέντε επίπεδα διερεύνησης (Πίνακας 1): η επιβεβαιωτική διερεύνηση, η δομημένη ή καθοδηγούμενη διερεύνηση, η προσανατολισμένη διερεύνηση (δύο επίπεδα) και η ανοιχτή διερεύνηση (Κουμαράς 2015). Κάθε επίπεδο διαφοροποιείται από το προηγούμενο σε σχέση με το ποιος (ο καθηγητής ή ο μαθητής) θέτει το πρόβλημα, ποιος σχεδιάζει τη διαδικασία, ποιος επεξεργάζεται τα δεδομένα και ποιος διατυπώνει το συμπέρασμα (Bell et al. 2005).
Το εργαστηριακό μέρος του μαθήματος αποτελούνταν από 10 δίωρα εργαστήρια. Ο σχεδιασμός της παρέμβασης ακολούθησε την λογική: σχεδιασμός, ανάπτυξη, αναστοχασμός και συζήτηση πειραματικών δραστηριοτήτων, βασισμένων στο μοντέλο του «συνεχούς της διερεύνησης». Η δομή των 10 εργαστηρίων ήταν:

- Στα 2 πρώτα εργαστήρια ($1^{ο}$, $2^{ο}$) έγινε μια εισαγωγή στους φοιτητές σχετικά με τη σχεδίαση πειραματικών δραστηριοτήτων, των ΦΕ και εξοικείωση των φοιτητών με τα εικονικά web-εργαστήρια.
- Σε κάθε επόμενο «μονό» εργαστήριο ($3^{ο}$, $5^{ο}$, κλπ) γινόταν διαπραγμάτευση ενός από τα επίπεδα της διερεύνησης. Οι φοιτητές εξοικειωνόταν εργαστηριακά με το επίπεδο διερεύνησης.
- Στη συνέχεια, οι φοιτητές, ως εργασία στο σπίτι, σχεδίαζαν τις δικές τους δραστηριότητες (κάθε φορά σε άλλο θέμα Φυσικής) στα πρότυπα του επιπέδου που είχαν διδαχτεί και συνέθεταν ένα ΦΕ που έστελναν με ηλεκτρονικό ταχυδρομείο στον διδάσκοντα.
- Σε κάθε «ζυγό» εργαστήριο ($4^{ο}$, $6^{ο}$, κλπ) αναλύονταν και σχολιάζονταν τα ΦΕ που είχαν ετοιμάσει οι φοιτητές.

Αναλύοντας τα επίπεδα της διερεύνησης προσδιορίστηκαν 9 βασικά στάδια (βλ. Παράρτημα) που είναι κοινά σε όλα τα επίπεδα. Τα στάδια αυτά ομαδοποιήθηκαν σε 4 διακριτές φάσεις (διατύπωση προβλήματος και υπόθεσης , πειραματική διαδικασία, ανάλυση δεδομένων, συμπεράσματα), κατά το πρότυπο της διερεύνησης, και αποτέλεσαν τη βάση για τα ΦΕ. Κάθε φάση δομείται υποβοηθούμενη από ερωτήματα όπως *Τι πρόκειται να ερευνήσω? Τι θα συμβεί, κατά τη γνώμη μου και γιατί; Τι σχεδιάζω να κάνω; Τι θα χρειαστώ; Ποια είναι τα αποτελέσματα; Είναι αυτά που περίμενα; Γιατί συνέβη αυτό; κλπ.* (Hackling 1998, Σκουμιός 2012). Στο αρχικό επίπεδο της διερεύνησης οι απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα δίνονται στο ΦΕ, όμως καθώς προχωράμε σε πιο ανοιχτού τύπου διερευνήσεις, οι απαντήσεις σταδιακά εκλείπουν, και αφήνεται χώρος στους (εν δυνάμει) μαθητές να τις συμπληρώσουν.
Έτσι ακολουθώντας το μοντέλο του «συνεχούς της διερεύνησης», οι φοιτητές σταδιακά μεταβαίνουν από το επίπεδο του σχεδιασμού ΦΕ επιβεβαιωτικής διερεύνησης προς το επίπεδο της ανοιχτής διερεύνησης. Στόχος της διαδακτικής παρέμβασης οι φοιτητές να κατανοήσουν τη διερεύνηση ως μια διδακτική στρατηγική και να υιοθετήσουν δεξιότητες σχεδιασμού δραστηριοτήτων βασισμένων στη διερεύνηση.

3. Αποτελέσματα

Μετά την ολοκλήρωση των μαθημάτων οι φοιτητές συμπλήρωσαν τον Πίνακα του παραρτήματος, όπου οι στήλες αναφέρονται στα 4 επίπεδα διερεύνησης και οι σειρές στα 9 βασικά στάδια μιας διερεύνησης, τόσο σε σχεδιαστικό επίπεδο (Σ) όσο και σε επίπεδο υλοποίησης (Υ), δηλ. ποιος σχεδιάζει και ποιος υλοποιεί το κάθε στάδιο. Έτσι έχουμε

9x4x2=72 κελιά που συμπληρώθηκαν σωστά από τους φοιτητές, σε ποσοστό >90%, στο ποιος ενεργεί, ο καθηγητής ή ο μαθητής. Από τη συμπλήρωση του Πίνακα αλλά και από τα ΦΕ που δημιούργησαν προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι φοιτητές κατανόησαν τα επίπεδα διερεύνησης και το ποιος είναι αυτός που ενεργεί σε κάθε περίπτωση.
Από το ερωτηματολόγιο αυτό-αξιολόγησης προκύπτει ότι οι φοιτητές θεωρούν τους εαυτούς τους ικανούς να διακρίνουν τα βήματα μιας πειραματικής διδασκαλίας, γνωρίζουν επαρκώς τρόπους εμπλοκής των μαθητών στην πειραματική διδασκαλία μέσω ΦΕ και μπορούν να σχεδιάσουν ΦΕ με στόχο την εμπλοκή των μαθητών σε πειραματική διδασκαλία.

4. Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω αποτελέσματα συνάγεται ότι οι φοιτητές κατανόησαν τα επίπεδα της διερεύνησης και ποιες ενέργειες από μαθητή και διδάσκοντα γίνονται σε κάθε επίπεδο. Για να ενσωματώσουν δε δραστηριότητες, βασισμένες σε σχεδιαστικές αρχές του μοντέλου του «συνεχούς της διερεύνησης», σε ΦΕ, δεν απαιτείται μόνον να γνωρίζουν αυτή καθεαυτή τη συγκεκριμένη στρατηγική, αλλά είναι απαραίτητο να μάθουν και να αποκτήσουν εμπειρία αποτύπωσης αρχών, έστω διαφορετικών στρατηγιών, σε ΦΕ.

5. Βιβλιογραφία

Κουμαράς, Π., 2015. Η Φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι επίσης μεθοδολογία λύσης (καθημερινών) προβλημάτων και στάση ζωής. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση,* τ. 6, 19-28.

Μολοχίδης Α., Λεύκος Ι., Ταραμόπουλος Α., Χατζηκρανιώτης Ε., Ψύλλος ., 2016. Web-Labs: Αξιολόγηση Αποδοχής. *10ο Pan-Hellenic and International Conference "ICT in Education",* 23-25 September, Ioannina (υπό έκδοση).

Σκουμιός Μιχάλης, 2012. *Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Σημειώσεις).* Πανεπιστημίου Αιγαίου, Ρόδος, 2012.

Beijaard Douwe & Verloop Nico, 1996. Assessing Teachers' Practical Knowledge, *Studies in Educational Evaluation*, **22** (3).

Bell, R., Smetana, L.& Binns I., 2005. Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher* **72**, 30-33. Hackling M. W., 1998. *Working Scientifically: Implementing and assessing open investigation work in Science*. Western Australia: Education Department of W.A., p. 2.

Hegarty - Hazel E., 1986. Lab work SET: research information for teachers, No.1. Canberra: The Australian Council for Educational Research.

Kariotoglou P., Pnevmatikos D. & Karnezou M., 2014. In-service teachers' professional development on science education: Designing principles of a research project. Education Across Borders. *2nd International Conference Education across borders — Critical Thinking in Education*, Albania-Korçë. ISBN (print) 9789928146274.

Koehler M. J. & Mishra P., 2009. What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9, 60-70.

Mishra P. & Koehler M. J., 2006. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*, 108, 1017-1054

Shulman L., 1986. Those who understand: Knowledge growth in teaching, *Educ. Researcher*, 15,4-14.

Veal R. W. & MaKinster G. J., 1999. Pedagogical Content Knowledge Taxonomies, *Electronic Journal of Science Education*, **3**(4), *στο* http://www.unr.edu/homepage /crowther/ejse/vealmak.html

Molohidis A., Lefkos I., Taramopoulos A., Hatzikraniotis E., Psillos D., 2015. Web-Based Virtual Labs: a Cosmos – Evidence – Ideas as a Design Framework Leading to Good Practice. *Proceedings of the 7th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU)*, p. 418, Lisbon, Portugal 23 -25 May, 2015. ISBN: 978-989-758-107-6

6. Παράρτημα

Έργο για την αξιολόγηση των φοιτητών («Σ» σχεδίαση – «Υ» υλοποίηση)

Φάσεις διερεύνησης	**Στάδια διερεύνησης**	ΕΠΙΒ.(0)		Κ.	.(1)	Π. .(2α)		Π. .(2β)	
		Σ	Υ	Σ	Υ	Σ	Υ	Σ	Υ
Πρόβλημα	ερώτημα έρευνας								
	υπόθεση / πρόβλεψη								
(Πειραματική) διαδικασία	σχεδίαση πειράματος								
	παράμετροι/συνθήκες								
	εκτέλεση πειράματος								
Ανάλυση (Διαχείριση μετρήσεων)	μετρήσεις								
	ανάλυση μετρήσεων								
Συμπεράσματα	διαπιστώσεις								
	ερμηνεία								

ΠΩΣ ΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΔΙΑΤΥΠΩΣΗΣ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΝΑ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΠΙΔΟΣΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΚΑΘΩΣ ΕΡΓΑΖΟΝΤΑΙ ΣΕ ΕΝΑΝ ΜΑΘΗΣΙΑΚΟ ΧΩΡΟ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗΣ

Ελευθερία Παντελή, Νικολέττα Ξενοφώντος, Ζαχαρίας Ζαχαρία

Τμήμα Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης δύο υποστηρικτικών εργαλείων, ενός εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων και ενός εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων, στις ενέργειες των μαθητών καθώς πραγματοποιούν μια διερεύνηση σε έναν μαθησιακό χώρο διερώτησης, αξιοποιώντας εικονικό πειραματισμό. Για το σκοπό αυτό, εφαρμόστηκε μια διδακτική παρέμβαση σε δύο ομάδες μαθητών. Στην πρώτη ομάδα (πειραματική) αξιοποιήθηκαν τα δύο εργαλεία που εξετάζονται, ενώ στη δεύτερη ομάδα (ομάδα ελέγχου) δεν χρησιμοποιήθηκαν. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η χρήση των δύο εργαλείων οδήγησε σε καλύτερη επίδοση των μαθητών της πειραματικής ομάδας, κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, σε σχέση με την επίδοση των μαθητών της ομάδας ελέγχου.

Abstract

The aim of this study was the evaluation of the impact of the use of two software scaffolds, a hypothesis scratchpad and an experiment design tool, on students' actions during the enactment of an inquiry learning activity sequence in a computer supported inquiry learning environment. The study's research design involved two group of students, namely an experimental and a control group, who completed the study's intervention with and without the use of the two aforementioned tools, respectively. The experimental group made use of the hypothesis scratchpad and the experiment design tool, whereas the control group used the same materials as the experimental group, but these two tools. The results of the study showed that the combined use of the tools enhanced the experimental group students' performance more than the performance of the students of the control group.

1. Εισαγωγή

Ένας από τους καλύτερους τρόπους για ενσωμάτωση του εικονικού πειραματισμού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών είναι η ανάπτυξη και εφαρμογή Τεχνολογικά Υποστηριζόμενων Μαθησιακών Περιβαλλόντων Διερώτησης, τα οποία διευρύνουν την επιτυχία της μάθησης με διερώτηση και εξασφαλίζουν την κατάλληλη καθοδήγηση των μαθητών (Slavin, et al. 2014). Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί διάφορα εργαλεία υποστήριξης της μάθησης, ώστε να διευκολύνεται η αξιοποίηση του εικονικού πειραματισμού (Gijlers & de Jong 2013, Quintana & Fishman 2006). Τα υποστηρικτικά εργαλεία σχεδιάζονται και

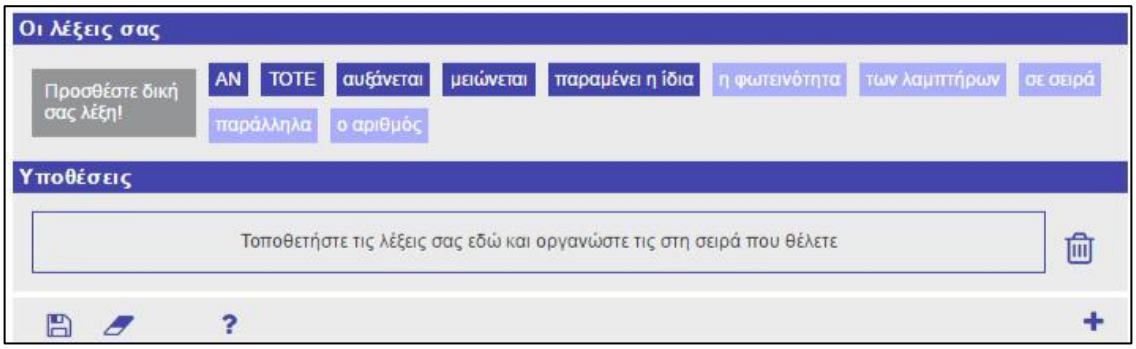
αναπτύσσονται για να παρέχουν κατάλληλη καθοδήγηση κατά την ολοκλήρωση διάφορων πρακτικών κατά τη μάθηση μέσω διερώτησης, όπως είναι η διατύπωση υποθέσεων και ο σχεδιασμός πειραμάτων.

Η μάθηση με διερώτηση είναι περίπλοκη για τους μαθητές (Quitana & Fishman 2006), καθώς αντιμετωπίζουν σοβαρές δυσκολίες κατά τη διεκπεραίωση των πρακτικών που τη συνθέτουν. Για παράδειγμα, οι μαθητές αδυνατούν να εντοπίσουν τις μεταβλητές που εμπλέκονται σε ένα φαινόμενο, ώστε να διατυπώσουν κατάλληλες υποθέσεις και πραγματοποιούν λανθασμένη διαχείριση των μεταβλητών αυτών κατά τη διάρκεια του πειραματισμού (de Jong & van Joolingen 1998, Glaser et al. 1992, Lawson 2002). Δεδομένου ότι η παρουσία αποτελεσματικών υποστηρικτικών εργαλείων, για παροχή καθοδήγησης στις πρακτικές που αναφέρθηκαν πιο πάνω, είναι ελάχιστη (Zacharia et al. 2015), στην παρούσα ερευνητική εργασία γίνεται μια προσπάθεια να μελετηθεί η επίδραση που έχει ο συνδυασμός δύο υποστηρικτικών εργαλείων, ενός εργαλείου διατύπωσης υποθέσεων και ενός εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων, στις ενέργειες των μαθητών καθώς εργάζονται σε ένα περιβάλλον μάθησης με διερώτηση, στο οποίο αξιοποιείται ο εικονικός πειραματισμός. Τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία που αξιοποιήθηκαν στην εργασία αυτή αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος Go-Lab και είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο (http://www.golabz.eu/). Τα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας ήταν τα εξής δύο: 1) Ποιες ενέργειες πραγματοποιούν οι μαθητές κατά τη διατύπωση υποθέσεων και κατά το σχεδιασμό πειραμάτων, στις δύο ομάδες; 2) Ποια η επίδραση των δύο εργαλείων στη συνολική επίδοση των μαθητών κατά τη διάρκεια του παρεμβατικού μαθήματος;

Εργαλείο διατύπωσης υποθέσεων (ΕΔΥ)

Στο ΕΔΥ (Εικόνα 1) οι μαθητές μεταφέρουν λέξεις που δίνονται ή δικές τους λέξεις που πληκτρολογούν στο γκρίζο πλαίσιο, στο χώρο δημιουργίας της υπόθεσης, κάτω ακριβώς από το μεγάλο πλαίσιο με τις δοσμένες λέξεις. Ανάμεσα στις λέξεις που δίνονται είναι το Αν και το τότε, καθοδηγώντας με αυτό τον τρόπο τους μαθητές να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους στην μορφή Αν…τότε.

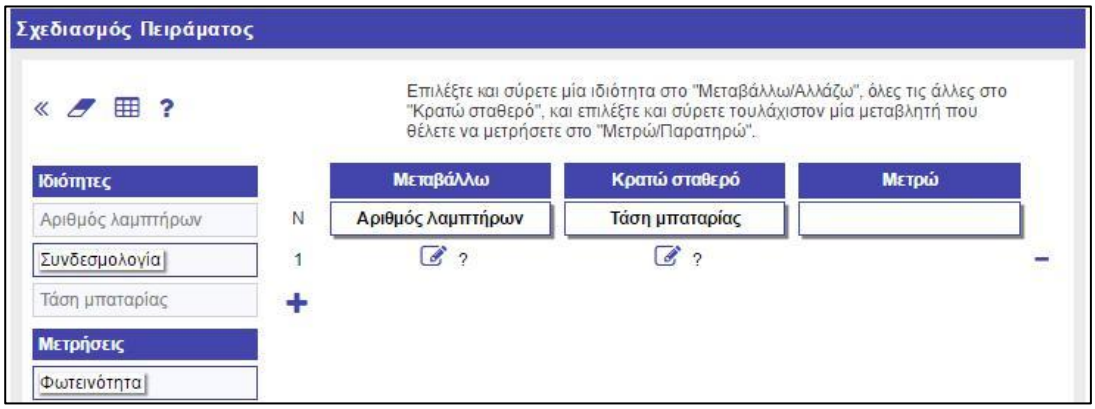
Εικόνα 1. Εργαλείο Διατύπωσης Υποθέσεων



Εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων (ΕΣΠ)

Στο ΕΣΠ (Εικόνα 2) οι μαθητές αρχικά καθορίζουν ποια μεταβλητή θα μεταβάλουν (ανεξάρτητη), ποιες θα κρατήσουν σταθερές και ποια μεταβλητή θα μετρήσουν (εξαρτημένη), μεταφέροντάς τις από το αριστερό μέρος του εργαλείου στην κατάλληλη στήλη. Έπειτα, προσθέτουν πειραματικές δοκιμές και καθορίζουν τιμές για κάθε μεταβλητή σε κάθε τους πειραματική δοκιμή.

Εικόνα 2. Εργαλείο Σχεδιασμού Πειραμάτων (ΕΣΠ)



2. Μεθοδολογία

Στην έρευνα συμμετείχαν 20 μαθητές Ε' τάξης (11-12 χρονών) ενός Δημόσιου Δημοτικού Σχολείου της Κύπρου, οι οποίοι χωρίστηκαν με τυχαίο τρόπο σε δύο ομάδες μικτής ικανότητας. Η πρώτη ομάδα (πειραματική) αποτελείτο από 11 μαθητές (6 αγόρια και 5 κορίτσια) και η δεύτερη ομάδα (ελέγχου) από 9 μαθητές (5 αγόρια και 4 κορίτσια). Οι μαθητές και των δύο ομάδων ολοκλήρωσαν ένα παρεμβατικό μάθημα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, το οποίο σχεδιάστηκε ακολουθώντας το πρότυπο του κύκλου της διερώτησης (Pedaste et al. 2015) και αξιοποιώντας τις δυνατότητες της πλατφόρμας του Go-Lab (de Jong et al. 2014). Το μάθημα αφορούσε τα ηλεκτρικά κυκλώματα, συγκεκριμένα το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα και τα δύο είδη συνδεσμολογιών, σε σειρά και παράλληλα, και περιείχε τις πέντε φάσεις του κύκλου διερώτησης. Σε κάθε φάση οι μαθητές κλήθηκαν να ολοκληρώσουν ορισμένες δραστηριότητες. Στη φάση της Υπόθεσης και της Διερεύνησης, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας αξιοποίησαν τα δύο εργαλεία, ΕΔΥ και ΕΣΠ αντίστοιχα, ενώ οι μαθητές της ομάδας ελέγχου ολοκλήρωσαν τις δραστηριότητες διατύπωσης υποθέσεων και σχεδιασμού πειραμάτων χωρίς τα δύο εργαλεία, αξιοποιώντας ένα άδειο πλαίσιο εισαγωγής κειμένου. Σημειώνεται σε αυτό το σημείο ότι οι οδηγίες που δόθηκαν στους μαθητές, από το ίδιο το μαθησιακό περιβάλλον, για τις δύο δραστηριότητες, διατύπωση υποθέσεων και σχεδιασμό πειράματος, ήταν οι ίδιες και για τις δύο ομάδες. Κατά την ενασχόληση των μαθητών στον ηλεκτρονικό υπολογιστή συλλέχθηκαν δεδομένα από την καταγραφή των ενεργειών και των κινήσεων των μαθητών στην οθόνη του υπολογιστή, ενώ παράλληλα καταγράφηκε και ήχος από τις συζητήσεις που είχαν με την εκπαιδευτικό. Ο ρόλος της εκπαιδευτικού ήταν ο ίδιος και για τις δύο ομάδες. Συγκεκριμένα, παρείχε βοήθεια για την αντιμετώπιση τεχνικών ζητημάτων, ενώ όταν οι μαθητές είχαν απορίες για το

περιεχόμενο και την ορθότητα των εργασιών τους, τους καθοδηγούσε με κατάλληλες ερωτήσεις χωρίς να δίνει έτοιμες απαντήσεις και τους παρέπεμπε στις οδηγίες και υποδείξεις που υπήρχαν στο μαθησιακό περιβάλλον. Τα δεδομένα που προέκυψαν έτυχαν επεξεργασίας, με στόχο την κωδικοποίηση των ενεργειών των μαθητών που σχετίζονται με τις πρακτικές της διατύπωσης υποθέσεων και του σχεδιασμού πειραμάτων. Στη συνέχεια, προέκυψε μια μεταβλητή που αντιπροσωπεύει τη συνολική επίδοση των μαθητών κατά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, η οποία υπολογίστηκε από τις επιμέρους αξιολογήσεις των ενεργειών τους στο μαθησιακό περιβάλλον. Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε ο μη παραμετρικός στατιστικός έλεγχος Mann-Whitney U, για να διαπιστωθεί αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο ομάδων.

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα που απαντούν στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα παρουσιάζονται στον Πίνακα 1, όπου διαφαίνεται από τις ενέργειες που κωδικοποιήθηκαν ότι, περισσότεροι μαθητές της πειραματικής ομάδας ακολούθησαν ορθή πορεία κατά την πραγματοποίηση των εργασιών τους κατά τη διδακτική παρέμβαση.

Πίνακας 1: Ενέργειες των μαθητών για την ολοκλήρωση του παρεμβατικού μαθήματος

Ενέργειες για την ολοκλήρωση του παρεμβατικού μαθήματος	**Πειραματική Ομάδα (n=11)**	**Ομάδα ελέγχου (n=9)**
Διατύπωση υπόθεσης που αντιστοιχεί στο υπό μελέτη πρόβλημα	81.8%	22.2%
Επιστροφή σε προηγούμενη/ες δραστηριότητα/ες κατά τη διατύπωση υποθέσεων	90.9%	55.6%
Ανατροφοδότηση από την εκπαιδευτικό κατά τη διατύπωση υποθέσεων	72.7%	77.8%
Σχεδιασμός δίκαιου πειράματος	100%	0%
Επιστροφή σε προηγούμενη/ες δραστηριότητα/ες κατά το σχεδιασμό πειραμάτων	18.2%	11.1%
Οργάνωση περισσότερων από δύο πειραματικών δοκιμών κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων	100%	11.1%
Ανατροφοδότηση από την εκπαιδευτικό κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων	100%	77.8%
Αντιστοιχία πειραματικού σχεδιασμού με υποθέσεις	100%	77.8%
Εξαγωγή ορθού συμπεράσματος	81.8%	66.7%

Από την επεξεργασία των δεδομένων για την απάντηση του δεύτερου ερευνητικού ερωτήματος, βρέθηκε ότι οι δύο ομάδες διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους ως προς τη συνολική επίδοσή τους στο παρεμβατικό μάθημα (Mann-Whitney $Z=-3.88$, $p<0.001$). Συγκεκριμένα, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν ψηλότερη μέση επίδοση (Mean=0.93) από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου (Mean=0.35).

4. Συμπεράσματα

Σχολιάζοντας τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, διαπιστώνεται ότι η αξιοποίηση των δύο εργαλείων, ΕΔΥ και ΕΣΠ, βοήθησε τους μαθητές να διενεργήσουν τις κατάλληλες ενέργειες, ώστε να ολοκληρώσουν ορθά τις διερευνήσεις τους και να καταλήξουν σε ορθά

συμπεράσματα. Αυτό το αποτέλεσμα ενισχύεται από αναφορές που υπάρχουν στη βιβλιογραφία, οι οποίες τονίζουν ότι η διατύπωση ορθών υποθέσεων και η εκτέλεση δίκαιων πειραμάτων επηρεάζουν, στη συνέχεια, άλλες πρακτικές της μάθησης με διερώτηση, όπως είναι η ερμηνεία των δεδομένων και η εξαγωγή συμπερασμάτων (Kim & Pederson 2011; Arnold et al. 2014). Συνεπώς, τα δύο υποστηρικτικά εργαλεία που αξιοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, κρίνονται αποτελεσματικά για τον σκοπό που έχουν σχεδιαστεί. Παρόλα αυτά, χρειάζεται περαιτέρω διερεύνηση της επίδρασης που έχουν τα εργαλεία αυτά στις γνώσεις και δεξιότητες που αποκτούν οι μαθητές. Επιπλέον, χρήζει διερεύνησης η συστηματική και σταδιακά μειωμένη αξιοποίηση της χρήσης υποστηρικτικών εργαλείων, ώστε να διαφανεί η προσθετική τους αξία για την απόκτηση δεξιοτήτων διερώτησης σε βάθος χρόνου.

5. Βιβλιογραφία

Arnold, J. C., Kremer, K. & Mayer, J. (2014). Understanding students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? International Journal of Science Education, 36(16), 2719-2749.

de Jong, T., Sotiriou, S. & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: The go-lab federation of online labs. *Smart Learning Environments, 1*(1), 1-16.

de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research, 68*(2), 179-201.

Gijlers, H. & de Jong, T. (2013). Using concept maps to facilitate collaborative simulation-based inquiry learning. *Journal of the Learning Sciences, 22*(3), 340-374.

Glaser, R., Schauble, L., Raghavan, K. & Zeitz, C. (1992). Scientific reasoning across different domains. In D. C. Erik, L. Marcia C., M. Heinz & V. Lieven (Eds.), *Computer-based learning environments and problem solving*. (pp. 345-371). Springer Berlin Heidelberg.

Kim, H. J. & Pedersen, S. (2011). Advancing young adolescents' hypothesis-development performance in a computer-supported and problem-based learning environment. Computers & Education, 57(2), 1780-1789.

Lawson, A. E. (2002). Sound and faulty arguments generated by preservice biology teachers when testing hypotheses involving unobservable entities*. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(3), 237-252.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zachariac, Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14*, 47-61.

Quintana, C. & Fishman, B. (2006). Supporting science learning and teaching with software-based scaffolding. *American Educational Research Association (AERA)*.

Slavin, R.E.,Lake,C.,Hanley,P. & Thurston,A. (2014). Experimental evaluations of elementary science programs: A best-evidence synthesis. *Journal of Research in Science Teaching, 51*, 870-901.

Zacharia, Z., Manoli, C., Xenofontos, N., Jong, T., Pedaste, M., Riesen, S., Tsourlidaki, E. (2015). Identifying potential types of guidance for supporting student inquiry when using virtual and remote labs in science: A literature review. *Educational Technology Research & Development, 63*(2), 257-302.

Η ΓΡΑΠΤΗ ΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ ΩΣ ΜΕΣΟ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΙΚΗΣ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Ευαγγελία Ηρακλέους, Μιχάλης Λιβίτζιης,
Νίκος Παπαδούρης, Κώστας Κωνσταντίνου

Τμήμα Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου

Περίληψη

Η συγκεκριμένη έρευνα επικεντρώνεται στη διερεύνηση πτυχών που αφορούν στη γραπτή ανατροφοδότηση και στη διερεύνηση του τρόπου που την αξιοποιούν οι μαθητές. Το δείγμα της έρευνας ήταν τρεις εκπαιδευτικοί που δίδασκαν Φυσική καθώς και οι μαθητές των τάξεών τους. Τα μέσα συλλογής δεδομένων ήταν οι αρχικές και αναθεωρημένες απαντήσεις των μαθητών και οι ανατροφοδοτήσεις των εκπαιδευτικών. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι εκπαιδευτικοί έδωσαν ανατροφοδότηση που επικεντρωνόταν σε σημαντικές πτυχές της ανατροφοδότησης. Όσον αφορά στην αξιοποίηση της ανατροφοδότησης προέκυψε ότι αρκετοί μαθητές ανταποκρίθηκαν στα σχόλια ορισμένοι εκ των οποίων κατόρθωσαν να βελτιώσουν το μαθησιακό προϊόν τους.

Abstract

The purpose of the present study lies in investigating written feedback comments provided by Physics teachers to students. Also, it examines how students use written feedback comments. The sample of this study consists of three Physics teachers and their students. The data were collected through a variety of sources, namely: students' initial and revised answers and teachers' written feedback comments on students' artefacts. The findings revealed that teachers took into account important aspects of feedback. Regarding the utilization of feedback, many students responded to their teachers' written feedback comments and a lot of them improved their artefact.

1. Εισαγωγή

Η διαμορφωτική αξιολόγηση συνιστά μια πυρηνική διδακτική πρακτική για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και είναι απαραίτητο εργαλείο για την επίτευξη των στόχων του National Research Council (Kloser 2014). Περιλαμβάνει τη συλλογή πληροφοριών για την πρόοδο των μαθητών, την ερμηνεία και την αξιοποίησή τους από τον εκπαιδευτικό για να ληφθούν αποφάσεις για τα επόμενα βήματα στη διδασκαλία (Black 2010).

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι της διαμορφωτικής αξιολόγησης. Η εν λόγω έρευνα επικεντρώθηκε στη γραπτή ανατροφοδότηση του εκπαιδευτικού η οποία επιτρέπει αφενός στον εκπαιδευτικό να επεξεργαστεί τις απαντήσεις των μαθητών και αφετέρου στους μαθητές να αναστοχαστούν για την απάντησή τους (Buckley 2012). Σημαντικό στοιχείο της διαμορφωτικής αξιολόγησης είναι η ανατροφοδότηση. Οι μέχρι στιγμής έρευνες επικεντρώθηκαν στον εντοπισμό χαρακτηριστικών αποτελεσματικής ανατροφοδότησης. Η

ανατροφοδότηση πρέπει να: α) είναι εξατομικευμένη, β) είναι κατανοητή, γ) δίνεται έγκαιρα, δ) λαμβάνει υπόψη τον συναισθηματικό τομέα των μαθητών, ε) σχετίζεται με το μαθησιακό αποτέλεσμα και τα κριτήρια αξιολόγησης και ζ) είναι κατάλληλη σε έκταση (Hattie & Timperley 2007).
Περιορισμένος αριθμός ερευνών κωδικοποίησαν τα διαφορετικά είδη ανατροφοδοτικών σχολίων που δίνουν οι εκπαιδευτικοί (Glover & Brown 2006). Η αποτελεσματικότητα της γραπτής ανατροφοδότησης δεν εξαρτάται μονομερώς από την ποιότητα της ανατροφοδότησης αλλά και από το βαθμό αξιοποίησής της από τους μαθητές. Ωστόσο, οι υφιστάμενες έρευνες που εστιάζουν στην αξιοποίηση της ανατροφοδότησης εκ μέρους των μαθητών είναι ελάχιστες (Ruiz-Primo & Li 2013).

Η εν λόγω ερευνητική εργασία αποβλέπει στο να απαντήσει στα πιο κάτω ερευνητικά ερωτήματα:

1. Τι είδους γραπτή ανατροφοδότηση έδωσαν οι εκπαιδευτικοί;
2. Πώς χειρίζονται οι μαθητές τη γραπτή ανατροφοδότηση του εκπαιδευτικού;

2. Μεθοδολογία

Ερευνητικός Σχεδιασμός

Εφαρμόστηκε η διαμορφωτική αξιολόγηση σε τάξεις και ειδικότερα η γραπτή ανατροφοδότηση. Οι μαθητές ασχολούνταν με την επιστημονική πρακτική του σχεδιασμού και της διεξαγωγής διερευνήσεων στο μάθημα της Φυσικής. Στην πρώτη και στην τρίτη εφαρμογή οι ενότητες αφορούσαν στην ελεύθερη πτώση και την επιμήκυνση του ελατηρίου ενώ στη δεύτερη εφαρμογή την ελεύθερη πτώση. Ο εκπαιδευτικός της κάθε τάξης κλήθηκε να δώσει γραπτή ανατροφοδότηση σε δύο πειραματικούς σχεδιασμούς. Στη συνέχεια, οι μαθητές αναθεώρησαν τις απαντήσεις τους με βάση τα σχόλια.

Δείγμα

Συλλέχτηκαν δεδομένα από τρεις εφαρμογές και οι συμμετέχοντες επιλέγηκαν με ευκαιριακή δειγματοληψία. Η πρώτη εφαρμογή διενεργήθηκε σε μια Α’ τάξη Τεχνικής Σχολής από την εκπαιδευτικό της τάξης. Η τάξη αποτελούνταν από 12 μαθητές. Η δεύτερη εφαρμογή διεξήχθηκε σε δύο τάξεις Α’ Λυκείου. Η μια τάξη αποτελούνταν από 22 μαθητές και η άλλη από 23 μαθητές. Η τρίτη εφαρμογή διεξήχθηκε στα πλαίσια του Καλοκαιρινού Ομίλου Φυσικών Επιστημών 2015. Συμμετείχαν 35 μαθητές ηλικίας 15-17 ετών από διάφορα Γυμνάσια και Λύκεια της επαρχίας Αμμοχώστου, Λάρνακας, Λευκωσίας και Πάφου και ο διδάσκων ήταν ένας διδακτορικός φοιτητής.

Μέσα συλλογής δεδομένων

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσα από τις αρχικές απαντήσεις των μαθητών στους πειραματικούς σχεδιασμούς, τα ανατροφοδοτικά σχόλια του εκπαιδευτικού και τις αναθεωρημένες απαντήσεις των μαθητών.

Επεξεργασία δεδομένων

Για την απάντηση του πρώτου ερευνητικού ερωτήματος, η ανατροφοδότηση κωδικοποιήθηκε ως προς τους ακόλουθους άξονες: την αξιολόγηση του εκπαιδευτικού για το επίπεδο του μαθητή, την πληροφόρηση που δίνεται στον μαθητή για το επίπεδο που βρίσκεται και την καθοδήγηση για το πώς να προχωρήσει. Η ανάλυση διενεργήθηκε με τη χρήση περιγραφικής στατιστικής και με τη μέθοδο συνεχούς σύγκρισης. Οι απαντήσεις των μαθητών στους πειραματικούς σχεδιασμούς κωδικοποιήθηκαν με βάση τους εξής άξονες: εάν ο μαθητής ανταποκρίθηκε στην ανατροφοδότηση και εάν η ανταπόκρισή του σε κάθε σχόλιο οδήγησε σε βελτίωση του προϊόντος. Η ανάλυση έγινε μέσω περιγραφικής στατιστικής.

3. Αποτελέσματα

Γραπτή ανατροφοδότηση

Αρχικά η κωδικοποίηση εστίασε στο εάν ο εκπαιδευτικός στην ανατροφοδότηση αναφέρθηκε σε όλα τα κριτήρια αξιολόγησης. Τα κριτήρια ήταν τα εξής: περιγράφεται η διαδικασία που επιτρέπει την αλλαγή της ανεξάρτητης μεταβλητής, η διαδικασία που επιτρέπει τη μέτρηση της εξαρτημένης μεταβλητής, αναγνωρίζονται παράγοντες που πρέπει να διατηρούνται σταθεροί έτσι ώστε να μην επηρεάσουν το αποτέλεσμα του πειράματος και ελέγχονται οι εν λόγω μεταβλητές. Η πρώτη εκπαιδευτικός στις πλείστες ανατροφοδοτήσεις (11/13) επικεντρώθηκε σ' όλες τις πτυχές της διερεύνησης. Η δεύτερη εκπαιδευτικός σε αρκετά σχόλια (10/31) επικεντρώθηκε μόνο σε μια ή δύο πτυχές της διερεύνησης, ενώ χρειαζόταν να αναφερθεί σε περισσότερες. Ο τρίτος εκπαιδευτικός στις περισσότερες ανατροφοδοτήσεις έλαβε υπόψη τις περισσότερες πτυχές (20/34) (τρεις πτυχές) και σε 13 σχόλια αναφέρθηκε σ' όλες τις πτυχές (13/34).
Μετέπειτα, η κωδικοποίηση εστιάστηκε στην πληροφόρηση που δίνεται στους μαθητές για το επίπεδό τους η οποία διακρίνεται στις αναφορές για το τι πέτυχαν και το τι χρειάζεται να πετύχουν. Είναι σημαντικό να αιτιολογούνται οι συγκεκριμένες αναφορές δηλαδή να γίνεται αναφορά σε συγκεκριμένα στοιχεία του προϊόντος που καταδεικνύουν το πώς το γνωρίζει ο εκπαιδευτικός ότι βρίσκεται στο συγκεκριμένο επίπεδο. Στις ανατροφοδοτήσεις της πρώτης εκπαιδευτικού υπήρχαν πολλές αναφορές για το τι πέτυχαν οι μαθητές οι οποίες ήταν μη αιτιολογημένες (27/27). Δεν εντοπίστηκαν αναφορές για το τι χρειάζεται να πετύχουν. Το ίδιο παρατηρήθηκε και στην περίπτωση της δεύτερης εκπαιδευτικού. Εντούτοις, ένας σημαντικός αριθμός των αναφορών δεν ανταποκρινόταν στην απάντηση του μαθητή (39/79). Ο τρίτος εκπαιδευτικός έδωσε τόσο αιτιολογημένη (69/99) όσο και μη αιτιολογημένη (30/99) πληροφόρηση στους μαθητές για το τι πέτυχαν. Υπήρχαν μη αιτιολογημένες αναφορές για το τι χρειάζεται να πετύχουν (10/10).
Ακολούθως, μελετήθηκε το είδος της καθοδήγησης που δόθηκε στους μαθητές για το πώς να προχωρήσουν. Η πρώτη και ο τρίτος εκπαιδευτικός καλούσαν τους μαθητές να προσθέσουν μια πληροφορία στην απάντησή τους που δεν την είχαν αναφέρει ώστε να την επεκτείνουν (22/47 και 62/102 αντίστοιχα). Ένα άλλο είδος καθοδήγησης είναι αυτό που ζητούσε από τους μαθητές να αναστοχαστούν για κάτι που είχαν ήδη γράψει στην αρχική τους απάντηση έτσι ώστε να το βελτιώσουν (25/47 και 40/102 αντίστοιχα). Η δεύτερη εκπαιδευτικός ζητούσε από τους μαθητές να αλλάξουν κάτι στην απάντησή τους το οποίο περιλάμβανε είτε την προσθήκη είτε τη διόρθωση μιας λανθασμένης πληροφορίας (27/45).

Επιπλέον καλούσε τους μαθητές να αναστοχαστούν για κάτι που είχαν γράψει στην αρχική

τους απάντηση (18/45).

Τρόπος που χειρίζονται οι μαθητές τη γραπτή ανατροφοδότηση του εκπαιδευτικού

Αρχικά, εξετάστηκε εάν οι μανθάνοντες αξιοποίησαν τα σχόλια που τους δόθηκαν. Αυτό διερευνήθηκε με την ανίχνευση αλλαγών στο αναθεωρημένο προϊόν που συνδέονται με τα γραπτά σχόλια. Κωδικοποιηθήκαν μόνο οι περιπτώσεις για τις οποίες δόθηκαν έγκυρα καθοδηγητικά σχόλια. Συγκεκριμένα, και στις τρεις εφαρμογές υπήρχαν αρκετοί μαθητές που ανταποκρίθηκαν στα σχόλια του εκπαιδευτικού (30/46, 28/45 και 74/103 αντίστοιχα) αλλά και μαθητές που δεν το έπραξαν (16/46, 17/45 και 29/103 αντίστοιχα). Κάποιοι λόγοι για τους οποίους οι μαθητές δεν ανταποκρίθηκαν ήταν το πλήθος των καθοδηγήσεων που δόθηκαν. Όσο περισσότερος ήταν ο αριθμός των καθοδηγήσεων που δόθηκε στους μαθητές τόσο λιγότερα ήταν τα σχόλια στα οποία ανταποκρίθηκαν. Επιπλέον, στην τρίτη εφαρμογή υπήρχε διαφοροποίηση στο είδος της καθοδήγησης που δόθηκε στους μαθητές και στην ανταπόκρισή τους. Ειδικότερα, ανταποκρίνονταν περισσότερο στα σχόλια που τους ζητούσε να αναστοχαστούν σε κάτι παρά στα σχόλια που τους ζητούσε να προσθέσουν μια πληροφορία στην απάντησή τους.
Ακολούθως μελετήθηκε κατά πόσο η ανταπόκριση των μαθητών σε κάθε σχόλιο οδήγησε σε βελτίωση του μαθησιακού προϊόντος. Οι περισσότεροι μαθητές των τριών εφαρμογών που ανταποκρίθηκαν στα σχόλια βελτίωσαν το μαθησιακό τους προϊόν ως προς τις πτυχές της διερεύνησης (ανεξάρτητη μεταβλητή, εξαρτημένη μεταβλητή και σταθεροί παράγοντες) (61/74, 20/28 και 27/30 αντίστοιχα). Παρόλα αυτά, υπήρχαν και περιπτώσεις όπου η αξιοποίηση της ανατροφοδότησης δεν συνέβαλε στη βελτίωση του προϊόντος (13/74, 8/28 και 3/30 αντίστοιχα). Κάποιοι λόγοι για τους οποίους οι μαθητές δεν βελτίωσαν τους πειραματικούς σχεδιασμούς παρόλο που είχαν ανταποκριθεί στην ανατροφοδότηση είναι: οι επιφανειακές γνώσεις περιεχομένου στη Φυσική και η περιορισμένη κατανόηση των σχολίων του εκπαιδευτικού.

4. Συμπεράσματα

Σκοπός της συγκεκριμένης ερευνητικής εργασίας ήταν η μελέτη του είδους της γραπτής ανατροφοδότησης που δίνουν οι εκπαιδευτικοί και του τρόπου που την αξιοποιούν οι μαθητές. Οι τρεις εκπαιδευτικοί έδωσαν ανατροφοδότηση λαμβάνοντας υπόψη σχεδόν όλα τα κριτήρια της διερεύνησης. Όσον αφορά στην πληροφόρηση που δόθηκε στους μαθητές για το πού βρίσκονται, οι αναφορές ήταν κυρίως μη αιτιολογημένες τόσο για το τι πέτυχαν όσο για το τι χρειάζεται να πετύχουν. Οι εκπαιδευτικοί παρείχαν καθοδήγηση σ' αρκετούς μαθητές για το πώς να προχωρήσουν. Εστιάζοντας την προσοχή στον τρόπο που οι μαθητές χειρίστηκαν τα σχόλια φάνηκε ότι υπήρχαν μαθητές που ανταποκρίθηκαν όμως υπήρχε και μια μερίδα μαθητών που δεν το έπραξε. Ανάλογο αποτέλεσμα εντόπισαν και οι Glover και Brown (2006). Η έρευνα αυτή είχε τόσο θεωρητική όσο και πρακτική συνεισφορά. Παρόλα αυτά η περιοχή της έρευνας που σχετίζεται με τη γραπτή ανατροφοδότηση έχει πολλά ακόμα αναπάντητα ερωτήματα. Είναι απαραίτητο να μελετηθεί ο τρόπος με τον οποίο συζητούν τα σχόλια που λαμβάνουν οι μαθητές στις ομάδες τους ώστε να εντοπιστούν πιθανοί παράγοντες που εμποδίζουν ή διευκολύνουν την αποτελεσματική αξιοποίηση των σχολίων. Στο συνέδριο θα παρουσιαστούν κάποια προκαταρκτικά αποτελέσματα για αυτή την περιοχή έρευνας.

5. Βιβλιογραφία

Black, P. (2010). *Formative assessment*. In P. Penelope, E. Baker & B. McGaw (Eds.), *International encyclopedia of education (*pp. 359-364). Bristol: UK.

Glover, C. & Brown, E. (2006). Written feedback for students: Too much, too detailed or too incomprehensible to be effective?. *Bioscience Education e-journal*, *7*(1),1-16.

Hattie, J. & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, *77*(1), 81-112.

Kloser, M. (2014). Identifying a core set of science teaching practices: A delphi expert panel approach. *Journal of Research in Science Teaching*, *51*(9), 1185-1217.

Ruiz-Primo, M. A. & Li, M. (2013). Analyzing teachers' feedback practices in response to students' work in science classrooms. *Applied Measurement in Education*, *26*(3), 163-175.

ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΑΝΑΡΤΗΜΕΝΩΝ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΩΝ

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΣΤΟ ΝΗΠΙΑΓΩΓΕΙΟ ΑΞΙΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ΤΟ SPHERO

Μιχάλης Ιωάννου[1], Θαρρενός Μπράτιτσης[1], Άννα Σπύρτου[2]

[1]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η προσέγγιση STEM υιοθετείται ολοένα και περισσότερο στην εκπαίδευση. Φαίνεται πως μπορεί να έχει ιδιαίτερα θετικά αποτελέσματα όταν υλοποιείται στην προσχολική εκπαίδευση. Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός μια σειράς δραστηριοτήτων για τη διδασκαλία της έννοιας της ταχύτητας στο νηπιαγωγείο, μέσω της συσκευής Sphero SPRK. Η προτεινόμενη σειρά δραστηριοτήτων αποτελεί κομμάτι της έρευνας στα πλαίσια εν εξελίξει διπλωματικής εργασίας.

Abstract

STEM approach is being more and more adopted in education. It seems that can lead to positive results when implemented in preschool education. In this paper the design of a set of activities for teaching the notion of speed in Kindergarten, utilizing the Sphero SPRK robot, is described. The proposed activity is part of an in progress postgraduate dissertation.

1.Εισαγωγή

Τα παιδιά από μικρή ηλικία, διαμορφώνουν απόψεις και ιδέες για τα φυσικά φαινόμενα και δίνουν τις δικές τους ερμηνείες μέσα από την κοινωνική αλληλεπίδραση και προσπαθούν μέσα από αυτές, να δώσουν νόημα σε οτιδήποτε αντιλαμβάνονται (Driver 2000). Προγράμματα STEM φαίνεται να μπορούν να υλοποιηθούν στο νηπιαγωγείο, καθώς σύμφωνα με τις τελευταίες απόψεις σχετικά με την ανάπτυξη του εγκεφάλου, το Νηπιαγωγείο μπορεί να αποτελέσει το χώρο όπου θα ξεκινήσει η έμφαση στην εκπαίδευση STEM προκειμένου να υπάρχουν θετικά αποτελέσματα στο μέλλον (Torres-Crespo et al. 2014). Στόχος των Φυσικών Επιστημών είναι τα παιδιά να μάθουν να αλλάζουν την αντίληψή τους για τον κόσμο (για τα φυσικά φαινόμενα και τα αντικείμενα) και να μάθουν να αντιλαμβάνονται τον κόσμο από μια ειδική σκοπιά (Κολιόπουλος 2004). Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών (ΝΠΣ 2011) για το Νηπιαγωγείο προωθεί την διερεύνηση στις Φυσικές Επιστήμες και τον επιστημονικό γραμματισμό των παιδιών.
Η προτεινόμενη δραστηριότητα αποτελεί μέρος εν εξελίξει διπλωματικής εργασίας. Προτείνεται η αξιοποίηση της συσκευής Sphero SPRK (www.sphero.com) για τη προσέγγιση της έννοιας της ταχύτητας στο Νηπιαγωγείο. Η εργασία δομείται ως εξής: αρχικά, παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο, στη συνέχεια αναλύεται η προτεινόμενη προσέγγιση και τέλος ακολουθεί η συζήτηση.

2. Θεωρητικό Πλαίσιο

Σήμερα, τρεις θεωρητικές κατευθύνσεις φαίνεται να επηρεάζουν τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εννοιολογική αλλαγή, οι κοινωνικο-πολιτισμικές προσεγγίσεις και η κριτική προσέγγιση. Επίσης, ο όρος επιστημονικός γραμματισμός υποδηλώνει την ανάγκη της κοινωνίας να θέσει ως σημαντικό στόχο την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία (Χαλκιά 2014). Η έννοια της «παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου» δίνει την δυνατότητα στους εκπαιδευτικούς να προσαρμόζουν την διδασκαλία τους ανάλογα με τους μαθητευόμενους και να αυξάνουν την αποτελεσματικότητά της. Ο εκπαιδευτικός ερευνά σχετική βιβλιογραφία για τις ιδέες των μαθητών και τις μοντελοποιεί. Έτσι προσαρμόζει και εισάγει την νέα γνώση προετοιμασμένος στις ιδέες των μαθητών. (Καριώτογλου 2006).
Ο όρος STEM εισήχθη το 1990 από το National Science Foundation και αναφέρεται ως γενική περιγραφή κάθε εκπαιδευτικής πολιτικής που αναφέρεται σε ένα η περισσότερα πεδία του STEM: Science, Technology, Engineering & Mathematics (Bybee 2010). Τελευταία, ερευνητές πιέζουν για εστίαση της εκπαίδευσης STEM στο νηπιαγωγείο καθώς τονίζουν τη σημαντικότητα για μικρά παιδιά να έρχονται σε επαφή με προσεγγίσεις STEM προκειμένου να αποφύγουν δυσκολίες που μπορούν να προκληθούν στο μέλλον (Elkin et al. 2014).
Η ταχύτητα ορίζεται ως η απόσταση που διανύεται ανά μονάδα χρόνου (ταχύτητα = απόσταση/χρόνος) (Hewitt 2015). Η ταχύτητα καλύπτει ένα ευρύ φάσμα στο ΝΠΣ (ΝΠΣ 2011) για το Νηπιαγωγείο. Ειδικότερα, συναντάται στην ενότητα «Έννοιες και φαινόμενα από το φυσικό κόσμο», στα περιεχόμενα «Απλά φυσικά φαινόμενα σχετικά με «την κίνηση αντικειμένων…». Επίσης στο ΔΕΠΠΣ (2003) για το Νηπιαγωγείο, η ταχύτητα εντάσσεται στην ενότητα «Παιδί και Μαθηματικά», όπου τα παιδιά καλούνται να συγκρίνουν ταχύτητες διάφορων αντικείμενων και στην ενότητα «Παιδί και Περιβάλλον», στην υποενότητα «Φυσικό περιβάλλον και αλληλεπίδραση», όπου τα παιδιά θα πρέπει να είναι σε θέση «να αντιλαμβάνονται την κίνηση και τις απλές γενικές αρχές που τη διέπουν».

3. Προτεινόμενη προσέγγιση

Η προτεινόμενη δραστηριότητα αφορά στην ταχύτητα, στο Νηπιαγωγείο. Συγκεκριμένα, προτείνεται η χρήση της προγραμματιζόμενης συσκευής Sphero SPRK (Εικόνα 1).

Εικόνα 1: Sphero SPRK

Αρχικά, τα παιδιά καλούνται να λύσουν ένα πρόβλημα υλοποίησης αγώνων ταχύτητας που αντιμετωπίζουν τα ζώα του δάσους. Θα πρέπει να απαντήσουν σε ερωτήματα για το ποιός είναι πιο γρήγορος και ποιος τερματίζει πρώτος, διεξάγοντας τους δικούς τους αγώνες. Οι ερευνητές καθοδηγούν τη δραστηριότητα και παρουσιάζουν δύο σημαντικά εργαλεία, το χρονόμετρο και μια μονάδα μέτρησης που θα αποφασιστεί από κοινού με τα παιδιά. Το χρονόμετρο θα εμφανίζεται σε υπολογιστή με οπτικοακουστικό τρόπο. Τα παιδιά με παλαμάκια (με τη βοήθεια του χρονομέτρου) μετρούν το χρόνο, με τη βοήθεια του χρονομέτρου. Αρχικά, διασχίζουν τη διαδρομή ενώ οι υπόλοιποι μετρούν και καταγράφουν τα δεδομένα του κάθε αγωνιζόμενου. Στην πρώτη δραστηριότητα, τα παιδιά διανύουν ίδιες αποστάσεις και συγκρίνουν τον χρόνο για να βρουν τον πιο γρήγορο. Στη δεύτερη δραστηριότητα, διασχίζουν διαφορετικές αποστάσεις σε ίδια χρονικά διαστήματα (δίνεται σε όλα τα παιδιά ο ίδιος χρόνος-παλαμάκια) και τις συγκρίνουν για να βρουν τον πιο γρήγορο. Με τις δραστηριότητες αυτές, τα παιδιά υλοποιούν τον αγώνα και καταγράφουν δεδομένα, ενώ έρχονται σε επαφή με τις έννοιες της απόστασης και του χρόνου. Συγκρίνουν τα δεδομένα και συμπεραίνουν ποιος είναι πιο γρήγορος.

Ακολούθως, εισάγεται η έννοια της ταχύτητας με το Sphero, υπό το πρίσμα του «πόσο γρήγορα κάποιος ή κάτι κινείται». Μέσω ενός τάμπλετ τα παιδιά μπορούν να προγραμματίσουν την ταχύτητα του Sphero και να δουν στην πράξη τι συμβαίνει όταν είναι διαφορετική. Οι ερευνητές τονίζουν πως «η έννοια της ταχύτητας, σύμφωνα με τους επιστήμονες, είναι το πόσο γρήγορα κινείται ένα αντικείμενο. Αν κάποιος ή κάτι είναι γρηγορότερο από κάποιον άλλον, σημαίνει ότι «έχει μεγαλύτερη ταχύτητα». Τα παιδιά με τη βοήθεια των ερευνητών θα οργανώσουν πειράματα με το Sphero, για να εξετάσουν την παραπάνω πρόταση, όπου με διαφορετικές ταχύτητες θα κινείται για: 1) ίδιες αποστάσεις, και 2) ίδια χρονικά διαστήματα. Το περιβάλλον προγραμματισμού της ταχύτητας του Sphero θα ανασχεδιασθεί κατάλληλα για να είναι εύκολο για τα παιδιά να διακρίνουν τη διαφορά στη ταχύτητα. Ειδικότερα, θα χρησιμοποιηθούν αριθμοί (1-5) και εικόνες χαρακτηριστικών ζώων, εύκολα αναγνωρίσιμων για όλα τα παιδιά, για να γίνει αντιληπτή η διαφορά κατά τον προγραμματισμό.

4. Συζήτηση

Με αυτές τις δραστηριότητες αναμένεται να ερευνηθεί κατά πόσο η αξιοποίηση του Sphero, σε συνδυασμό με τις βιωματικές δραστηριότητες μπορεί να βοηθήσει τα παιδιά να προσεγγίσουν την έννοια της ταχύτητας. Τα παιδιά θα είναι σε θέση όχι μόνο να εκτιμήσουν ανάμεσα σε δύο αντικείμενα ποιο είναι πιο γρήγορο αλλά, επίσης, να προβλέπουν ποιο αντικείμενο είναι πιο γρήγορο αν γνωρίζουν τις ταχύτητές τους.

5. Βιβλιογραφία

ΔΕΠΠΣ (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Πληροφορικής. ΥΠΔΒΜΘ, Αθήνα.

Καριώτογλου, Π. (2006). Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών. Εκδόσεις Γράφημα, Θεσσαλονίκη.

Κολιόπουλος, . (2002). Είναι δυνατή η διδασκαλία Φυσικών Επιστημών στην προσχολική εκπαίδευση;.

ΝΠΣ (2011). Πρόγραμμα Σπουδών Νηπιαγωγείου 2011. Πράξη «ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ (Σχολείο 21ου αιώνα) – Νέο πρόγραμμα Σπουδών, στους Άξονες Προτεραιότητας 1,2,3 – Οριζόντια Πράξη», με κωδικό MIS 295450, Υποέργο 1: «Εκπόνηση Προγραμμάτων Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας

Εκπαίδευσης και οδηγών για τν εκπαιδευτικό «Εργαλεία Διδακτικών Προσεγγίσεων». Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.

Χαλκιά, Κ. (2014). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες, Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.

Bybee, R. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.

Driver, R. (2000). Children's Ideas in Science.

Elkin, M., Sullivan, A. & Bers, M. U. (2014). Implementing a Robotics Curriculum in an Early Childhood Montessori Classroom. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 13, 153-169.

Hewitt, G. P. (2015). Conceptual Physics, 12th edition. City College of San Francisco, US: Pearson Education.

Torres-Crespo, N.M., Kraatz, E. & Pallarsch, L. (2014). From fearing STEM to playing with it: The natural integration of STEM into the preschool classroom. *SRATE Journal*, 23(2), 8-16.

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕΣΩ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΕΠΑΥΞΗΜΕΝΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ (AUGMENTED REALITY CONTENT WITH ENTITI CREATOR): Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Πηνελόπη Μπαρδανίκα, Θαρρενός Μπράτιτσης

ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα είναι μία ζωντανή άμεση ή έμμεση προβολή του φυσικού-πραγματικού κόσμου που επιτρέπει στους χρήστες να βιώσουν τον κόσμο γύρω τους, όπως είναι σε πραγματικό χρόνο, ενισχυμένου με ψηφιακό ή/και διαδραστικό περιεχόμενο. Φαίνεται ότι μπορεί να αξιοποιηθεί για την διδασκαλία διαφόρων εννοιών σε ποικίλα γνωστικά αντικείμενα. Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός μιας δραστηριότητας για την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και συγκεκριμένα του Κύκλου του Νερού μέσω Επαυξημένης Πραγματικότητας, χρησιμοποιώντας την εφαρμογή «ENTITI Creator». Η προτεινόμενη δραστηριότητα αποτελεί κομμάτι της έρευνας στα πλαίσια εν εξελίξει πτυχιακής εργασίας.

Abstract

Augmented Reality is a live direct or indirect view of a physical real-world which allows users to experience the world around them as it is, enhanced with digital and interactive content. It could be exploited for teaching various concepts and subjects. In this paper the design of an activity for teaching Science, namely the Water Cycle through Augmented Reality, using the «ENTITI Creator» application, is presented. The proposed activity is part of an in progress undergraduate dissertation.

1. Εισαγωγή

Τα παιδιά μέσω των αλληλεπιδράσεων που έχουν με το περιβάλλον (κοινωνικό, πολιτιστικό και τεχνολογικό), την κοινωνική επαφή και τη γλώσσα τους, δημιουργούν ένα φάσμα ιδεών για το πώς λειτουργεί ο κόσμος γύρω τους. Οι αντιλήψεις αυτές διαφέρουν από παιδί σε παιδί, καθώς φέρουν διάφορα ονόματα, ανάλογα με το χρόνο και τον τρόπο που δημιουργήθηκαν στα παιδιά από μικρή ηλικία και χωρίς την παρέμβαση του εκπαιδευτικού. Τα παιδιά ανακαλύπτουν τον κόσμο εξερευνώντας τον, αρχικά με τις αισθήσεις τους και στην συνέχεια με υποθέσεις, παρατηρούν και ερμηνεύουν αλλαγές και φαινόμενα γύρω τους, επικοινωνούν και αλλάζουν τις απόψεις τους και τις ιδέες τους. (Κώτσης 2006). Μέσα από τις κοινωνικές αλληλεπιδράσεις προσπαθούν να δώσουν ερμηνείες για τον κόσμο που τους περιβάλλει (Driver 1998). Σύμφωνα με το ΔΕΠΠΣ (2003) του Δημοτικού ο γενικός σκοπός για τις Φυσικές Επιστήμες και ειδικότερα της Μελέτης του Περιβάλλοντος είναι η απόκτηση γνώσεων και η ανάπτυξη δεξιοτήτων, αξιών και στάσεων, που επιτρέπουν στο μαθητή να παρατηρεί, να περιγράφει, να ερμηνεύει και σε κάποιο βαθμό να προβλέπει τη λειτουργία, τους συσχετισμούς και τις αλληλεπιδράσεις του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος μέσα στο οποίο αναπτύσσεται η ανθρώπινη δραστηριότητα στο χώρο και στο χρόνο, με τρόπο ώστε να οδηγείται στη συνειδητοποίηση των πλεονεκτημάτων και της ανάγκης για αειφόρο ανάπτυξη του πλανήτη. Η διαδικασία αυτή αποσκοπεί στη δημιουργία

μιας σφαιρικής αντίληψης για τη ζωή που συνιστά κυρίως την ανάπτυξη γνωστικών διασυνδέσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ διαφορετικών αντικειμένων, στις οποίες η έμφαση δίνεται στην αντιμετώπιση του μαθητή ως ερευνητή. Επιπρόσθετα, είναι σημαντικό να παρέχονται ευκαιρίες στην εκπαίδευση των παιδιών ώστε να διαμορφώνουν θετική στάση προς τη φύση και το περιβάλλον, τη διαχείριση και την προστασία του.
Η προτεινόμενη προσέγγιση αποτελεί μέρος εν εξελίξει πτυχιακής εργασίας. Προτείνεται η αξιοποίηση της εφαρμογής ENTITI Creator (http://www.wakingapp.com/) για την διδασκαλία του Κύκλου του Νερού στο Δημοτικό. Η εργασία δομείται ως εξής: αρχικά, παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο, στη συνέχεια αναλύεται η προτεινόμενη προσέγγιση και τέλος ακολουθεί η συζήτηση.

2. Θεωρητικό πλαίσιο

Ο Κύκλος του Νερού (γνωστός και ως υδρολογικός κύκλος) είναι η συνεχής ανακύκλωση του νερού της Γης μέσα στην υδρόσφαιρα, στην ατμόσφαιρα και στη λιθόσφαιρα (έδαφος - υπέδαφος) (Παυλόπουλος & Γαλάνη 2012 ό.α. στο Στράγγας 2015). Η παρούσα εργασία εστιάζει στην κατανόηση του Κύκλου του Νερού. Συγκεκριμένα, το συνεχές της ηλιακής διαδικασίας του Κύκλου του νερού επιτυγχάνεται εξαιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας, καθώς αποτελεί την κινητήριο δύναμη για την εκκίνηση της κυκλικής διαδικασίας (Hewitt 2002).

Στο ΔΕΠΠΣ (2003) και στο ΑΠΣ (2011) του Δημοτικού, γίνεται αναφορά στη Μελέτη Περιβάλλοντος, όπου εντάσσονται οι Φυσικές Επιστήμες. Στην ενότητα Κύκλος του νερού - Καιρός αναφέρεται ότι τα παιδιά θα πρέπει να έχουν την ευκαιρία, «Να συνδέσουν τις διάφορες μορφές και τον κύκλο του νερού με τις καιρικές συνθήκες», «Να συνδέουν τις καιρικές συνθήκες με τις συνθήκες διαβίωσης και την ποιότητα ζωής του ανθρώπου». Στο ΝΠΣ (2014) εντάσσονται τόσο στη μαθησιακή περιοχή των Φυσικών Επιστημών όσο και στο Περιβάλλον και Εκπαίδευση για την Αειφόρο Ανάπτυξη.

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα (Augmented Reality) είναι μια τεχνολογία που ενισχύει τον φυσικό κόσμο με ψηφιακό τρόπο. Αξιοποιεί κυρίως φορητές συσκευές και συνδυάζει την προβολή του φυσικού κόσμου που επαυξάνεται με ψηφιακές πληροφορίες (κείμενα, ήχους και video). Η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας δύναται να προσφέρει πολλά στην εκπαίδευση καθώς προσφέρει ένα περιβάλλον διαδραστικής μάθησης όπου ο χρήστης έχει την ευελιξία κίνησης στον χώρο και αξιοποίησης των ψηφιακών πληροφοριών στη κινητή συσκευή χωρίς να είναι αναγκασμένος να βρίσκεται καθηλωμένος μπροστά από μία οθόνη υπολογιστή. Οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας αυξάνονται με ραγδαίους ρυθμούς και οι τρόποι που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην τάξη επαφίονται στη φαντασία του εκπαιδευτικού (EdTech Team 2015).

3. Προτεινόμενη προσέγγιση

Η προτεινόμενη παρέμβαση αφορά στον Κύκλο του Νερού με την αξιοποίηση της εφαρμογής ENTITI και της ψηφιακής αφήγησης για παιδιά Β΄ Δημοτικού. Συγκεκριμένα, προτείνεται η δημιουργία μικρών ψηφιακών ιστοριών που αφορούν στα στάδια του Κύκλου του Νερού. Αυτές θα είναι ελεύθερα προσβάσιμες μέσω της εφαρμογής ENTITI, αφού ο χρήστης στοχεύσει σε προκαθορισμένες εικόνες – κλειδιά.

Αρχικά, θα παρουσιαστεί σε μορφή βίντεο η εισαγωγική ιστορία μιας σταγόνας που καλεί τα παιδιά να ανακαλύψουν τους σταθμούς μιας συναρπαστικής περιπέτειας που έζησε λίγο καιρό

πριν. Ακολούθως, θα τοποθετηθούν σε διαφορετικά σημεία του χώρου κάποια αναπαραστατικά στοιχεία που θα συμβολίζουν τα στάδια του Κύκλου του Νερού. Τα παιδιά, είτε ατομικά είτε χωρισμένα σε ομάδες, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα φορητών συσκευών στο σχολείο, θα επιλέγουν αναρτημένες εικόνες που τους κινεί το ενδιαφέρον και θα τη στοχεύουν με τη φορητή συσκευή. Στις σωστές επιλογές θα εμφανιστεί η αντίστοιχη ψηφιακή ιστορία (κυρίως σε μορφή πρωτοπρόσωπης αφήγησης) που θα του δώσει πληροφορίες για το αντίστοιχο στάδιο. Μεταξύ των φυσικών αναπαραστάσεων θα υπάρχουν και ορισμένες «παγίδες» που δεν εντάσσονται στον Κύκλο του Νερού και οι μαθητές καλούνται να τις ανακαλύψουν. Αφού συγκεντρωθούν όλα τα στάδια, τα παιδιά καλούνται να ανακαλύψουν την αλληλουχία τους μέσα από τις αφηγήσεις, ώστε προκύψει ο Κύκλος του Νερού. Ειδικότερα, στόχος είναι να διαφοροποιηθούν οι υφιστάμενες νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών για τον Κύκλο του Νερού μέσα από την προτεινόμενη παρέμβαση που ακολουθεί τα πρότυπα της ανακαλυπτικής μάθησης. Η παρέμβαση συνοδεύεται από τη διεξαγωγή πειραμάτων στην τάξη, φύλλα εργασίας και κατασκευές εννοιολογικών χαρτών πριν και μετά την παρέμβαση, ώστε να συλλεχθούν ερευνητικά δεδομένα.

4. Συζήτηση

Με τη δραστηριότητα αυτή αναμένεται να ερευνηθεί κατά πόσο η αξιοποίηση μιας εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας θα βοηθήσει τα παιδιά να κατανοήσουν τον Κύκλο του νερού καλύτερα ή/και πιο διασκεδαστικά. Πρόκειται για προσέγγιση βιωματικής μορφής που εκμεταλλεύεται τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής αφήγησης (Μπράτιτσης 2015). Μέσω αυτής, τα παιδιά θα πρέπει να κατανοήσουν τα στάδια του Κύκλου του νερού, να αναγνωρίσουν την θερμότητα ως "αιτία" τις μεταβολές της φυσικής του κατάστασης και να μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη νέα γνώση στην καθημερινότητά τους. Η προτεινόμενη προσέγγιση μπορεί να υλοποιηθεί σε οποιοδήποτε σχολείο έχει σύνδεση στο διαδίκτυο και μία τουλάχιστον φορητή συσκευή.

5. Βιβλιογραφία

ΑΠΣ (2011). Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών Μελέτης Περιβάλλοντος. ΥΠΔΒΜΘ, Αθήνα.

ΔΕΠΠΣ (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Προγράμματος Σπουδών Πληροφορικής. ΥΠΔΒΜΘ, Αθήνα.

Κώτσης, Κ. (2006). Η διαχρονική αναγκαιότητα επιστημονικής έρευνας των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σε έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Ιωάννινα 2006.

Μπράτιτσης, Θ. (2015). Ψηφιακή Αφήγηση, Δημιουργική Γραφή και Γραμματισμός του 21ου Αιώνα. *Δελτίο Εκπαιδευτικού Προβληματισμού και Επικοινωνίας*, 55. Σχολή Ι.Μ. Παναγιωτόπουλου. 15-19

ΝΠΣ (2014). Πρόγραμμα Σπουδών, Επιστημονικό πεδίο: Φυσικές Επιστήμες, Διδακτικό Μαθησιακό Αντικείμενο/Τάξη/επίπεδο εκπαίδευσης: Μελέτη Περιβάλλοντος Α'-Δ' Δημοτικού. Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Αθήνα.

Στράγγας, Α. (2015). Μελέτη της ικανότητας διδακτικού σχεδιασμού υποψηφίων νηπιαγωγών στην περιοχή των Φυσικών Επιστημών: Η περίπτωση της διδασκαλίας του "Κύκλου του νερού". Φλώρινα.

Driver, R., Squires., A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1998). Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών - Μία Παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών.(Επιμέλεια Π. Κόκκοτας, μετάφραση Μ. Χατζή). Αθήνα: Τυπωθήτω.

EdTech Team (Εκπαιδευτική Τεχνολογία & Ψηφιακά Εργαλεία Μάθησης). (2015) [online] Available at: http://www.edtech.gr (Last accessed 9/10/2015).

Hewitt, P. (2002). Οι έννοιες της Φυσικής. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ HYPATIA - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ STEM ΜΕ ΤΡΟΠΟ ΙΣΟΤΙΜΟ ΠΡΟΣ ΤΑ ΔΥΟ ΦΥΛΑ

Μαρία Καρνέζου, Ελεάνα Μπάλλα

Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας ΝΟΗΣΙΣ

Περίληψη

Οι νέοι στην Ευρώπη δεν γνωρίζουν αρκετά για τις σταδιοδρομίες πάνω στις επιστήμες STEM (Φυσική, Τεχνολογία, Μηχανική, Μαθηματικά) και αυτό έχει αρνητικό αντίκτυπο στον αριθμό των εφήβων που τις επιλέγουν. Το έργο HYPATIA φέρνει κοντά σχολεία, μουσεία επιστημών, ερευνητικά κέντρα, τη βιομηχανία, ειδικούς σε θέματα ισότητας των δυο φύλων και εφήβους. Στοχεύοντας στη μεγαλύτερη εμπλοκή των εφήβων στις επιστήμες STEM, αναπτύσσει μια εργαλειοθήκη με δραστηριότητες, σχεδιασμένες να ενσωματώνουν ισότιμα και τα δυο φύλα. Οι δραστηριότητες θα υλοποιηθούν σε 14 χώρες, δίνοντας κίνητρα κυρίως σε κορίτσια να επιλέξουν σπουδές και σταδιοδρομίες στις επιστήμες STEM.Στην Ελλάδα το έργο υλοποιείται από το ΝΟΗΣΙΣ.

Abstract

Young Europeans have very little idea of the variety of careers related based on science, technology, engineering and mathematics (STEM). This has a particularly negative impact on the number of students following careers in STEM. HYPATIA brings schools, science museums, research institutions and industry together with gender experts and teenagers themselves, and develops a unique toolkit of activities for engaging teenagers in STEM in a gender-inclusive way. These activities will be implemented in 14 countries and will empower teenage girls to choose STEM studies and careers. NOESIS is the Greek partner for HYPATIA project.

1. Εισαγωγή

Οι νέοι στην Ευρώπη δεν γνωρίζουν αρκετά για τις καριέρες πάνω στις επιστήμες STEM (Φυσική, Τεχνολογία, Μηχανική, Μαθηματικά). Αυτό έχει ιδιαίτερα αρνητικό αντίκτυπο στον αριθμό των εφήβων, που επιλέγουν τις αντίστοιχες σπουδές (EUROSTAT 2011).

Παρά την εικόνα της ως αντικειμενική και αμερόληπτη, η έμφυλη διάσταση που ιστορικά εμπεριέχει η επιστήμη, καθώς και η εκπαίδευση που παρέχεται σ' αυτήν, στο σχολείο αλλά και έξω από αυτό, συχνά προωθεί και υπονοεί αντίστοιχα έναν επιστήμονα και έναν μαθητή που είναι «αρσενικός» (Due 2014). Η εδραιωμένη αντίληψη ότι οι επιστήμες STEM λίγο αφορούν και ενδιαφέρουν τα κορίτσια, είναι η βασική αιτία που μικρός σχετικά αριθμός κοριτσιών επιλέγουν σπουδές και καριέρες πάνω στις επιστήμες αυτές (OECD 2015).

Ωστόσο, όσο αναπτύσσονται στην Ευρώπη η οικονομία της γνώσης και οι νέες τεχνολογίες, οι δεξιότητες στους τομείς STEM γίνονται όλο και πιο αναγκαίες, προκειμένου να υπάρξει ένα ευρύ φάσμα σταδιοδρομιών. Επιπλέον, πολλές σταδιοδρομίες πάνω στις επιστήμες STEM έχουν

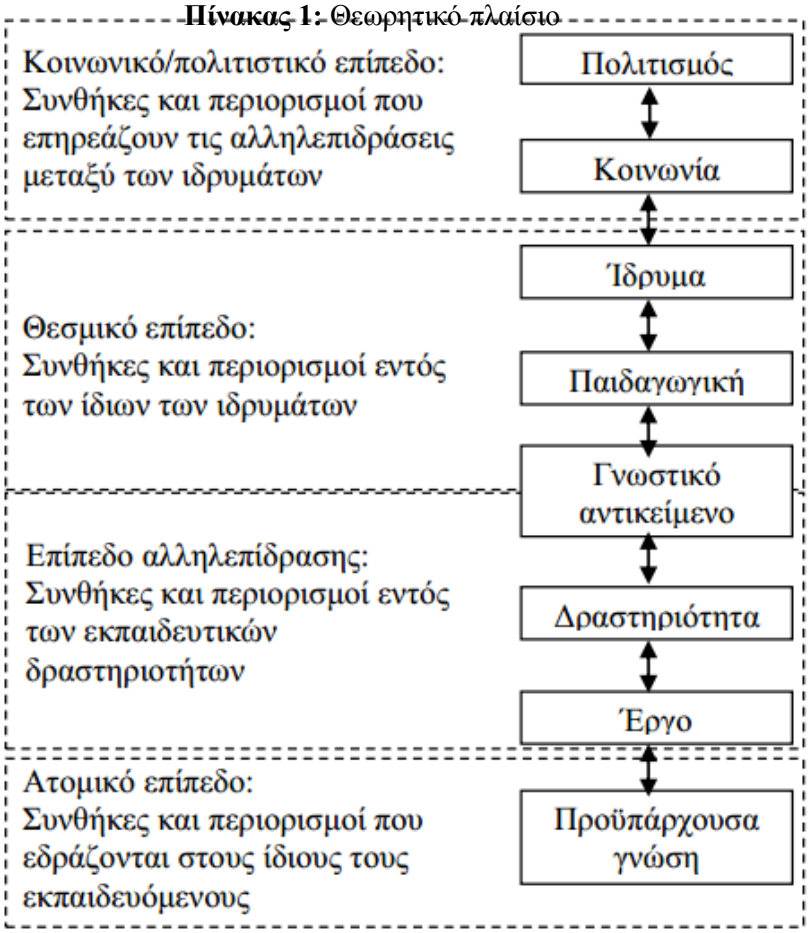
κοινωνικό χαρακτήρα (ROSE report 2010) και καθώς η έρευνα καθοδηγείται ολοένα και περισσότερο από ανάγκες της κοινωνίας, αυτές αποκτούν ολοένα περισσότερη σημασία. Είναι επομένως ανάγκη να προσελκύσουμε περισσότερους νέους και κυρίως κορίτσια στα προγράμματα σπουδών των επιστημών STEM. Μ' αυτόν τον τρόπο, θα αυξηθεί τόσο ο αριθμός, όσο και η διαφορετικότητα των επαγγελματιών, οι οποίοι θα είναι εκπαιδευμένοι στις επιστήμες αυτές.
Το έργο ΗΥΡΑΤΙΑ σκοπεύει να:

- Προωθήσει συνέργειες ανάμεσα στα σχολεία, τα μουσεία και κέντρα επιστημών και τη βιομηχανία και να προσφέρει μια εκπαίδευση στις επιστήμες STEM, η οποία θα συμπεριλαμβάνει και τα δύο φύλα.
- Εκθέσει ενεργά τους νέους και ιδιαίτερα τα κορίτσια, στην ποικιλία των σταδιοδρομιών που σχετίζονται με τις επιστήμες STEM.

2. Μεθοδολογία

Το έργο ΗΥΡΑΤΙΑ, λαμβάνοντας υπόψη πρόσφατα ευρωπαϊκά έργα και έρευνες πάνω στο θέμα «φύλο και εκπαίδευση στις επιστήμες STEM», προτείνει ένα θεωρητικό πλαίσιο (πίνακας 1), προκειμένου να προωθήσει την συμπερίληψη και των δύο φύλων στην εκπαίδευση σε τομείς STEM. Το πλαίσιο περιλαμβάνει τέσσερα επίπεδα εμπλοκής και ερμηνεύει το πώς οι συνθήκες και οι περιορισμοί σε αυτά τα επίπεδα διαμορφώνουν τις εκπαιδευτικές δραστηριότητες, ώστε αυτές να συμπεριλαμβάνουν ή όχι και τα δύο φύλα (Achiam at al. 2014).

Πίνακας 1: Θεωρητικό πλαίσιο



Κοινωνικό επίπεδο - η ταυτότητα του φύλου διαμορφώνεται και επηρεάζεται από τον πολιτισμό και την κοινωνία, μέσα στην οποία υπάρχουν και δραστηριοποιούνται τα Ιδρύματα, οι εκπαιδευτικοί/εκπαιδευτές και οι μαθητές. Οι εκπαιδευτές είναι δύσκολο, έως και ακατόρθωτο να αλλάξουν τις συνθήκες αυτές, εντούτοις αν είναι ενήμεροι για αυτές, μπορεί να συμβάλουν στην εξουδετέρωση της επίδρασής τους. Θεσμικό επίπεδο - Στα Ιδρύματα, όσον αφορά στις ιδεολογίες τους, στην κατανομή των πόρων τους και στον τρόπο που οργανώνουν τις πρακτικές τους, υπάρχει συνήθως μια έντονα έμφυλη διάσταση (Risman at al. 2013). Η επίγνωση της ύπαρξης και η αναγνώριση αυτής της διάστασης, μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτές να την εξουδετερώσουν.
Επίπεδο αλληλεπίδρασης - Είναι σημαντικό να λαμβάνονται υπόψη οι τρόποι, με τους οποίους οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των συμμετεχόντων μπορεί ακούσια να δημιουργούν και να αναπαράγουν ανισότητες.
Ατομικό Επίπεδο - Όταν τα κορίτσια και τα αγόρια εμπλέκονται σε εκπαιδευτικές δραστηριότητες στους τομείς STEM, έχουν ήδη καλά εδραιωμένες ταυτότητες φύλου. Εια να μην τροφοδοτείται η αντίληψη ότι οι επιστημονικές δραστηριότητες αφορούν ή και προορίζονται για συγκεκριμένες μόνο ομάδες μαθητών, είναι σημαντικό να αποφεύγεται η οικοδόμηση τέτοιων υποθέσεων εντός των δραστηριοτήτων.
Το HYPATIA θα προσεγγίσει εφήβους σε τυπικά και άτυπα μαθησιακά περιβάλλοντα. Με την εμπλοκή εταίρων από την έρευνα και τη βιομηχανία, το πρόγραμμα θα δημιουργήσει ένα βιώσιμο μοντέλο συνεργασίας μεταξύ έρευνας, βιομηχανίας και της εκπαίδευσης στο τυπικό σχολικό πλαίσιο. Οι έφηβοι και ιδιαίτερα τα κορίτσια θα εμπλακούν άμεσα στην αποδόμηση στερεοτύπων (ASPIRES 2013) μέσα από το σχεδίασμά εργαστηρίων, τα οποία προκύπτουν από τη συνεργασία τεχνοεπιστημονικών μουσείων και ομάδων εφήβων. Με την άμεση εμπλοκή των 14 χωρών καθώς και με τα δίκτυα (hubs) που θα προκόψουν στην πορεία του έργου θα διασφαλιστεί ο ευρύς αντίκτυπος του HYPATIA σε όλη την Ευρώπη.
Τρία είναι τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση των παραπάνω:

- Μια εργαλειοθήκη με δραστηριότητες για εφήβους 13-18 ετών, οι οποίες θα υλοποιηθούν σε σχολεία, φορείς άτυπης εκπαίδευσης και βιομηχανία. Η εργαλειοθήκη αναπτύσσεται από κέντρα επιστημών και μουσεία σε συνεργασία με ειδικούς σε θέματα φύλου, εκπροσώπους από την τυπική εκπαίδευση, από ερευνητικά κέντρα, από τη βιομηχανία και ένα πάνελ εφήβων. Οι δραστηριότητες έχουν στόχο να κατευθύνουν κυρίως κορίτσια να επιλέξουν καριέρες πάνω στις επιστήμες STEM, καθώς και να επηρεάσουν τη στάση των αγοριών για θέματα φύλου (European Commission Report 2012).

- Μια σειρά σεμιναρίων σε 14 χώρες που θα φέρει κοντά εκπαιδευτικούς, κέντρα επιστημών και μουσεία, ειδικούς σε θέματα φύλου, ερευνητικά κέντρα και βιομηχανία, με στόχο να αλλάξουν τον τρόπο με τον οποίο οι φορείς τους εμπλέκουν αγόρια και κορίτσια σε δράσεις επιστήμης.

- Ένα ευρωπαϊκό δίκτυο εθνικών δικτύων (hubs) με εκπροσώπους όλων των εμπλεκόμενων στο έργο φορέων (εκπαίδευση, έρευνα, βιομηχανία, ειδικοί σε θέματα φύλου), το οποίο θα συμβάλει στη διάχυση και μεγιστοποίηση της επίδρασης του έργου σε εθνικό και πανευρωπαϊκό επίπεδο.

Το ΝΟΗΣΙΣ είναι ένα από τα 14 κέντρα επιστημών που συμμετέχουν στο HYPATIA. Είναι υπεύθυνο για το συντονισμό του ελληνικού hub, την προσαρμογή των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων της εργαλειοθήκης και την εφαρμογή τους σε εφήβους μαθητές στον ελλαδικό χώρο καθώς και για τη διάχυση των σκοπών, των δράσεων και των δραστηριοτήτων του έργου.
Το όραμα του HYPATIA είναι μια κοινωνία, όπου η επιστήμη θα επικοινωνείται στους νέους με

τρόπο, ο οποίος θα συμπεριλαμβάνει και τα δύο φύλα. Έτσι μόνο θα αξιοποιηθεί πλήρως, σε όλη την Ευρώπη, το δυναμικό των κοριτσιών και των
αγοριών που μπορούν να ακολουθήσουν σταδιοδρομίες σχετικές με τις επιστήμες STEM.

3. Συμπεράσματα

Καθώς το ΗΥΡΑΤΙΑ βρίσκεται σε εξέλιξη, τα πρώτα αποτελέσματα και συμπεράσματα του έργου αναμένονται μετά το Σεπτέμβριο 2017.

4. Βιβλιογραφία

Achiam, M. & Marandino, M. (2014). A framework for understanding the conditions of science representation and dissemination in museums. *Museum Management and Curatorship, 29(1),* 66-82.

ASPIRES (2013). http://www.kcl.ac.uk/sspp/departments/education/research/aspiies/ASPIRES-fmal-report- December-2013 .pdf

Due, K. (2014). Who is the competent physics student? A study of students' positions and social interaction in small-group discussions. *Cultural Studies of Science Education, 9(2),* 441-459.

European Commission Report, (2012). http://ec.europa.eu/research/science- societv/document librarv/pdf 06/meta-analvsis-of-gender-and-science-research-svnthesis- report.pdf

EUROSTAT, (2011). Education statistics. Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Education statisties

OECD, (2015). Education and employment - what are the gender differences? *Education*

Indicators in Focus, 30, 1-4.

Risman, BE & Davis, G. (2013). From sex roles to gender structure. *Current Sociology Review*, DOI: 10.1177/0011392113479315.

Rose report, (2010). http://roseproi ect.no/network/countries/norwav/eng/nor-S ioberg- Schreiner-overview-2010.pdf

ΑΝΤΙΛΗΨΕΙΣ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ ΜΙΑ ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΜΑΘΗΤΩΝ ΛΥΚΕΙΟΥ

Χαρά Σταματάκη, Αστρινός Τσουτσουδάκης

Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια οι σύγχρονες κοινωνίες βιώνουν την αλματώδη πρόοδο της επιστημονικής έρευνας σε θέματα γενετικών καινοτομιών. Σκοπός της εργασίας είναι να διερευνηθούν αντιλήψεις και στάσεις απέναντι σε τέτοιες εφαρμογές. Αποτελεί μια ποιοτική προσέγγιση που διεξήγαγαν μαθητές Λυκείου ενώ οι συνεντευξιαζόμενοι ήταν κυρίως συμμαθητές τους. Η μελέτη εστιάζει σε θέματα αναπαραγωγής και κλωνοποίησης του ανθρώπου, θέματα που άπτονται των φυσικών επιστημών και αποτελούν μεγάλου ενδιαφέροντος ζητήματα, σε παγκόσμιο επίπεδο.

Abstract

In recent years, modern societies experience a rapid progress of scientific research in genetic innovations' issues. Purpose of this paper is to explore the perceptions and attitudes towards such applications. It is a qualitative approach which was conducted by high school students while the interviewees were mainly their schoolmates. The study focuses on issues of reproduction and human cloning, issues in the area of science, globally controversial and great interest.

1. Εισαγωγή

Οι εντυπωσιακές εφαρμογές της σύγχρονης βιολογίας οδηγούν σε προβληματισμούς που άπτονται των βασικών αξιών του ανθρώπινου πολιτισμού, συνοδευόμενους από νομικά, ιατρικά, φιλοσοφικά, κοινωνικά και θεολογικά διλήμματα. Έτσι η υποβοηθούμενη αναπαραγωγή και η κλωνοποίηση αποτελούν αντικείμενα μελέτης, συζητήσεων και συγκρούσεων στις πολύμορφες και πολυπολιτισμικές σημερινές κοινωνίες.

Στο σύγχρονο σχολείο η διδακτική των Φυσικών Επιστημών προσπαθεί να εστιάσει στη φυσικο-επιστημονική γνώση, τη σχολική της εκδοχή και τη καθημερινή-βιωματική γνώση των μαθητών (Κουλαϊδής 2001), με στόχο τη διαχείριση κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων αναδεικνύοντας έτσι και την ηθική διάσταση αυτών (Μπενιάτα 2009). Ο στόχος αυτού δεν είναι μόνο η μάθηση του συγκεκριμένου περιεχομένου των ΦΕ αλλά και η καλλιέργεια δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας και λήψης απόφασης, ως αναγκαίο χαρακτηριστικό των επιστημονικών πρακτικών (Μπενιάτα 2009).

2. αλματώδης εξέλιξη στο χώρο της υποβοηθούμενης αναπαραγωγής οδηγεί την επιστημονική κοινότητα σε σκεπτικισμό τόσο για τους αναδυόμενους ηθικούς προβληματισμούς όσο και για τις

μελλοντικές εφαρμογές των χρησιμοποιούμενων μεθόδων. Για τους ανθρωπολόγους η υποβοηθούμενη αναπαραγωγή αποτελεί πρόσφορο έδαφος για την επανεξέταση κλασικών ανθρωπολογικών ζητημάτων (Καντσα 2015). Ποικίλα ζητήματα προκύπτουν σχετικά με την

ηλικία των υποψήφιων γονέων και την ικανότητα αυτών μεγαλύτερης ηλικίας να ανταποκριθούν στα καθήκοντά τους (Perla 2001), σχετικά με την επιλογή φύλου - κάτι που ίσως παρεμβαίνει στην αυτονομία του ανθρώπου (Βιδάλης 2007) - ή και σε σχέση με την επιλογή βιολογικών χαρακτηριστικών, όπως το χρώμα ματιών κ.α., θέματα που άπτονται της προσωπικής αυτονομίας του ατόμου (Κουνουγέρη – Μανωλεδάκη 2005).

Το 1971 ο James Watson προειδοποιεί ότι για τη σύγχρονη επιστήμη η ανθρώπινη κλωνοποίηση βρίσκεται πολύ κοντά (Bowring 2004) και η Dolly έρχεται να ενισχύσει την πεποίθηση ότι η κλωνοποίηση ανθρώπων μπορεί να είναι εφικτή. Τα ΜΜΕ την προβάλουν σαν πραγματικότητα με οπαδούς που την υποστηρίζουν ως την πλέον αποτελεσματική εναλλακτική μέθοδο υποβοηθούμενης αναπαραγωγής (Strong 2008), ενώ πολλοί εναντιώνονται θεωρώντας ότι η αναπαραγωγική κλωνοποίηση προσβάλλει την ανθρώπινη αξιοπρέπεια με την έννοια του καθορισμού της διαμόρφωσης της προσωπικότητας ενός ατόμου (George et al 2002, Annas, 1998) αλλά και διότι το έμβρυο που προκύπτει δε δημιουργείται προς χάρη της ίδιας του της δημιουργίας, αλλά για την επίτευξη των σκοπών των ενηλίκων (Κόϊος 2003).

Στα πλαίσια αυτά η Βιοηθική εξυπηρετώντας τον ορισμό και το αντικείμενο της κάνει προσπάθεια ηθικής προσέγγισης του τρόπου με τον οποίο λαμβάνονται οι αποφάσεις αναφορικά με την υποβοηθούμενη αναπαραγωγή και την κλωνοποίηση (Gorovitz 1977) και δημιουργεί τις προϋποθέσεις εκείνες στις ανθρώπινες αξίες που θα επηρεάσουν ζητήματα δημόσιας πολιτικής σχετικά με αυτές (Παπαδοπούλου 2015).

2. Μεθοδολογία

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι, μέσω της διδασκαλίας κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων στα πλαίσια των ΦΕ, οι μαθητές να διερευνήσουν αντιλήψεις και στάσεις απέναντι στα υπό εξέταση θέματα αλλά και να μελετήσουν τις συγκεκριμένες εφαρμογές. Στην έρευνα υιοθετήθηκε ποιοτική προσέγγιση με στόχο το βάθος και όχι το εύρος αναδεικνύοντας νέες πληροφορίες και συσχετισμούς χωρίς όμως την επιβεβαίωση τους (Adamson et al. 2004, Ambert et al. 1995). Το είδος ποιοτικής έρευνας που χρησιμοποιείται είναι η ημιδομημένη συνέντευξη ως μέθοδος συλλογής αλλά και παραγωγής ποιοτικών δεδομένων (Βρυωνίδης 2010). Ως ερευνητικό εργαλείο η συνέντευξη επιτρέπει την πρόσβαση στον τρόπο που βλέπουν οι άλλοι τα πράγματα και στις σκέψεις που κρύβονται πίσω από συμπεριφορές και τα λεγόμενα τους (Κεδράκα 2008). Οι προσωπικές απόψεις του εξεταστή και η τάση του να εκμαιεύσει απαντήσεις που μπορούν να οδηγήσουν σε αλλοίωση των στοιχείων και στην προκειμένη περίπτωση η έλλειψη της απαραίτητης εμπειρίας των μαθητών που παίρνουν τις συνεντεύξεις, συγκαταλέγονται στα μειονεκτήματα της προσέγγισης (Βάμβουκας 1991). Από την πλευρά του συνεντευξιαζόμενου μειονέκτημα συνήθως αποτελεί η διστακτικότητά του να αναφερθεί σε προσωπικές του απόψεις. Το δείγμα αποτελείται από 20 μαθητές από τις τρεις τάξεις του ΓΕΛ Γαζίου, και 10 ενήλικες από την περιοχή του Γαζίου του Δήμου Μαλεβιζίου νομού Ηρακλείου. Έγινε προσπάθεια στο δείγμα των συνεντευξιαζόμενων για ίση εκπροσώπηση των δύο φύλων, διαφορετικών επιπέδων οικογενειακής κατάστασης, απασχόλησης, ή ηλικίας στους ενήλικες. Για τις συνεντεύξεις καθορίστηκαν προσωπικά ραντεβού, σε χώρο απομονωμένο, εξασφαλίζοντας το κατάλληλο κλίμα στον συνεντευξιαζόμενο (Παρασκευόπουλος 1993). Μετά την απομαγνητοφώνηση των συνεντεύξεων ακολούθησε η επεξεργασία τους. Τα κείμενα των συνεντεύξεων αποκωδικοποιήθηκαν (κωδικοποίηση α' τάξης) και ομαδοποιήθηκαν κατά τέτοιο τρόπο

(κωδικοποίηση β΄τάξης), ώστε να προκύπτουν οι κατηγορίες των ζητημάτων καθώς και οι στάσεις απέναντι τους (Παπαϊωάννου et al. 2009).

3. Αποτελέσματα

Από τις πρώτες κιόλας κωδικοποιήσεις διαφαίνεται η επανάληψη μοτίβων, επιτρέποντας την εξαγωγή σχετικών συμπερασμάτων, με τις απόψεις των ενηλίκων να δείχνουν παγιωμένες, αμετακίνητες και ενίοτε ανειλικρινείς. Κοινό σημείο στους μαθητές/τριες είναι το ότι γνώριζαν την υποβοηθούμενη αναπαραγωγή αλλά δυσκολεύονταν να την περιγράψουν, ενώ στους ενήλικες η δυνατότητα περιγραφής και η αναφορά των μειονεκτημάτων, έστω και περιορισμένη, αποδίδεται στα άτομα υψηλότερου μορφωτικού επιπέδου ανεξαρτήτως φύλου στις ηλικιακές ομάδες 30-40 και 40-50 ετών. Επίσης κοινός παρανομαστής μαθητών και ενηλίκων αποτελεί το *ότι θέλουν να ξέρουν τυχόν ασθένεια των ίδιων ή του κυοφορούμενου παιδιού, αν και σε σχέση με το παιδί, αν υπήρχε σοβαρό πρόβλημα, δεν ξέρουν αν θα διέκοπταν την κύηση, επικαλούμενοι το «θέλημα θεού». Οι περισσότεροι ενήλικες τάσσονται υπέρ της τεχνητής γονιμοποίησης, που όμως δεν θεωρούν φυσιολογικό τρόπο τεκνοποίησης, αν και για κάποιους άντρες του δείγματος θα το προτιμούσαν από την υιοθεσία χαρακτηρίζοντας το ως «πραγματικά δικό τους παιδί», ενώ μαθητές και μαθήτριες στο συγκεκριμένο θέμα αμφιταλαντεύονται. Οι γυναίκες συνεντευξιαζόμενες αναφέρονται συχνά γενικά και αόριστα, σε «επιπλοκές» στο θέμα της τεχνητής γονιμοποίησης με τις περισσότερες από αυτές να είναι χαμηλού ή μεσαίου μορφωτικού επιπέδου. Η κλωνοποίηση είναι ελάχιστα κατανοητή, εντούτοις η πλειοψηφία εκφράζεται αρνητικά για τη χρησιμότητα της με ελάχιστους να γνωρίζουν και να δέχονται τη θεραπευτική κλωνοποίηση.*

4. Συμπεράσματα

Η *μελέτη αυτή επιχείρησε μια προσέγγιση της σημερινής πραγματικότητας μέσα στη σύγχρονη πολυπολιτισμική, πολυπαραγοντική και παγκοσμιοποιημένη κοινωνία. Παρακολουθώντας τις σκέψεις και συλλογισμούς μαθητών αλλά και ενηλίκων για τα εξεταζόμενα θέματα, διαπιστώνεται ότι αναδύονται διαρκώς νέοι προβληματισμοί και υπάρχει ελλιπής ενημέρωση. Αυτοί οι προβληματισμοί διαφοροποιούνται ανάλογα την ηλικία, το φύλο, το μορφωτικό και κοινωνικό επίπεδο και τις θρησκευτικές πεποιθήσεις παραμένοντας αφορμές εποικοδομητικών συζητήσεων και αναζητήσεων.*

5. Βιβλιογραφία

Βάμβουκας, Μ. (1991). *Εισαγωγή στην ψυχοπαιδαγωγική έρευνα και μεθοδολογία,* Αθήνα, Γρηγόρης σ.σ 229.

Βιδάλης, Τ. (2007). *Βιοδίκαιο, Πρώτος τόμος, Το πρόσωπο», Δημοσιεύματα Ιατρικού Δικαίου και Βιοηθικής,* εκδ.Σάκκουλα Αθήνα –Θεσσαλονίκη

Βρυωνίδης, Μ. (2010). *Σημειώσεις του ΠΜΣ «Φύλο και Νέα Εκπαιδευτικά Περιβάλλοντα στην Κοινωνία της Πληροφορίας».* Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Καντσά, Β. (2015). *Μεταβαλλόμενες σχέσεις. Συγγένεια και ιατρικώς υποβοηθούμενη αναπαραγωγή.* (In)FERCIT www.in-fercit.gr Εργαστήριο Μελετών Οικογένειας και Συγγένειας Τμήμα Κοινωνικής Ανθρωπολογίας και Ιστορίας Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Κεδράκα, Κ. (2008). *Μεθοδολογία λήψης συνέντευξης.* Στο :http://www.adulteduc.gr

Κόϊος Ν. (2003). *Η ηθική θεώρηση των τεχνικών παρεμβάσεων στο ανθρώπινο γονιδίωμα.* εκδ.Σταμούλη, Αθήνα.

Κουλαϊδής, Β. (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: αντικείμενο και αναγκαιότητα*, Στο Β. Κουλαϊδής (επιστ. ευθ.), Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, (τόμος Α, σελ. 25-50), Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Κουνουγέρη– Μανωλεδάκη, Έ. (2005). *Τεχνητή Γονιμοποίηση και Οικογενειακό Δίκαιο: Ο νόμος ν.3089/2002 για την ιατρικά υποβοηθούμενη αναπαραγωγή*, εκδ. Σάκκουλα, Αθήνα- Θεσσαλονίκη.

Παπαιωάννου, Α., Θεοδωράκης Ι. & Γούδας, Μ.(2009). Κεφάλαιο 16: Ποιοτικές – ερμηνευτικές μέθοδοι έρευνας στη φυσική αγωγή (σελ.341-364) του βιβλίου «*Για μία καλύτερη φυσική αγωγή*» Θεσσαλονίκη

Παπαδοπούλου (2015) *Ειδικά Θέματα Βοηθητικής*

Παρασκευόπουλος, Ι. (1993). *Μεθοδολογία επιστημονικής έρευνας*, τ. Α΄ κ΄ Β Αθήνα σ.σ129.

Adamson, J., Gooberman-Hill, R., Woolhead, G. & Donovan, J. (2004). 'Questerviews': Usingquestionnairesin qualitative interviews as a method of integrating qualitative and quantitative health services research. *Journal of Health Services Research and Policy*, 9(3), 139-145

Ambert, A.-M., Adler, P.A., Adler, P. &Detzner, D.F. (1995).Understanding and Evaluating Qualitative Research. Journal of Marriage and Family, Vol. 57, No. 4 , pp. 879-893.

Annas GJ.(1998). Why we should ban human cloning. *N Engl J Med*, 339:122-125

Bowring F.(2004) Therapeutic and reproductive cloning: A critique. *SocSci Med*, 58:401-409

George J. Annas, Lori B. Andrews and Rosario M. Isasit. (2002). Protecting the Endangered Human: Toward an International Treaty Prohibiting Cloning and Inheritable Alterations, *American Journal of Law & Medicine*, 28 (2002): 151-178

Gorovitz, S. (1977). Bioethics and Social Responsibility. The Monist, 60, 3Perla L. Is in-vitro fertilization for older women ethical? A personal perspective. *Nurs Ethics*. 2001, 8(2):152-8

Strong C. (2008) Cloning and adoption: A reply to Levy and Lotz. *Bioethics*, 22:130-136

ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΩΝ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ «ΦΑΣΑΡΙΟΜΕΤΡΟΥ»

Ελευθερία Φανουράκη[1], *Νικόλαος Φανουράκης*[2]

[1]Υπεύθυνη 1ου ΕΚΦΕ Ηρακλείου
[2]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Σύνοψη Εργαστηρίου

Η διαχείριση της τάξης αποτελεί βασικό ζήτημα της σχολικής εκπαίδευσης. Θα πρέπει από την αρχή της σχολικής χρονιάς ο εκπαιδευτικός σε συνεργασία με τους μαθητές του να συντάξουν τους κανόνες όσον αφορά τη συμπεριφορά τους μέσα στην τάξη αλλά και τις συνέπειες παράβασης αυτών. Στη σύγχρονη διδασκαλία, η οποία ενσωματώνει τη διαφοροποίηση, τη διερεύνηση και την αυτενέργεια από τους μαθητές, δημιουργείται πολλές φορές, αυξημένος θόρυβος στην τάξη. Σκοπός της παρούσας πρότασης είναι η ανάδειξη καινοτόμων εφαρμογών και η διάδοση τους στο χώρο της εκπαίδευσης. Η κατασκευή «φασαριόμετρου» από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς, και η χρήση του στη συνέχεια μέσα στην τάξη, προάγει την συνεργασία των μαθητών, δημιουργεί κλίμα συλλογικότητας στην τάξη και καταλήγει σε μα αμοιβαία συμφωνία όλων των μελών, για την ένταση του ήχου που είναι ανεκτός στη διάρκεια της εκπαιδευτικής πράξης, ανάλογα με τη δραστηριότητα που καλούνται να περατώσουν οι μαθητές (ατομική, ομαδική ή συλλογική εργασία), ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται η διασύνδεση της τεχνολογίας και της επιστήμης με την καθημερινότητα των μαθητών. Στη διάρκεια της κατασκευής, ο εκπαιδευτικός έχει την ευκαιρία να εμβαθύνει, ανάλογα με τη βαθμίδα εκπαίδευσης, σε θέματα εκπομπής και λήψης ήχου από τεχνητά ή βιολογικά συστήματα, θέματα ηλεκτρισμού, συνδεσμολογίας, προγραμματισμού μικροελεγκτών Arduino κ.α. Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοικτού κώδικα και σχεδιασμού, που βασίζεται σε ευέλικτο και εύκολο στη χρήση υλικό και λογισμικό. Προορίζεται για οποιονδήποτε ενδιαφέρεται να δημιουργήσει αλληλεπιδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα. Στο προτεινόμενο εργαστήριο, αρχικά γίνεται παρουσίαση των υφιστάμενων εφαρμογών μέτρησης ήχου στο διαδίκτυο μέσω μικροφώνων και της εμπορικής αξιοποίησης τους. Στη συνέχεια, δίνονται οδηγίες μέσω ενός φύλλου εργασίας για τη δημιουργία του κυκλώματος και φορτώνεται, ο κώδικας προγραμματισμού του μικροελεγκτή. Για την πραγματοποίηση του εργαστηρίου προτείνεται η εργασία σε ομάδες, οι οποίες θα λειτουργήσουν συνεργατικά προκειμένου να υλοποιήσουν το κύκλωμα και να φορτώσουν τον κώδικα προγραμματισμού από υπολογιστή. Ακολουθεί επιτόπου εφαρμογή για την αξιολόγηση της λειτουργίας της κατασκευής και τον ορισμό των ανεκτών επιπέδων έντασης στη διάρκεια των διαλέξεων, στη διάρκεια εργασίας σε ομάδες και στο διάλειμμα.

Δραστηριότητες Εργαστηρίου

Δραστηριότητα 1 - Παρουσίαση εφαρμογών μέτρησης ήχου

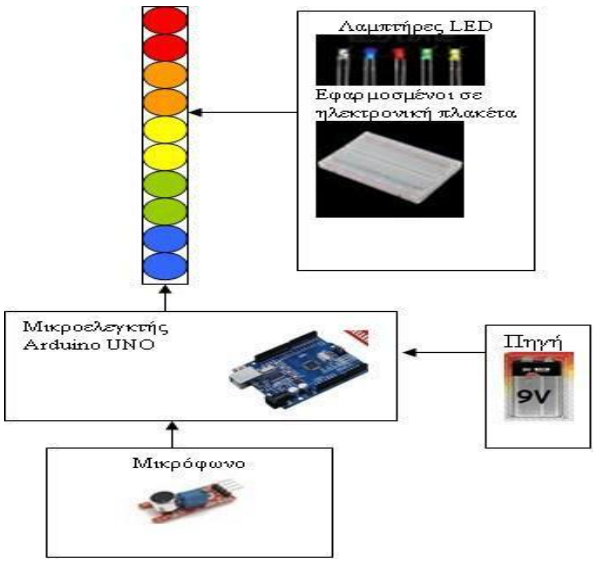
Η διαχείριση της τάξης αποτελεί βασικό ζήτημα της σχολικής εκπαίδευσης. Θα πρέπει από την αρχή της σχολικής χρονιάς ο εκπαιδευτικός σε συνεργασία με τους μαθητές του να συντάξουν τους κανόνες όσον αφορά τη συμπεριφορά τους μέσα στην τάξη αλλά και τις συνέπειες παράβασης αυτών (Crawford 1997, Μακρή-Μπότσαρη 2007). Στη σύγχρονη διδασκαλία, η οποία ενσωματώνει τη διαφοροποίηση, τη διερεύνηση και την αυτενέργεια από τους μαθητές, δημιουργείται πολλές φορές, αυξημένος θόρυβος στην τάξη (Fidêncio et al. 2014, Αποστολόπουλος 2012). Στις πρώτες βαθμίδες της εκπαίδευσης, όπου οι μικροί

μαθητές μπαίνουν στη διαδικασία προσαρμογής, είναι αρκετά διαδεδομένη τακτική, η απεικόνιση των κανόνων λειτουργίας και συμπεριφοράς μέσα στην τάξη. Έρευνα έχει δείξει ότι τα νηπιαγωγεία στην Κρήτη έχουν αυξημένο θόρυβο σε σχέση με άλλες περιοχές (Chatzakis et al. 2014) Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες εφαρμογές στο διαδίκτυο που χρησιμοποιούνται επικουρικά από τους εκπαιδευτικούς στην τάξη προκειμένου να ρυθμίσουν την ένταση του θορύβου στη διάρκεια της εκπαιδευτικής πράξης (Too Noisy, Bouncy Balls, CalmCounter). Οι εκπαιδευτές παρουσιάζουν, περιγράφουν τον τρόπο λειτουργίας των υφιστάμενων εφαρμογών μέτρησης ήχου και την εμπορικής αξιοποίησης τους. Ακολουθεί συζήτηση, με αφορμή μαρτυρίες εκπαιδευτικών από όλον τον κόσμο που το χρησιμοποιούν στην τάξη και χωρισμός σε ομάδες. Οι μαρτυρίες εκπαιδευτικών που χρησιμοποιούν στην τάξη εφαρμογές μέτρησης θορύβου, δηλώνουν τα θετικά αποτελέσματα στη χρήση ως επικουρικό όργανο διαχείρισης της τάξης (Too Noisy Testimonials)

Δραστηριότητα 2 – Υλοποίηση κυκλώματος «Φασαριόμετρου»

Σκοπός της παρούσας πρότασης είναι η ανάδειξη καινοτόμων εφαρμογών και η διάδοση τους στο χώρο της εκπαίδευσης. Η κατασκευή «φασαριόμετρου» από τους μαθητές και τους εκπαιδευτικούς, και η χρήση του στη συνέχεια μέσα στην τάξη, προάγει την συνεργασία των μαθητών, δημιουργεί κλίμα συλλογικότητας στην τάξη και καταλήγει σε μα αμοιβαία συμφωνία όλων των μελών, για την ένταση του ήχου που είναι ανεκτός στη διάρκεια της εκπαιδευτικής πράξης, ανάλογα με τη δραστηριότητα που καλούνται να περατώσουν οι μαθητές (ατομική, ομαδική ή συλλογική εργασία), ενώ ταυτόχρονα επιτυγχάνεται η διασύνδεση της τεχνολογίας και της επιστήμης με την καθημερινότητα των μαθητών. Το Arduino είναι μια ηλεκτρονική πλατφόρμα ανοικτού κώδικα και σχεδιασμού, που βασίζεται σε ευέλικτο και εύκολο στη χρήση υλικό και λογισμικό. Προορίζεται για οποιονδήποτε ενδιαφέρεται να δημιουργήσει αλληλεπιδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα. Ειδικότερα, υπάρχει ένα κύκλωμα που χρησιμοποιεί μικροελεγκτή, το οποίο δίνει ένα αριθμό πυλών, οι οποίες μπορεί να λειτουργήσουν είτε ως είσοδοι είτε ως έξοδοι στα κυκλώματά προς κατασκευή. Αυτές οι είσοδοι ή έξοδοι διαχειρίζονται γράφοντας κώδικα στο περιβάλλον προγραμματισμού Arduino IDE που βασίζεται στη γλώσσα C/C++ (Πουλάκης 2015). Οι ομάδες των εκπαιδευόμενων, θα προμηθευτούν όλα τα απαραίτητα υλικά (λαμπτήρες led, ηλεκτρονική πλακέτα, καλώδια, μικροελεγκτής Arduino UNO, πηγή και μικρόφωνο) και θα υλοποιήσουν το κύκλωμα του σχήματος 1. Στη συνέχεια, θα προγραμματίσουν τον μικροελεγκτή Arduino UNO μεταφέροντας, έτοιμο, τον κώδικα από τον υπολογιστή.

Σχήμα 1. Κύκλωμα «φασαριόμετρου»



Δραστηριότητα 3 – Εφαρμογή και αξιολόγηση «Φασαριόμετρου»

Στην τελευταία δραστηριότητα, ακολουθεί επιτόπου εφαρμογή της κατασκευής για την αξιολόγηση της λειτουργίας της και την διαπραγμάτευση για τον ορισμό των επιπέδων έντασης από όλα τα εμπλεκόμενα μέλη, κατά τη διάρκεια διαλέξεων, όταν θα μιλάει ο εκπαιδευτής, στη διάρκεια εργασίας σε ομάδες, όπου οι εκπαιδευόμενοι θα κληθούν να συμπληρώσουν ένα φύλλο αξιολόγησης του εργαστηρίου σε ομάδες, προκειμένου να αποτυπωθεί η κατάλληλη ένταση ήχου σε αυτή τη δραστηριότητα. Τέλος, θα αποτυπωθεί η ένταση του ήχου όταν θα λήξει το εργαστήριο και οι εκπαιδευόμενοι θα κάνουν διάλειμμα.

Βιβλιογραφία

Αποστολόπουλος Κ. (2012). *Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία*. http://ekfe-chalandr.att.sch.gr/Advisors/Apostolopoulos/GroupLearning/Omadosynergatiki_Didaskalia.pdf

Μακρή-Μπότσαρη, Ε. (2007). *Θέματα Διαχείρισης Προβλημάτων Σχολικής Τάξης*. Τόμος Α΄και Β΄. http://www.pi-schools.gr/programs/sxoltaxi/

Πουλάκης, Ε. (2015). *Προγραμματίζοντας με τον μικροελεγκτή Arduino*. Ε. Πουλάκης: Ηράκλειο.

Chatzakis, N.S., Karatzanis, A.D., Helidoni, M.E., Velegrakis, S.G., Christodoulou, P., Velegrakis, G.A. (2014). Excessive noise levels are noted in kindergarten classrooms in the island of Crete. *Eur Arch Otorhinolaryngol., 271*, 483-487

Crawford, D. & Bodine, R. (1997). *Conflict resolution in schools*, Washington DC: National Institute for Dispute Resolution.

Fidêncio, V.L., Moret, A.L., Jacob, R.T. (2014). Measuring noise in classrooms: a systematic review.*Codas, 26*, 155-158.

Too Noisy. *A Noise Level Meter built to help control the noise level of groups of children*. http://toonoisyapp.com/

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΥ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΤΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΓΙΑ ΧΑΡΙΣΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΤΑΛΑΝΤΟΥΧΑ ΠΑΙΔΙΑ (CTY GREECE)

Αντώνης Χρυσός, Κυριακή Αντωνιάδου, Περικλής Χατζησταυρίδης, Γεωργία Τσουλφά, Χάιδω Σαμαρά

CTY Greece (Κέντρο για Χαρισματικά και Ταλαντούχα Παιδιά)

Περίληψη

Το Κέντρο για Χαρισματικά και Ταλαντούχα Παιδιά, (*Center for Talented Youth, CTY Greece*), δημιουργήθηκε με την ιδρυτική δωρεά του Ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος. Εντοπίζει παιδιά με εξαιρετικές ακαδημαϊκές δεξιότητες με τη βοήθεια ειδικών εξετάσεων σχεδιασμένων από το πανεπιστήμιο Johns Hopkins (*JHU*). Δύο από τα μαθήματα που προσφέρονται στα προγράμματα του CTY Greece για μαθητές Δημοτικού και Γυμνασίου/Λυκείου είναι τα «Επιστήμη και Μηχανική» και «Αρχές Σχεδίασης για Μηχανικούς», αντίστοιχα. Σκοπός του εργαστηρίου είναι η παρουσίαση καινοτόμου πρακτικής διδασκαλίας σε μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης των μαθημάτων αυτών, βασισμένης στη βιωματική μάθηση (*Learning by doing*) και τη διαφοροποιημένη διδασκαλία.

Abstract

CTY (Center for Talented Youth) Greece, identifies children with exceptional academic skills applying special tests designed by the Johns Hopkins University (JHU). CTY Greece supports their development through extracurricular educational programs specifically designed for these students' exceptional potential. Among many, two courses offered through its summer programs for Primary and High school students respectively are "Science and Engineering" and "Principles of Engineering Design". The purpose of this workshop is to present innovative practices with regards to teaching students, based on the Learning by Doing and the Differentiated Teaching approach. These will be demonstrated through exemplar teaching of the above courses.

1. Εισαγωγή

Το Κέντρο για Χαρισματικά και Ταλαντούχα Παιδιά, (Center for Talented Youth, CTY Greece), δημιουργήθηκε με την ιδρυτική δωρεά του Ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος. Εντοπίζει παιδιά με εξαιρετικές ακαδημαϊκές δεξιότητες, από Ελλάδα και Κύπρο, με τη βοήθεια ειδικών εξετάσεων σχεδιασμένων από το πανεπιστήμιο Johns Hopkins (JHU). Στη συνέχεια, υποστηρίζει την εξέλιξή τους με εξωσχολικά εκπαιδευτικά προγράμματα, ειδικά σχεδιασμένα για τις ιδιαίτερες δυνατότητές τους, μέσα από καινοτόμες και πρωτοποριακές μεθόδους διδασκαλίας του JHU. Δύο από τα μαθήματα που προσφέρονται στα προγράμματα του CTY Greece για μαθητές Δημοτικού και Γυμνασίου/Λυκείου είναι τα «Επιστήμη και Μηχανική» και «Αρχές Σχεδίασης για Μηχανικούς», αντίστοιχα. Ειδικότερα, σκοπός του εργαστηρίου είναι η παρουσίαση καινοτόμου πρακτικής διδασκαλίας σε μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης των μαθημάτων «Επιστήμη και Μηχανική» (Science and Engineering) και «Αρχές Σχεδίασης για Μηχανικούς» (Principles of Engineering Design),

βασισμένης στη βιωματική μάθηση (Learning by doing) και τη διαφοροποιημένη διδασκαλία. Αρχικά, θα γίνει εξομοίωση υποδειγματικής διδασκαλίας για την Ε'-ΣΤ' τάξη του Δημοτικού με τους εκπαιδευτικούς, στην οποία θα συμμετέχουν ταυτόχρονα ως παρατηρητές όσοι επιπλέον εκπαιδευτικοί ενδιαφέρονται. Στη δεύτερη φάση, θα ακολουθήσει υποδειγματική διδασκαλία για τις τάξεις Α' Γυμνασίου - Α' Λυκείου. Τέλος, θα ακολουθήσει συζήτηση μεταξύ των εκπαιδευτικών και των εισηγητών.

Στο εργαστήριο αυτό, παρουσιάζονται δύο από τα μαθήματα που προσφέρονται στα προγράμματα του CTY Greece για μαθητές Ε' και ΣΤ' Δημοτικού και Α' Γυμνασίου - Α' Λυκείου, τα οποία είναι «Επιστήμη και Μηχανική» και «Αρχές Σχεδίασης για Μηχανικούς», αντίστοιχα και έχουν διάρκεια 45 λεπτά έκαστο. Στη συνέχεια, ακολουθεί συζήτηση διάρκειας 30 λεπτών μεταξύ καθηγητών και εισηγητών. Η αναμενόμενη συνολική διάρκεια του εργαστηρίου είναι 2 ώρες. Ο μέγιστος αριθμός των εκπαιδευτικών σε ρόλο μαθητή είναι 16 ανά μάθημα.

2. Αναλυτική Περιγραφή του Μαθήματος Επιστήμη και Μηχανική

Σ αυτό το μάθημα μελετάμε την πυκνότητα των υλικών. Σκοπός του μαθήματος είναι να δείξει στους μαθητές τη σχέση μάζας και όγκου των υλικών. Το μάθημα έχει διάρκεια 45 λεπτά και έχει το χαρακτήρα εργαστηριακής άσκησης.
Οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν τις αρχές που διδάχτηκαν τις προηγούμενες ημέρες και να κατανοήσουν άμεσα τη νέα θεωρία, με την πειραματική διαδικασία, τη δημιουργική συμμετοχή στις ομάδες, την κριτική σκέψη και την ανάλυση των δεδομένων τους. Αφού δοθούν και αναλυθούν οι στόχοι του εργαστηρίου, περιγράφονται τα υλικά και οι μαθητές χωρίζονται σε 4 ομάδες των 4 ατόμων.

Η μεθοδολογία που θα χρησιμοποιήσουμε είναι η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία jigsaw. Τα μέλη κάθε ομάδας πρέπει να εργαστούν από κοινού ως σύνολο για την επίλυση του βασικού προβλήματος που είναι η ταυτοποίηση των υλικών, που θα τους δοθούν, με βάση την πυκνότητά τους. Δηλαδή οι μαθητές θα πρέπει να ανακαλύψουν από τι είδους υλικό είναι φτιαγμένα τα αντικείμενα που θα τους δοθούν αφού μελετήσουν την πυκνότητά τους συγκρίνοντάς την με ένα πίνακα πυκνοτήτων διαφόρων υλικών που θα τους δοθεί.
Η εκπαιδευτική στρατηγική που χρησιμοποιείται εμπλέκει δύο τύπους μαθητικών ομάδων:

1. Την **αρχική ομάδα**, η οποία θα επιλύσει το πρόβλημα αναθέτοντας σε κάθε μέλος της να εξειδικευτεί σε έναν από τους τομείς:

Α. Ορισμός της μάζας και η μέτρησή της.

Β. Όγκος ακανόνιστων υλικών και η εργαστηριακή μέτρησή του.

Γ. Όγκος κανονικών πρισμάτων και ο γεωμετρικός υπολογισμός του.

Δ. Πυκνότητα υλικών και ο μαθηματικός υπολογισμός της.

2. Την **εξειδικευμένη ομάδα**, που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως *ομάδα ειδικών*. Αποτελείται από μαθητές της αρχικής ομάδας οι οποίοι έχουν αναλάβει να εξειδικευτούν σε καθένα από τους τομείς Α-. Κάθε ομάδα ειδικεύεται στο ίδιο αντικείμενο.

Αρχικά θα γίνει ο σχηματισμός των αρχικών ομάδων και η ανάθεση των ειδικευμένων ρόλων σε κάθε μέλος της. Θα μελετηθεί το αρχικό πρόβλημα και στη συνέχεια τα μέλη με την ίδια εξειδίκευση θα σχηματίσουν τις ομάδες των ειδικών. Στις ομάδες αυτές θα αποκτήσουν την εξειδικευμένη γνώση που θα χρειαστούν για να επιλύσουν το πρόβλημα που δόθηκε στην αρχική ομάδα. Στη συνέχεια θα επιστρέψουν στις αρχικές ομάδες τους για να διδάξουν το θέμα της ειδικότητάς τους αλλά και να διδαχτούν τα υπόλοιπα 3 θέματα. Η αρχική ομάδα θα

συνθέσει την εμπειρία και τη γνώση που αποκτήθηκε και θα επιλύσει το πρόβλημα που έχει δοθεί.
Ειδικότερα κατά την πρώτη φάση σύνθεσης της αρχικής ομάδας, θα δοθούν σε κάθε ομάδα δύο αντικείμενα τα οποία θα είναι καλυμμένα με αλουμινόχαρτο ώστε να μη φαίνεται το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένα. Το ένα αντικείμενο είναι ακανόνιστου σχήματος και σχετικά μικρό σε όγκο και το δεύτερο ένα πρίσμα (κύβος) κατασκευασμένο από ένα συγκεκριμένο υλικό π.χ. χαλκός, σίδηρος, ξύλο κλπ. Σχετικά μεγάλου μεγέθους ώστε να μην χωρά στον ογκομετρικό κύλινδρο. Στη δεύτερη φάση της ομάδας ειδικών η πρώτη ομάδα θα παραλάβει 1 ζυγό ακριβείας και διάφορα αντικείμενα ακανόνιστου σχήματος και ορισμένα κανονικού σχήματος (κύβοι ίδιου μεγέθους). Η δεύτερη ομάδα θα παραλάβει διάφορα υλικά ακανόνιστου σχήματος, ένα ογκομετρικό κύλινδρο, ποτήρια ζέσης και ένα μπουκάλι νερό. Η Τρίτη ομάδα θα παραλάβει πρίσματα κανονικού σχήματος (ισομεγέθεις κύβους), έναν ογκομετρικό κύλινδρο, γραφική ύλη, χάρακες και παχύμετρα ακριβείας. Η τέταρτη ομάδα θα παραλάβει μόνο γραφική ύλη. Όταν ξανασχηματιστούν οι αρχικές ομάδες, θα εφοδιαστούν επιπλέον με 1 ζυγό, έναν ογκομετρικό κύλινδρο και ένα παχύμετρο η κάθε μια.
Ο χρόνος πειραματισμού είναι 30 λεπτά για τις ομάδες εξειδίκευσης (αναλυτική φάση) και 10 λεπτά για τη φάση της σύνθεσης.
Κάθε ομάδα (αρχική) θα πρέπει να παραδώσει ένα φυλλάδιο όπου θα τακτοποιούνται τα δύο αντικείμενα που της δόθηκαν αρχικά και θα περιγράφεται αναλυτικά η εργαστηριακή μεθοδολογία που ακολουθήθηκε καθώς και τα προβλήματα που αντιμετώπισαν και οι λύσεις που δόθηκαν.

3. Αναλυτική Περιγραφή του Μαθήματος Αρχές Σχεδίασης για Μηχανικούς

Στο μάθημα αυτό μελετάμε τη μετάδοση κίνησης με οδοντωτούς τροχούς - γρανάζια. Σκοπός μας είναι η κατασκευή αμαξιού με χρήση οδοντωτών τροχών για γρήγορη κίνηση σε επίπεδη και κεκλιμένη επιφάνεια με ταυτόχρονη μεταφορά βάρους. Η διαδικασία (θεωρία και εργαστηριακή άσκηση) θα έχει διάρκεια 45 λεπτά και η εργασία θα είναι ομαδική.

Αρχικά, δίδονται οι βασικές εξισώσεις κινηματικής και μετάδοσης κίνησης με οδοντωτούς τροχούς. Έπειτα, περιγράφεται το πείραμα και οι απαιτήσεις του. Στη συνέχεια, οι μαθητές προχωρούν στην εφαρμογή της θεωρίας και τη σχεδίαση, την κατασκευή και τον έλεγχο του αμαξιού. Τέλος, γίνεται ανάλυση και επεξεργασία των πειραματικών δεδομένων.

Ειδικότερα, κατά την πειραματική διαδικασία οι μαθητές χωρίζονται σε δυάδες και τους δίδονται τα ακόλουθα υλικά: 2 μπαταρίες 1.5 V, Μπαταριοθήκη, Μοτέρ 1.5-4.5V, Χαρτοταινία 1μ, 2 ράβδοι balsa, Βάρη, 1 Χρονόμετρο, 4 Γρανάζια, 4 ρόδες, 2 καλαμάκια, 5 λαστιχάκια, 15 ξυλάκια, Χαρτί μιλλιμετρέ, 2 Χάρακες, Υπολογιστής τσέπης, Γραφική ύλη. Ο χρόνος και τα υλικά είναι περιορισμένα.

Στο workshop θα γίνει παρουσίαση του τρόπου διδασκαλίας και θα δοθούν 35-40 λεπτά για την κατασκευή και τον έλεγχο του αμαξιού.
Στο πρόγραμμα του CTY Greece, οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν τις αρχές φυσικής που διδάχτηκαν τις προηγούμενες ημέρες και να κατανοήσουν άμεσα τη νέα θεωρία, με την επίλυση ασκήσεων, τη σχεδίαση, τη δημιουργία, τον έλεγχο του αντικείμενου και την ανάλυση των δεδομένων τους. Γίνεται εισαγωγή στη μέθοδο βελτιστοποίησης και ανάπτυξη των αναλυτικών ικανοτήτων τους.
Αφού δοθούν και αναλυθούν οι στόχοι του εργαστηρίου, περιγράφονται τα υλικά και οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των 2 ατόμων. Κάθε ομάδα θα πρέπει

- να παραδώσει 2 σχέδια του αμαξιού υπό κλίμακα

- να κατασκευάσει με τα υλικά που δίδονται αμαξάκι το οποίο
    - κινείται γρήγορα και σε ευθεία σε επίπεδη επιφάνεια
    - κινείται γρήγορα και σε ευθεία σε κεκλιμένη επιφάνεια
    - μεταφέρει βάρη
- να ελέγξει τα παραπάνω
- να πάρει μετρήσεις
- να παραδώσει φυλλάδιο με πειραματικά δεδομένα που αφορούν τη μέση ταχύτητα, τη γωνιακή ταχύτητα και τη ροπή στις ρόδες και στο μοτέρ
- να παραδώσει ανάλυση και συμπεράσματα σχετικά με το αρχικό και (ίσως) τελικό σχέδιο, να αναλύσει τις τεχνικές που ανέπτυξε, ώστε να αντιμετωπίσει τα προβλήματα που προέκυψαν κατά την κατασκευή και τον έλεγχο του αμαξιού και να προτείνει τις μεθόδους βελτιστοποίησης που χρησιμοποίησε ή θα χρησιμοποιούσε.

ΜΑΘΑΙΝΟΝΤΑΣ ΓΙΑ ΤΟΥΣ ΣΕΙΣΜΟΥΣ: ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Υβόνη Παύλου, Μάριος Παπαευριπίδου,
Ζαχαρίας Ζαχαρία, Γεώργιος Μαυρομανολάκης

Τμήμα Επιστημών Αγωγής, Πανεπιστημίου Κύπρου

Σύνοψη Εργαστηρίου

Το εργαστήριο με τίτλο *«Μαθαίνοντας για τους σεισμούς: Δραστηριότητες και διδακτικές πρακτικές για τη μελέτη σεισμολογικών φαινομένων»* εντάσσεται στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του προγράμματος "Schools Study Earthquakes" (SSE), το οποίο χρηματοδοτείται από το Erasmus+ Program και αποτελεί μέρος της δράσης "Cooperation for innovation and the exchange of good practices". Το πρόγραμμα, στο οποίο συμμετέχουν πέντε χώρες (Κύπρος, Βουλγαρία, Τουρκία, Ελλάδα και Ιταλία), στοχεύει γενικότερα στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις Φυσικές Επιστήμες και ειδικότερα στην ανάπτυξη κατανόησης για έννοιες που αφορούν στους σεισμούς μέσα από την καλλιέργεια δεξιοτήτων διερώτησης χρήσιμων για τη μελέτη σεισμολογικών φαινομένων.

Οι δραστηριότητες που θα ακολουθηθούν κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου βασίζονται στους ευρύτερους στόχους του προγράμματος SSE. Το εργαστήριο περιλαμβάνει βιωματικές δραστηριότητες, οι οποίες αναπτύχθηκαν με βάση τη στρατηγική της διερώτησης (Pedaste et al. 2015) και που βασίζονται στην ενεργητική συνεργατική μάθηση. Η μάθηση μέσω διερώτησης είναι μία αποτελεσματική στρατηγική, η οποία τοποθετεί τον μανθάνοντα στο επίκεντρο της διδασκαλίας και τον εμπλέκει σε αυθεντικές επιστημονικές διαδικασίες και μεθόδους (National Research Council 2000). Όσον αφορά στο γνωστικό περιεχόμενο, οι συμμετέχοντες θα έρθουν σε επαφή με διάφορες έννοιες που αφορούν τη θεματική περιοχή των σεισμών (π.χ. σεισμικά κύματα, σεισμογράφημα, επίκεντρο) για τις οποίες εντοπίζονται διάφορες εναλλακτικές ιδέες σε όλες τις ηλικίες (Francek 2013). Συγκεκριμένα, θα τεθεί με την έναρξη του εργαστηρίου ένας αρχικός προβληματισμός και έπειτα θα ακολουθήσουν διαβαθμισμένες βιωματικού τύπου δραστηριότητες για τον τρόπο που διαδίδονται τα σεισμικά κύματα, καθώς και για την επιστημονική διαδικασία εύρεσης του επίκεντρου ενός σεισμού. Οι συμμετέχοντες, μέσα από αυτές τις δραστηριότητες, θα έχουν ταυτόχρονα την ευκαιρία να δουν από κοντά πώς λειτουργεί ένας πραγματικός εκπαιδευτικός σεισμογράφος. Κατά το κλείσιμο του εργαστηρίου, θα απαντηθεί ο αρχικός προβληματισμός και θα ακολουθήσει συζήτηση για την εφαρμογή των δραστηριοτήτων και της στρατηγικής της διερώτησης σε σχολικά πλαίσια. Μέσα από τις δραστηριότητες του εργαστηρίου, οι συμμετέχοντες θα έχουν την ευκαιρία να μπουν στη θέση του μανθάνοντα και να έρθουν σε επαφή με μεθόδους διδασκαλίας, θέματα και πρακτικές που αφορούν τη θεματική περιοχή των σεισμών. Με την ενεργό εμπλοκή στις δραστηριότητες του εργαστηρίου παρέχεται η δυνατότητα στους συμμετέχοντες να εμπλουτίσουν τις γνώσεις τους τόσο σε θέματα περιεχομένου, όσο και σε θέματα παιδαγωγικών πρακτικών.

Δραστηριότητες εργαστηρίου

Δραστηριότητα 1: Αφόρμηση και διατύπωση υποθέσεων

Παρουσιάζεται στον βιντεοπροβολέα η ιστοσελίδα http://bbnet.gein.noa.gr/HL/real-time-plotting/onlinestations, η οποία παρουσιάζει το ελληνικό σεισμολογικό δίκτυο (Hellenic

Seismic Network [HL]). Οι συμμετέχοντες καλούνται να διατυπώσουν υποθέσεις για το πώς νομίζουν είναι σε θέση οι διάφοροι αυτοί σεισμολογικοί σταθμοί να εντοπίσουν ένα σεισμό που συμβαίνει σε περιοχές που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από τον σταθμό (π.χ. σε άλλη χώρα, στη θάλασσα). Δίνεται χρόνος στους συμμετέχοντες να συζητήσουν ομαδικά (μέχρι και τέσσερα άτομα σε κάθε ομάδα) και να διατυπώσουν υποθέσεις.

Δραστηριότητα 2: Διάδοση σεισμικών κυμάτων

Αναφέρεται στους συμμετέχοντες ότι ένας σεισμός προκαλεί κύματα, τα οποία διαδίδονται με

διαφορετικούς τρόπους. Παρουσιάζεται βίντεο (https://www.youtube.com/watch?v=T9QwiBFN9gI) για να παραλληλιστεί το φαινόμενο της δημιουργίας σεισμικών κυμάτων με τα κύματα που δημιουργούνται στο νερό όταν πέφτει μέσα κάποιο αντικείμενο (εντοπισμός ομοιοτήτων και διαφορών μεταξύ τους). Έπειτα, οι συμμετέχοντες χωρίζονται σε ομάδες (μέχρι και τέσσερα άτομα σε κάθε ομάδα) και με τη χρήση πλαστικών ελατηρίων (slinky) μοντελοποιούν τον τρόπο διάδοσης πρωτευόντων (primary seismic waves) και δευτερευόντων (secondary seismic waves) σεισμικών κυμάτων χώρου (body waves), καθώς και των επιφανειακών κυμάτων (surface waves: Love και Rayleigh).

Δραστηριότητα 3: Διάδοση σεισμικών κυμάτων και σεισμογραφήματα

Παρουσιάζεται ο εκπαιδευτικός σεισμογράφος (TC-1 Vertical seismometer, λειτουργία, μέρη) στους συμμετέχοντες και γίνεται αναφορά στο λεξιλόγιο που αφορά στους σεισμούς (επίκεντρο, εστία, εστιακό βάθος, μέγεθος). Έπειτα, οι συμμετέχοντες στέκονται σε γραμμές αναπαριστώντας κάποιου είδους σεισμικό κύμα χώρου κάθε φορά. Ο τελευταίος συμμετέχων που βρίσκεται κοντά στον σεισμογράφο πηδάει. Σκοπός της δραστηριότητας είναι οι συμμετέχοντες να κατανοήσουν ότι και τα δύο σεισμικά κύματα χώρου διανύουν την ίδια απόσταση από το σημείο που έγινε ο σεισμός (επίκεντρο) μέχρι τον σεισμογράφο, αλλά δεν μπορούμε να γνωρίζουμε αυτή την απόσταση, γιατί η πρώτη καταγραφή γίνεται αφού φτάσει το κύμα στον σεισμογράφο και όχι όταν δημιουργηθεί αρχικά στον εστιακό χώρο του σεισμού. Αυτό που μπορούμε να μετρήσουμε με τον σεισμογράφο είναι τη διαφορά του χρόνου άφιξης των δύο κυμάτων χώρου.

Δραστηριότητα 5: Εύρεση επικέντρου

Με έναυσμα τη διαπίστωση που προκύπτει από την προηγούμενη δραστηριότητα, γίνεται συζήτηση με τους συμμετέχοντες για τα δεδομένα που θεωρούν ότι χρειάζονται, ώστε να είναι σε θέση να εντοπίσουν το επίκεντρο ενός σεισμού. Έπειτα, μέσα από ομαδικές διερευνητικές διαδικασίες και με τη χρήση τριών σεισμογραφημάτων, οι συμμετέχοντες εντοπίζουν το επίκεντρο ενός σεισμού.

Δραστηριότητα 6: Συζήτηση

Οι συμμετέχοντες προσπαθούν να απαντήσουν τον αρχικό προβληματισμό που τέθηκε στην αρχική δραστηριότητα του εργαστηρίου. Ακολουθεί συζήτηση για τις διαδικασίες που ακολουθήθηκαν κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου και για τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε τάξεις δημοτικής και μέσης εκπαίδευσης. Τέλος, γίνεται συσχέτιση των δραστηριοτήτων και της μάθησης μέσω διερώτησης, με τους γενικότερους στόχους και δραστηριότητες του προγράμματος SSE.

Βιβλιογραφία

Francek, M. (2013). A compilation and review of over 500 geoscience misconceptions. *International Journal of Science Education, 35*(1), 31-64.

National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC: The National Academies Press.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., de Jong, T., van Riesen, Siswa A N, Kamp, E. T., Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14*, 47-61.

ΠΕΡΙΛΗΨΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

ΜΙΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΩΘΗΣΗ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ-ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗΣ ΔΙΕΡΩΤΗΣΗΣ: ΤΟ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΙΩΝ

Ανδρεανή Μπάιτελμαν[1], Θεονίτσα Λοΐζου Γεωργίου[2]

[1]Πανεπιστήμιο Κύπρου & Παιδαγωγικό Ινστιτούτο Κύπρου
[2] Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη
Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η παρουσίαση μιας καινοτόμου διδακτικής παρέμβασης που στοχεύει στην προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας με την αξιοποίηση της κοινωνικο-επιστημονικής διερώτησης (Socio-Scientific Inquiry Based Learning- SSIBL). Η πρόταση αυτή αφορά στα εμβόλια και εντάσσεται στο μάθημα Βιολογίας της Γ΄ Λυκείου για τη φυσική και τεχνητή ανοσία.

Abstract
The purpose of this paper is to present an innovative teaching intervention which aims on promoting argumentation skills by using Socio-Scientific Inquiry Based Learning - SSIBL. The teaching intervention refers to vaccines as part of the course of natural and artificial immunity for the 2nd grade Lyceum class for Biology.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία τριάντα χρόνια, η προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας αποτελεί ένα σημαντικό πεδίο εκπαιδευτικής έρευνας, με τους πλείστους ερευνητές να τονίζουν τη μεγάλη σημασία της επιχειρηματολογίας στην εκπαίδευση και στην καθημερινή ζωή. Παρόλη, όμως, την κοινή αποδοχή εκ μέρους των πλείστων ερευνητών και παιδαγωγών για τη μεγάλη σημασία της επιχειρηματολογίας στη μαθησιακή διαδικασία και την καθημερινή ζωή, τα ερευνητικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι οι μαθητές δεν διαθέτουν επαρκείς δεξιότητες επιχειρηματολογίας και δυσκολεύονται να οικοδομήσουν έγκυρα και αξιόπιστα επιχειρήματα (Jimenez-Aleixandre 2007). Τα τελευταία δεκαπέντε χρόνια, διάφοροι ερευνητές των Φυσικών Επιστημών έχουν μελετήσει την επιχειρηματολογία στο πλαίσιο των κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων (Socioscientific Issues - SSIs), υποστηρίζοντας ότι τα SSIs λόγω της φύσης τους μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο για την ανάπτυξη δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας. Στη διεθνή βιβλιογραφία, ως SSIs χαρακτηρίζονται ανοικτού τύπου ζητήματα τα οποία σχετίζονται με την επιστήμη, την τεχνολογία και την κοινωνία, και συνήθως, είναι επίμαχα ζητήματα λόγω έλλειψης ομοφωνίας των επιστημόνων γύρω από αυτά (Zeidler 2014).
Με βάση το παραπάνω θεωρητικό πλαίσιο, στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια διδακτική πρόταση που αφορά στην προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας με την αξιοποίηση της κοινωνικο-επιστημονικής διερώτησης (διερώτηση με την αξιοποίηση SSI). Η πρόταση αυτή αφορά στα εμβόλια και εντάσσεται στο μάθημα της φυσικής και τεχνητής

ανοσίας της Βιολογίας Γ΄ Λυκείου. Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξή της στηρίζεται, σε μεγάλο βαθμό στη θεωρία μάθησης του οικοδομισμού και του κοινωνικού οικοδομισμού, και προωθείται μέσα από τη διδακτική προσέγγιση της διερώτησης με την αξιοποίηση σχετικού SSI-διλήμματος.

2. Διδακτική Πρόταση με θέμα τα εμβόλια

Η βασική μαθησιακή επιδίωξη της συγκεκριμένης πρότασης είναι η προώθηση δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας των μαθητών. Επιπρόσθετες μαθησιακές επιδιώξεις είναι η ανάπτυξη της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών για τη φυσική και τεχνητή ανοσία, καθώς και η ανάπτυξη της επιστημολογικής τους επάρκειας.
Στην αρχή της διδακτικής πρότασης παρουσιάζεται ως αφόρμηση ένα επίμαχο SSI-δίλημμα που αφορά στον εμβολιασμό για ένα νέο ιό της γρίπης, το οποίο καθορίζει το πλαίσιο της κοινωνικο-επιστημονικής διερώτησης. Στη συνέχεια, παρατίθεται μία στοχευμένη ακολουθία δραστηριοτήτων, η οποία σκοπό έχει να στηρίξει τον μαθητή στην προσπάθειά του να κατανοήσει έννοιες που αφορούν στην ανοσία και τα εμβόλια, να συλλέξει και να αξιολογήσει σχετικές πληροφορίες από πολλαπλές πηγές, να οικοδομήσει επιχειρήματα, αντεπιχειρήματα και αντικρούσεις αντεπιχειρημάτων, να αξιολογήσει την εγκυρότητα των επιχειρημάτων του με συγκεκριμένα κριτήρια, και τέλος να λάβει μια απόφαση για το επίμαχο SSI-δίλημμα. Επιπλέον, κάθε δραστηριότητα επιτρέπει στην προώθηση της επιστημολογικής επάρκειας των μαθητών λόγω της φύσης του ίδιου του SSI και της αβεβαιότητας και πολυπλοκότητας των πληροφοριών που σχετίζονται με αυτό, λόγω της αξιοποίησης της ιστορίας της επιστήμης που αφορά στα εμβόλια, αλλά και λόγω της ρητής αναφοράς σε θέματα επιστημολογίας που αφορούν στο τι είναι επιχείρημα, ποια η σχέση μεταξύ ισχυρισμών, δεδομένων και θεωριών, κλπ.
Μέσα από την εφαρμογή της συγκεκριμένης πρότασης, διαπιστώθηκε ότι η αξιοποίηση της κοινωνικο-επιστημονικής διερώτησης στη μαθησιακή διαδικασία, δυνητικά, συνεισφέρει στη βελτίωση των δεξιοτήτων επιχειρηματολογίας των μαθητών, καθώς και της εννοιολογικής κατανόησης και επιστημολογικής επάρκειάς τους. Επιπλέον, διαπιστώθηκε, ότι η συγκεκριμένη διδακτική προσέγγιση δημιουργεί ποιοτικότερες συνθήκες συνεργατικής μάθησης, ενισχύει το υποστηρικτικό, παροτρυντικό, συντονιστικό και διαμεσολαβητικό ρόλο του εκπαιδευτικού στην όλη μαθησιακή διαδικασία και προωθεί την αρχική, τη διαμορφωτική και τελική αξιολόγηση.

3. Βιβλιογραφία

Jimenez-Aleixandre, M. P. (2007). *Designing Argumentation Learning Environments: Perspectives from classroom-based research.* Dordrecht, (pp. 91-115). Dordrecht,The Netherlands: Springer.

Zeidler, D. L. (2014). *Socioscientific Issues as a Curriculum Emphasis: Theory, Research and Practice.* Handbook of Research on Science Education.

ΜΕΛΕΤΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΑΛΑΝΤΩΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΓΧΡΟΝΙΚΗΣ ΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ (MULTILOG) ΚΑΙ ΤΟ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΤΗ ARDUINO

Στέφανος Ντούλας[1], Θωμάς Νίκας[2]

[1]Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Αγίων Αναργύρων
[2]ΕΚΦΕ Αγίων Αναργύρων

Περίληψη

Η εργασία αναφέρεται στη μελέτη ενός σύνθετου και πολυπαραμετρικού φαινομένου, όπως είναι οι μηχανικές ταλαντώσεις, με σύγχρονα μέσα καταγραφής και επεξεργασίας των μετρήσεων – Multilog. Παράλληλα, επιστρατεύεται ο μικροελεγκτής Arduino σε συνδυασμό με κατάλληλο σερβομηχανισμό για να υλοποιήσει το «διεγέρτη» στη μελέτη των εξαναγκασμένων ταλαντώσεων. Η λήψη, καταγραφή και επεξεργασία των μετρήσεων οδηγεί στην καλύτερη και ευρύτερη κατανόηση των φυσικών μηχανισμών που διέπουν το φαινόμενο. Οι μαθητές μπορούν να προβληματιστούν και να αναζητήσουν επιστημονικές εξηγήσεις διαπιστώνοντας εμφανείς αποκλίσεις από το θεωρητικό μοντέλο, καθώς επίσης να εντρυφήσουν στη μεθοδολογία και τις ιδιαιτερότητες των ψηφιακών μέσων λήψης, καταγραφής, επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων.

Abstract

In this work we study the complex and multi-parametric physical phenomenon of the mechanical oscillations, using contemporary means of data acquisition and processing – Multilog. The stimulus function for studying forced oscillations is performed using the arduino microcontroller, along with a suitable servo. The modern methods of data acquisition, storage and processing facilitates in depth understanding of the physical processes involved. Students are prompt to find scientific explanations when the experimental results contradict with the theoretical model that they have been taught. They are also motivated to get into the methodology and special issues of digital signal acquisition and processing.

1. Εισαγωγή

Οι νέες τεχνολογίες μεταβάλλουν τη στοχοθεσία και εμπλουτίζουν τα μέσα διδασκαλίας των φυσικών επιστημών (M. Linn, 2003). Τα σύγχρονα εξοπλισμένα σχολικά εργαστήρια φυσικών επιστημών – (Σ.Ε.Φ.Ε.) των λυκείων, διαθέτουν το σύστημα καταγραφής και επεξεργασίας των μετρήσεων – Multilog και παρέχεται υποστήριξη στους εκπαιδευτικούς από τα Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.).

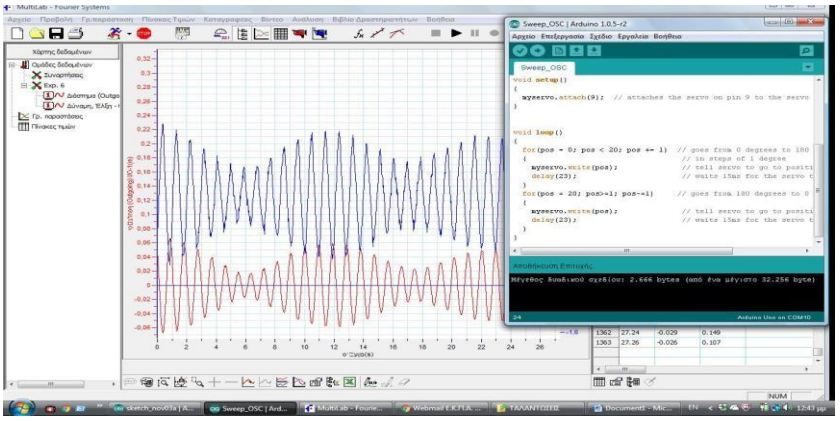
Όμως, η ελλιπής επιμόρφωση και το ισχύον αναχρονιστικό αναλυτικό πρόγραμμα (Κόκκοτας 2001) αποθαρρύνουν τους εκπαιδευτικούς από την πραγματοποίηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων. Επιπρόσθετα, οι προτεινόμενες εργαστηριακές ασκήσεις αναφέρονται σε κλασσικά πειράματα με ελάχιστη χρήση ψηφιακού εξοπλισμού (multilog) με αποτέλεσμα η αξιοποίησή του αφήνεται στην κρίση των εκπαιδευτικών. (Κολτσάκης κ.ά. 2007).

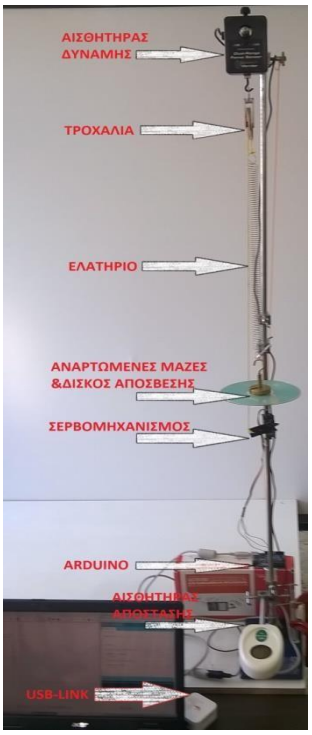
Υπό αυτές συνθήκες, η πραγματοποίηση κατάλληλων πειραμάτων επίδειξης των δυνατοτήτων του σύγχρονου εξοπλισμού προσφέρει στους μαθητές νέες βιωματικές γνώσεις και δεξιότητες

και αυξάνει το ενδιαφέρον τους τόσο για τα τεχνολογικά όσο και τα θεωρητικά επιτεύγματα των φυσικών επιστημών.

2. Μεθοδολογία

Αρχικά, επιδεικνύεται το σύστημα Multilog και το λογισμικό του. Γίνεται αναφορά στο θεώρημα της δειγματοληψίας (A. Jerri, 1977) και τους περιορισμούς που αυτό επιβάλει.
Στη συνέχεια, παρουσιάζεται το σύστημα μικροελεγκτή arduino και ο σερβομηχανισμός. Γίνεται απλή επίδειξη της μεθόδου προγραμματισμού για τις ανάγκες του πειράματος.
Ακολουθεί η επίδειξη της πειραματικής διάταξης για τη μελέτη των μηχανικών ταλαντώσεων.





3. Αποτελέσματα

Κατά την πειραματική διαδικασία πραγματοποιείται μελέτη ελεύθερων ταλαντώσεων με μικρή και μεγάλη απόσβεση, μελέτη εξαναγκασμένων ταλαντώσεων, διακρότημα και συντονισμός.

4. Συμπεράσματα

Κάποια γενικά συμπεράσματα που μπορούν να εξαχθούν από την εμπειρία των παρουσιάσεων των πειραμάτων σε μαθητές και εκπαιδευτικούς, συνοψίζονται παρακάτω:

1. Υπάρχει αισθητή έλλειψη γνώσεων και δεξιοτήτων των εκπαιδευτικών στον τρόπο λειτουργίας, χειρισμού και αξιοποίησης των δυνατοτήτων που προσφέρουν οι σύγχρονες τεχνολογίες. Απαιτείται στοχευμένη επιμόρφωση των εκπαιδευτικών και σενάρια ένταξης των τεχνολογιών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών.
2. Οι μαθητές παρακινούνται να ενημερωθούν και να γνωρίσουν τις νέες τεχνολογίες και τον τρόπο που μπορούν να τις χρησιμοποιήσουν για να αλληλεπιδράσουν με το φυσικό κόσμο, αποκτούν εμπειρία στον σύγχρονο τρόπο εξαγωγής και επεξεργασίας των πειραματικών δεδομένων και την ανάδειξη φαινομένων στο πείραμα, που δεν προβλέπονται από απλά θεωρητικά μοντέλα.

5. Βιβλιογραφία

1. Κόκκοτας Π.Β. (2001). «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών». Εκδόσεις Γρηγόρη.
2. Κολτσάκης Ε., Πιερράτος Θ. και Πολάτογλου Χ. (2007). «Αξιοποίηση των Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών στο Σχολικό.

ΣΤΡΟΓΓΥΛΑ ΤΡΑΠΕΖΙΑ

ΜΑΘΗΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΕ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΚΕΝΤΡΑ ΚΑΙ ΜΟΥΣΕΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Οργανωτής: Δημήτρης Σταύρου

ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Συμμετέχοντες: Κατερίνα Βορεάδου[1], Γιάννης Καρατάσιος[2], Μιχάλης Σιγάλας[3], Δημήτρης Ποδάρας[2], Θάλλεια Πολυχρονάκη[4], Βάντα Πλαϊτη[4]

[1]Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Πανεπιστημίου Κρήτης
[2]Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας – ΕΚΕΦΕ "Δημόκριτος"
[3]Κέντρο Διάδοσης Επιστημών και Μουσείο Τεχνολογίας ΝΟΗΣΙΣ
[4]Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών

Πολλές μελέτες τονίζουν τα οφέλη που αποκομίζουν οι μαθητές κατά την επίσκεψή τους σε οργανωμένους χώρους επιστήμης εκτός σχολείου. Για παράδειγμα, η επίσκεψη σε τέτοιους χώρους μπορεί να διεγείρει το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών και να αποτελέσει κίνητρο για περαιτέρω ενασχόληση με τις ΦΕ. Συγχρόνως, τέτοια περιβάλλοντα μάθησης έχουν αποδειχθεί ότι είναι περισσότερο φιλικά και πιο ενθαρρυντικά στη συμμετοχή των κοριτσιών σε θέματα σχετικά με τις ΦΕ.

Το πρόβλημα όμως που συναντάται στις μέρες μας είναι το γεγονός ότι αν και υπάρχουν πολλοί τέτοιοι χώροι, εντούτοις δεν συνιστούν κάποιο ενιαίο δίκτυο που να συνδυάζεται με κάποιο τρόπο με την τυπική μάθηση, με αποτέλεσμα την αλληλοεπικάλυψη των προσπαθειών ή συχνά την αδυναμία οποιασδήποτε σύγκλισης μεταξύ αυτών. Συχνά οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί που διοργανώνουν τις επισκέψεις των μαθητών τους σε διάφορα επιστημονικά κέντρα δεν έχουν σαφείς εκπαιδευτικούς στόχους και αδυνατούν να συνδέσουν την συγκεκριμένη εμπειρία με τα εκάστοτε Προγράμματα Σπουδών. Επίσης, πολλές φορές οι μαθητές δεν συνδυάζουν την επίσκεψή τους σε έναν τέτοιο χώρο με τους προσδοκώμενους μαθησιακούς στόχους, με αποτέλεσμα να είναι ανέτοιμοι για κάτι τέτοιο όταν τους ζητηθεί. Το αποτέλεσμα είναι ότι τελικά επικρατεί η ψυχαγωγική διάσταση της επίσκεψης έναντι της εκπαιδευτικής.

Στο στρογγυλό τραπέζι θα συζητηθούν οι παραπάνω προβληματισμοί και θα διαπραγματευθούν τα παρακάτω ενδεικτικά ερωτήματα:

α) Ποιές αρχές λαμβάνονται υπόψη τόσο κατά το σχεδιασμό όσο και κατά την υλοποίηση ενός εκπαιδευτικού προγράμματος σε ερευνητικό κέντρο / μουσείο επιστημών;

β) Πώς θα πρέπει να διαμορφωθεί ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα ερευνητικού κέντρου/ μουσείου επιστημών έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μάθηση του επιστημονικού περιεχομένου;

γ) Σε ποιο βαθμό ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα ερευνητικού κέντρου / μουσείου επιστημών βρίσκεται σε αντιστοιχία με το σχολικό αναλυτικό πρόγραμμα;

δ) Ποιος ο ρόλος των εκπαιδευτικών κατά τη διαδικασία πραγματοποίησης μιας επίσκεψης σε ερευνητικό κέντρο / μουσείο επιστημών;

ΟΙ ΓΙΟΡΤΕΣ, ΟΙ ΕΚΘΕΣΕΙΣ, ΤΑ ΠΑΝΗΓΥΡΙΑ, ΤΑ ΦΕΣΤΙΒΑΛ ΚΑΙ ΟΙ ΜΑΘΗΤΙΚΟΙ ΔΙΑΓΩΝΙΣΜΟΙ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΣΧΟΛΕΙΟ ΑΝΟΙΧΤΟ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΑ

Οργανωτές: Νεκτάριος Τσαγλιώτης[1], Δημοσθένης Μαρκογιαννάκης[2]

[1]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[2]Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Χανίων

Συμμετέχοντες: Κατερίνα Πλακίτση[1], Νίκος Κολιός[2], Ευγενία Τσιτοπούλου – Χριστοδουλίδη[3], Δημήτρης Κολιόπουλος[4]

[1]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
[2]ΕΚΦΕ, Ιωαννίνων
[3]Υπεύθυνη ΕΚΦΕ Αιγάλεω
[4]ΤΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών

Τα τελευταία 15 χρόνια, τουλάχιστον, παρατηρείται μια τάση ανοίγματος και διάχυσης της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες μέσα και πέρα από τη σχολική κοινότητα, στην ευρύτερη κοινωνία, σε ένα προσανατολισμό προσέγγισης της *«επιστήμης για όλους»*. Τούτο συμβαίνει μέσα από ποικίλες εκδηλώσεις και δράσεις σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης, από το νηπιαγωγείο μέχρι και το πανεπιστήμιο, συχνά με συνεργασίες ανάμεσα στις βαθμίδες, αλλά και με φορείς της ευρύτερης κοινότητας. Έτσι, σε ένα πρώτο επίπεδο, τα *«πανηγύρια της επιστήμης»* είναι μια μορφή εκπαιδευτικής διαδικασίας, στο πλαίσιο της σύνθεσης της τυπικής, της μη τυπικής και της άτυπης εκπαιδευτικής προσέγγισης, τα οποία επιδιώκουν να διαμορφώσουν μια θετική στάση των παιδιών για τις φυσικές επιστήμες, ήδη από τις πρώτες σχολικές βαθμίδες. Μέσα από τη διαπραγμάτευση ενός θέματος που ξεκινά από τα ενδιαφέροντα και τις ανησυχίες των παιδιών, οργανώνεται μια σειρά διερευνήσεων, ένα ταξίδι στο μαγευτικό κόσμο της γνώσης, με οδηγούς τους/τις μαθητές-τριες και συνοδοιπόρους και αρωγούς τους/τις εκπαιδευτικούς. Η διαδικασία κορυφώνεται με τη διοργάνωση μιας εκδήλωσης, ενός πανηγυριού, όπου παρουσιάζονται οι εργασίες των παιδιών, τα πειράματα και οι κατασκευές τους. Όμοια, σε ένα δεύτερο επίπεδο, οι *«γιορτές»*, οι *«εκθέσεις»* και τα *«φεστιβάλ των επιστημών»*, επιπλέον επιδιώκουν να παρουσιάσουν στο ευρύ κοινό επιστημονικές προσεγγίσεις φαινομένων και διαδικασιών, με εύληπτο και εκλαϊκευτικό τρόπο, ώστε να διεγείρουν το ενδιαφέρον και να ανοίξουν τους ορίζοντες της σκέψης και της φαντασίας. Σε ένα τρίτο επίπεδο οι *«διαγωνισμοί»* ή *«αγώνες»* των επιστημών, συνδυαζόμενοι και με τεχνολογικές εφαρμογές, αυξάνουν το βαθμό της ιδιοποίησης των προβλημάτων και της εγγενούς δέσμευσης στις διερευνήσεις, στα πειράματα και στις κατασκευές, με τα οποία καταπιάνονται μαθητές και εκπαιδευτικοί, ενισχύοντας συνάμα την προσέγγιση του *«κάνω επιστήμη»*, συχνά μέσα σε αυθεντικά περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης.

Σε σχέση με τα παραπάνω, ενδεικτικά ερωτήματα που θα απασχολήσουν αυτό το στρογγυλό τραπέζι είναι τα ακόλουθα:

1. Τι θα μπορούσαμε να κάνουμε ώστε η κρίσιμη μάζα των εκπαιδευτικών και των φορέων, που προσεγγίζουν και διοργανώνουν τις παραπάνω δράσεις και εκδηλώσεις, να διευρυνθεί και να επηρεάσει περισσότερο τις τοπικές κοινότητες και το ευρύτερο κοινωνικό σύνολο, με άμεσο αντίχτυπο την ευρύτερη διάδοσή τους στο πλατύ κοινό;

2. Πώς θα διευρύνουμε τον αντίκτυπο αυτών των δράσεων και εκδηλώσεων, τόσο μέσα στην εκπαιδευτική κοινότητα όσο και στην κοινωνία ευρύτερα;

3. Πώς μπορούμε να βοηθήσουμε εκπαιδευτικούς και μαθητές-τριες στην ανάπτυξη πρωτοβουλιών που θα ενισχύσουν και θα πολλαπλασιάσουν τέτοιες εκδηλώσεις και δράσεις;

4. Πώς θα μπορούσαμε να διαμορφώσουμε κοινότητες μάθησης και πρακτικής για την ανάπτυξη και τη διάχυση του εκπαιδευτικού περιεχομένου που προκύπτει από αυτές τις εκδηλώσεις και δράσεις;

ΕΠΑΝΑΠΡΟΣΔΙΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ ΓΙΑ ΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΣΤΗΝ ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Οργανώτριες: Κατερίνα Πλακίτση[1], Άννα Σπύρτου[2]

[1]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
[2]ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Συμμετέχοντες: Κωνσταντίνος Ραβάνης[1], Μιχάλης Καλογιαννάκης[2], Ευθύμης Σταμούλης[3], Νίκος Κολιός[4], Τάσος Ζουπίδης[5], Παναγιώτης Πήλιουρας[6], Νεκτάριος Τσαγλιώτης[7], Εκπρόσωπος ΙΕΠ

[1]ΤΕΕΑΠΗ, Πανεπιστήμιο Πατρών
[2]ΠΤΠΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
[3]ΠΤΝ, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
[4]ΕΚΦΕ Ιωαννίνων
[5]Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση
[6]Σχολικός Σύμβουλος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης
[7]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

Η επιτροπή εμπειρογνωμόνων στη σύνταξη του Προγράμματος Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες στην υποχρεωτική εκπαίδευση καταθέτει ένα καινοτομικό πλαίσιο, με στόχο να συνδέσει την επιστήμη με την κοινωνία, το περιβάλλον και τον πολιτισμό (ΝΠΣ, ΙΕΠ, 2014, σ.1). Επιδιώκει να προωθήσει μία αβίαστη και λογική διαδικασία μάθησης ως τρόπο ανατροφής του παιδιού από το Νηπιαγωγείο μέχρι το Λύκειο. Αποσκοπεί στη διαμόρφωση του σύγχρονου πολίτη, που θα συμβάλλει στη βιώσιμη ανάπτυξη, στη διασφάλιση των ανθρωπίνων δικαιωμάτων και κανόνων ηθικής και θα προωθεί την ειρήνη, καθώς και τη διεθνή κατανόηση.

Ως εκ τούτου, το νέο Πρόγραμμα Σπουδών θέτει ως προτεραιότητες:

- το σεβασμό της πολιτιστικής ποικιλομορφίας και της ισότητας των φύλων
- την προώθηση της προσωπικής και κοινωνικής καταξίωσης
- τη δραστηριοποίηση του μαθητή στη δημοκρατική και πολιτειακή συμμετοχή.

Η καινοτομία του νέου Προγράμματος Σπουδών για τις Φυσικές Επιστήμες κλιμακώνεται σε πολλαπλά επίπεδα:

- στη δικτύωση των εννοιών
- στην ολοκλήρωση των δικτύων με την έννοια της ενέργειας ως υπερκείμενης και ενοποιητικής, στο πλαίσιο της αειφορίας
- στην προσπάθεια δημιουργίας αυθεντικών περιβαλλόντων μάθησης
- στην προσπάθεια καλλιέργειας της γλώσσας και ιδιαίτερα του επιχειρήματος

- στην ενσωμάτωση της προστιθέμενης αξίας των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) ως αναπόσπαστο τμήμα της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών
- στο άνοιγμα της επιστήμης στην κοινωνία και τον πολιτισμό
- στην καλλιέργεια στοιχείων από τη φύση των Φυσικών Επιστημών
- στην ανάπτυξη δεξιοτήτων από τον κόσμο των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας και το μετασχηματισμό τους σε ικανότητες για το σύγχρονο πολίτη.

Ειδικότερα, η επιστήμη ενσωματώνεται σταδιακά στην πολιτισμική παράδοση και κουλτούρα των μαθητών. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ενισχύονται οι αλληλεπιδράσεις των μαθητών και των εκπαιδευτικών με το αντικείμενο – στόχο. Ταυτόχρονα ενεργοποιούνται τα κίνητρα για μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες μέσα από την έρευνα, τη λήψη αποφάσεων και τη δράση. Κατά την υλοποίηση δραστηριοτήτων εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες, μαθητές και εκπαιδευτικοί συμμετέχουν σε κριτικούς διαλόγους, αλληλεπιδρούν με νοητικά και χειραπτικά εργαλεία (θεωρίες, γλωσσικοί κώδικες και πειραματικό υλικό), συγκροτούν μαθησιακές κοινότητες στην τάξη και στον τόπο τους, συν-διαμορφώνουν κανόνες ενώ ανταλλάσσουν ρόλους και ευθύνες.

Οι συντάκτες του Προγράμματος Σπουδών των Φυσικών Επιστημών επιδιώκουν την ανάπτυξη διερευνητικών περιβαλλόντων μάθησης-διδασκαλίας στα οποία θα συνδυάζονται δράσεις της τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης, έτσι ώστε να έχουν νόημα για τους μαθητές και να απολήγουν σε όφελος της κοινότητάς τους.

Το στρογγυλό τραπέζι επιδιώκει μια ανοιχτή συζήτηση μεταξύ όλων των φορέων εκπαίδευσης και έρευνας για τον επαναπροσδιορισμό των προγραμμάτων σπουδών και τις ανταλλαγές καλών πρακτικών στο σύγχρονο κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο.

E-MAIL ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ

ΕΠΙΘΕΤΟ	**ΟΝΟΜΑ**	**Email**
Αγγέλου	Γεωργία	georgiadimos@gmail.com
Αγγελάκου	Μαίρη	maryaggelakou@gmail.com
Αθανασιάδης	Δημήτριος	dathanas@sch.gr
Αλεξίου	Δημήτρης	jimm_1995@yahoo.gr
Αλεξόπουλος	Ιωάννης	galexopoulos@ea.gr
Αλεξόπουλος	Παναγιώτης	panalex5@hotmail.com
Αλμπάνης	Ευάγγελος	e.almpanis@inn.demokritos.gr
Αμπράζης	Αλέξανδρος	alexamprazis@hotmail.com
Αναγνωστάκης	Σίμος	sanagn@edc.uoc.gr
Αναστασάκης	Νίκος	nikos.anastasakis@sch.gr
Αναστασιάδη	Χριστίνα	c.anastasiadi@googlemail.com
Αναστασιάδης	Γιώργος	geoanasta1@gmail.com
Ανθούλας	Χριστίνα	chanthoulas@gmail.com
Αντωνιάδου	Ελένη	antoniadou_eleni@yahoo.gr
Αντωνιάδου	Κυριακή	kyant@auth.gr
Αντώνογλου	Λεμονιά	lantonog@chem.auth.gr
Απάρτογλου	Κωνσταντίνα	tapartoglou@cgs.edu.gr
Αποστολάκης	Γιάννης	giannisapostolakis1@yahoo.gr
Αργυρόπουλος	Βασίλης	vassargi@uth.gr
Αργυρού	Ελευθερία	3ekfekyk@sch.gr
Ασημόπουλος	Στέφανος	asimstef@uth.gr
Αυγητίδου	Σοφία	saugitidoy@uowm.gr
Βαβουγυιός	Διονύσης	dvavou@uth.gr
Βαθάκου	Ζωή	zvathakou@gmail.com
Βαϊοπούλου	Γιούλη	jvaiopoulou@gmail.com
Βαμνιές	Δημήτριος	vamnies@gmail.com
Βαρδαλαχάκη	Ελευθερία	vardal@chemistry.uoc.gr
Βασιλείου	Ευάγγελος	ssol98@hotmail.com
Βελέντζας	Αθανάσιος	avelentz@gmail.com
Βελεσιώτης	Δημήτριος	d.velessiotis@inn.demokritos.gr
Βενέτης	Κωνσταντίνος	constantinos@sch.gr
Βερούτη	Μαρία	marwver@gmail.com
Βίγλης	Γιάννης	johnviglis@hotmail.com
Βισκαδουράκης	Βασίλειος	vasvisk2004@yahoo.gr
Βλάχα	Βασιλική	vasovla61@gmail.com
Βλαχολιά	Μαρία-Παναγιώτα	mpvlacholia@chem.uoa.gr
Βλαχοπούλου	Μαρία Ελένη	m.vlachopoulou@inn.demokritos.gr

Βλάχος	Φίλιππος	fvlachos@uth.gr
Βλάχου	Αφροδίτη	avlachou@cgs.edu.gr
Βογιατζή	Ειρήνη	ivog204@gmail.com
Βολυράκη	Στέλλα	stellavoliraki@yahoo.com
Βοσνιάδου	Στέλλα	svosniad@phs.uoa.gr
Βραγοτέρης	Ευάγγελος	vragotee@auth.gr
Γαλάνη	Αποστολία	lia.galani@gmail.com
Γαλανοπούλου	Ντία	galanopoulou@chem.uoa.gr
Γαρυφαλλίδου	Δέσποινα	d.m.garyfallidou@upatras.gr
Γεκενίδου	Νικολέττα	nikolgek94@gmail.com
Γεωργακούδη	Αικατερίνη	k.georgakoudi@gmail.com
Γεωργίου	Χάρης	c.georgiou@inn.demokritos.gr
Γιαλούρη	Ελπίδα	egialouri@gmail.com
Γιαννακόπουλος	Κωνσταντίνος	k.giannakopoulos@inn.demokritos.gr
Γιαννακουδάκη	Καλλιόπη	kellygianna@gmail.com
Γιαννέτα	Βιολέττα	v.gianneta@inn.demokritos.gr
Γιαννουλάτου	Δάφνη	daphne.i.giannoulatou@gmail.com
Γκικοπούλου	Ουρανία	gikopoulou@gmail.com
Γκιόλμας	Αριστοτέλης	agkiolm@primedu.uoa.gr
Γκίτζια	Βασιλική	v_gitzia@yahoo.com
Γκιώνης	Κώστας	kgionis@gmail.com
Γκουλγκούτη	Νατάσσα	ngoulgouti@yahoo.gr
Γουσόπουλος	Δημήτριος	dimgouso@gmail.com
Γρηγορίου	Βασίλης	vgrigor@primedu.uoa.gr
Δαγρέ	Ελένη	elenidagre8@gmail.com
Δακανάλη	Ερωφίλη	mail@kpe-anog.reth.sch.gr
Δάρατζη	Πασχαλιά	pdaratzh@gmail.com
Δατσέρης	Γιώργος	giorgosd1996@hotmail.com
Δελλαπόρτα	Χαρά	haradellaporta@hotmail.com
Δερμιτζάκη	Ειρήνη	irdermitzaki@gmail.com
Δημητριάδη	Κυριακή	kdimitr@primedu.uoa.gr
Δημόπουλος	Βασίλειος	vdimop@gmail.com
Διαμαντίδης	Δημήτρης	dimitrd@ppp.uoa.gr
Δραμουντάνη	Ασημένια	mail@kpe-anog.reth.sch.gr
Δρόλαπας	Ανάργυρος	adrolapas@primedu.uoa.gr
Ελευθερίου	Μαρία	marel@physics.uoc.gr
Ελματζίδου	Ελένη	eelmatzidou@gmail.com
Ευαγγελοπούλου	Αναστασία	anevag@hol.gr

Ευαγγελοπούλου	Αγγελική	a.evaggelopoulou@hotmail.com
Ζαχαρία	Ζαχαρίας	zach@ucy.ac.cy
Ζουπίδης	Τάσος	azoupidis@uowm.gr
Ηλιάκη	Γεωργία	giorgia_iliaki@hotmail.com
Ηρακλειώτη	Ευαγγελία	irakleiot@nured.auth.gr
Ηρακλέους	Ευαγγελία	heracleous.evan@yahoo.com
Ηρακλέους	Μαρία	irakleous.maria@ucy.ac.cy
Θεοδωροπούλου	Χριστίνα	christinetheodoropoulou@gmail.com
Ιμβριώτη	Δέσποινα	dimvrioti@sch.gr
Ιωαννίδης	Γεώργιος	gsioanni@upatras.gr
Ιωάννου	Μιχάλης	michalissioannou@yahoo.gr
Καζαντζίδου	Δήμητρα	dkazant@cc.uoi.gr
Καζή	Σμαράγδα	smakazi@otenet.gr
Κακάτση	Σοφία	sofiikak@gmail.com
Καλαϊτζιδάκη	Μαριάννα	mkalaitz@edc.uoc.gr
Καλατζαντωνάκης	Μιχάλης	mixalis-kal@hotmail.com
Καλαμπόκης	Ηλίας	ebokis@anatolia.edu.gr
Καλκάνης	Γεώργιος	gkalkanis@gmail.com
Καλκαντάρα	Καρολίνα	kkalkantara@ea.gr
Καλλέρη	Μαρία	kallery@astro.auth.gr
Καλογιαννάκης	Μιχαήλ	mkalogian@edc.uoc.gr
Καλπίδου	Τούλα	t.kalpidou@gmail.com
Καμπεζά	Μαρία	kampeza@upatras.gr
Καμπούρη	Αναστασία	ankampouri@sch.gr
Κανελλίδου	Μαμίνα	kanellidoum@gmail.com
Καπελώνη	Ελένη	elekape@gmail.com
Καπετάνιου	Ελένη	mail@kpe-anog.reth.sch.gr
Καπίας	Ευάγγελος	vageliskapias@gmail.com
Καπόγιαννης	Αθανάσιος	akapog@phys.uoa.gr
Καπότης	Ευστράτιος	stratosxkapotis@gmail.com
Καραμάνος	Κώστας	koskaraman@gmail.com
Καράμπελας	Κωνσταντίνος	kkarampelas@aegean.gr
Καράμπελας	Σωτηρία	skarabel@otenet.gr
Καρανάνα	Ευαγγελία	ekaranana@cgs.edu.gr
Καράογλου	Γιώργος	gkaraoglou@yahoo.gr
Καρασαββίδης	Ηλίας	ikaras@uth.gr
Καρατάσιος	Ιωάννης	i.karatasios@inn.demokritos.gr
Καρατζόγλου	Ρένα	rkaratzo@yahoo.gr

Καραχάλιου	Ιωάννα	ikarachal@sch.gr
Καριώτογλου	Πέτρος	pkariotog@uowm.gr
Καρνάου	Παντελίτσα	pantelitsa.karnaou@gmail.com
Καρνέζου	Μαρία	karnezou@noesis.edu.gr
Κασιάρα	Σοφία	sofaki92@hotmail.com
Καστάνη	Ελένη	ekastani@cgs.edu.gr
Καστρινάκη	Νικολέτα	nikolettakast@gmail.com
Κασωτάκης	Χαράλαμπος	babiskasotakis@gmail.com
Κατέρης	Αλέξανδρος	akateris@yahoo.com
Κατικαρίδου	Παρθένα	katipart@chem.auth.gr
Κατσαρού	Ρένα	katsarourena@yahoo.gr
Κελεφιώτης	Δημήτριος	dkelefiotis@gmail.com
Κενδριστάκη	Μαρία	ptde6711@edc.uoc.gr
Κεφαλής	Χρυσοβαλάντης	vkefalis@gmail.com
Κεφαλογιάννη	Ζαχαρένια	mail@kpe-anog.reth.sch.gr
Κίζος	Παντελής	pkizos@yahoo.gr
Κίτσιου	Ελένη	eleni_kitsiou@hotmail.com
Κοκολάκη	Αθανασία - Αντωνία	kokol.athan@gmail.com
Κολιόπουλος	Δημήτρης	dkoliop@upatras.gr
Κολιός	Νίκος	nikoskolios1@gmail.com
Κόλλας	Σπύρος	spyros.kollas@gmail.com
Κόλλιας	Βασιλης	vkollias@uth.gr
Κολοκούρη	Ελένη	ekolokouri@gmail.com
Κονταξή	Μαρία	mkontaxi@sch.gr
Κορακάκη	Ελένη	korakaki_elen@hotmail.com
Κορδώνιας	Μιχάλης	mkordonias@gmail.com
Κορφιάτης	Κωνσταντίνος	korfiati@ucy.ac.cy
Κουκά	Άννα	annakouka@yahoo.gr
Κουλουγλιώτης	Διονύσιος	dkoul@teiion.gr
Κουταλάς	Βασίλης	bkoutalas@chem.auth.gr
Κουτσαφτούλη	Κωνσταντίνα	kkoutsaftouli@cgs.edu.gr
Κουφάκη	Αφροδίτη	afroditikf@gmail.com
Κυριακοπούλου	Νατάσα	ankyriak@phs.uoa.gr
Κυριάκου	Γεώργιος	kirgeorge13@hotmail.com
Κωνσταντινίδου	Ελένη	lenakonstantin@hotmail.gr
Κωνσταντίνου	Κωνσταντίνος	c.p.constantinou@gmail.com
Κωνσταντογιάννη	Μαρία	markonst@yahoo.gr

Κωνσταντούδης	Βασίλειος	v.constantoudis@inn.demokritos.gr
Κώτσης	Κωνσταντίνος	kkotsis@uoi.gr
Λαβίδας	Κώστας	lavidas@upatras.gr
Λάζαρη	Βάσω	vasw7@yahoo.gr
Λαζάρου	Ιωάννης	y.lazarou@inn.demokritos.gr
Λάζος	Παναγιώτης	taklazos@gmail.com
Λαμπριανάκη	Χαρούλα	xarou.lab88@gmail.com
Λελέκη	Μαρία	psemper15014@rhodes.aegean.gr
Λεοντής	Ιωάννης	i.leontis@inn.demokritos.gr
Λεούση	Άννα	leousi@sed.uth.gr
Λεύκος	Ιωάννης	lefkos@sch.gr
Λιάγκουρα	Αικατερίνη	kliagoura@cgs.edu.gr
Λιβίτζιης	Μιχάλης	mikelivitzis@yahoo.com
Λοΐζου Γεωργίου	Θεονίτσα	theonieloizou@yahoo.gr
Λυκούση	Παρασκευή	likousi@gmail.com
Λυμνίδου	Αναστασία	anastasialymn@gmail.com
Μαθιουδάκη	Ελένη	emathious@gmail.com
Μαρκαντωνάκη	Βασιλική	visiliki.mar@gmail.com
Μακαρίου	Ουρανία	ranialechovo@gmail.com
Μακρυγιάννη	Κυριακή	iria@impanagiotopoulos.gr
Μακρυδάκη	Μαρία	mmakrydaki@sch.gr
Μαλάμου	Κωνσταντίνα	nmalamou@gmail.com
Μαλανδράκης	Γεώργιος	gmalandrakis@uowm.gr
Μαλεζά	Όλγα	omaleza@yahoo.gr
Μανδρίκας	Αχιλλέας	amandrik@otenet.gr
Μάνου	Λεωνίδας	lmanou1@gmail.com
Μάντζιος	Χρήστος	xridoma@gmail.com
Μαντρατζής	Νίκος	matran64@yahoo.gr
Μαράτος	Αναστάσιος	maratos@uth.gr
Μαργαρίτης	Αντώνης	amargariti@sch.gr
Μαρκάκη	Μαρία	maria.markaki.mar@gmail.com
Μαρκογιαννάκης	Δημοσθένης	dgmarko55@gmail.com
Μαρούλη-Χατζηαντωνίου	Κωνσταντίνα	conm@auth.gr
Μαρτιμιανάκη	Άννα	annamart77@hotmail.com
Ματαλλιωτάκη	Ειρήνη	renmatal@gmail.com
Μαυρικάκη	Ευαγγελία	emavrikaki@primedu.uoa.gr
Μαυρογενίδου	Παρθένα	thena.mav@gmail.com
Μαυρομανολάκης	Γεώργιος	gmavroma@ea.gr

Μελανίτου	Ελένη	elenimelanitou@yahoo.gr
Μέλη	Καλλιόπη	kmeli@upatras.gr
Μήλιος	Νεκτάριος	nektariosmilios@yahoo.gr
Μηλιώνη	Μαρία	maremil68@gmail.com
Μητσιάκη	Μαρία	mmitsiak@lit.auth.gr
Μιτζήθρας	Κωνσταντίνος	kostasam3@hotmail.com
Μιχαηλίδη	Αιμιλία	amichailidi@edc.uoc.gr
Μιχαλούδης	Απόστολος	michaloudis@yahoo.com
Μολοχίδης	Αναστάσιος	tasosmol@physics.auth.gr
Μπεϊκάκη	Κασσάνδρα	kbeikaki@yahoo.gr
Μπάιτελμαν	Ανδρεανή	baytel@ucy.ac.cy
Μπακάλη	Βάια	vana.bakali@gmail.com
Μπάκου	Αλεξάνδρα	alekabk5@gmail.com
Μπαμπάτσικου	Γεωργία	g.mpampatsikou@gmail.com
Μπαντάνης	Χρήστος	xbadanis@uth.gr
Μπάρα	Υβόνη	yvonnimpara@gmail.com
Μπαρδανίκα	Πηνελόπη	pinelopibardanika9@gmail.com
Μπέκα	Αποστολία	liampeka@hotmail.com
Μπέρτσος	Αντώνης	ampertsos@gmail.com
Μπιμπούδη	Μαρία	bibumaria@gmail.com
Μπιρμπίλη	Μαρία	mmpirmpi@nured.auth.gr
Μπράτιτσης	Θαρρενός	bratitsis@uowm.gr
Νάννη	Ευτυχία	e.nanni@hotmail.com
Ναούμ	Κώστας	konaoum@hotmail.com
Νάτσικου	Γιώτα	giotanatsikoy@ea.gr
Νείλα	Ιωάννα	neila@otenet.gr
Νίκας	Θωμάς	tomnik64@yahoo.com
Νικολάου	Χριστιάνα	nicolaou.c@cyearn.pi.ac.cy
Νικολόπουλος	Ηρακλής	nikolir@hotmail.com
Νιπυράκης	Αργύρης	ptdep280@edc.uoc.gr
Ντούλας	Στέφανος	aoreitis@otenet.gr
Ξαφάκος	Ευστάθιος	xafakos@uth.gr
Ξενοφώντος	Νικολέττα	xenofontos.nikoletta@ucy.ac.cy
Ξύλουρη	Γεωργία	georgiaxilouri@yahoo.gr
Οικονόμου	Στέφανος	stefanoso@sch.gr
Πανοπούλου	Μαρία	mpanopoulou1@gmail.com
Πανταζή	Γιαννούλα	liannapantazi@in.gr
Παντάζου	Δήμητρα	mitspan1@hotmail.com

Παντελή	Ελευθερία	epante04@ucy.ac.cy
Παντίδος	Παναγιώτης	ppantidos@nured.auth.gr
Παντούλα	Χριστίνα	xpantoula@hotmail.com
Παπαγεωργίου	Γεώργιος	gpapageo@eled.duth.gr
Παπαδάκης	Σταμάτης	stpapadakis@gmail.com
Παπαδάκης	Νικόλαος	nikospapadakis1960@gmail.com
Παπαδάκης	Πέτρος	papadakis.petros@gmail.com
Παπαδήμας	Λάμπρος	lampapad@uth.gr
Παπαδημητρόπουλος	Γεώργιος	g.papadimitropoulos@inn.demokritos.gr
Παπαδοπούλου	Πηνελόπη	ppapadopoulou@uowm.gr
Παπαδούρης	Νίκος	npapa@ucy.ac.cy
Παπαευριπίδου	Μάριος	mpapa@ucy.ac.cy
Παπακωνσταντίνου	Βικτώρια	vpapakonstantinou@cgs.edu.gr
Παπακωνσταντίνου	Μαρία	mpapakonstan@hotmail.com
Παπακώστα	Βιβή	vivridio@yahoo.com
Παπαλεξίου	Γιώργος	papalex@otenet.gr
Παπαλεξόπουλος	Παναγιώτης	papalex@uth.gr
Παπασιδέρη	Ισιδώρα	ipapasid@biol.uoa.gr
Παρασκευάς	Απόστολος	aparaske@sch.gr
Παρούση	Αντιγόνη	aparous@ecd.uoa.gr
Πατρινόπουλος	Ματθαίος	mpatrinopoulos@gmail.com
Παύλου	Υβόνη	pavlou.ivoni@ucy.ac.cy
Πέικος	Γιώργος	giorgospeikos@gmail.com
Πενθερουδάκης	Γιώργος	gpenth@gmail.com
Περτέση	Αγγελική	apertesi@cgs.edu.gr
Πέτρου	Στέλλα	stellapetrou@ucy.ac.cy
Πετσίβα	Μαρία	mape6457@gmail.com
Πήλιουρας	Παναγιώτης	ppiliour@gmail.com
Πλακίτση	Κατερίνα	kplakits@gmail.com
Πολυζώης	Γιώργος	gpolizois@edc.uoc.gr
Πράττα	Ελένη	epratta@gmail.com
Πρωτοπαπάς	Δημήτρης	dimitris-protopapas@hotmail.com
Ραβάνης	Κωνσταντίνος	ravanis@upatras.gr
Ρεκούμη	Αγάπη – Γεωργία	agapi_rek@hotmail.com
Ρεκούμη	Χαρίκλεια	xararekou@sch.gr
Ρετάλης	Συμεών	retal@unipi.gr
Ρούσσος	Γιώργος	roussini@otenet.gr
Ρούσσος	Πέτρος	roussosp@psych.uoa.gr

Σακελλάρη	Κωνσταντίνα	kwnsakel@hotmail.com
Σακελλάρη	Κυρούλα	sakellari.13@gmail.com
Σάλτα	Κατερίνα	ksalta@chem.uoa.gr
Σαμαρά	Χάιδω	hsamara@anatolia.edu.gr
Σανοπούλου	Μερόπη	m.sanopoulou@inn.demokritos.gr
Σαρρής	Μιχαήλ	mmsarris2@yahoo.com
Σγουρός	Γιάννης	sgouros@sch.gr
Σδρόλια	Φωτεινή	sdroliafot@gmail.com
Σερμπίνη	Ευαγγελία	bulaserb@gmail.com
Σέρογλου	Φανή	seroglou@eled.auth.gr
Σιγάλας	Μιχαήλ	sigalas@chem.auth.gr
Σιφνιώτη	Πανδώρα	psifnioti@cgs.edu.gr
Σημαντηράκη	Μαρία	mairoula0996@hotmail.com
Σκανδάλη Πούλου	Παναγιώτα	pscandali@cgs.edu.gr
Σκέλλας	Αντώνης	antoniskellas@gmail.com
Σκοπελίτη	Ειρήνη	eskopel@upatras.gr
Σκορδούλης	Κώστας	kostas4skordoulis@gmail.com
Σκουμιός	Μιχαήλ	skoumios@rhodes.aegean.gr
Σούλιος	Ιωάννης	soulios@sch.gr
Σοφιανίδης	Άγγελος	angelos.sofianidis@gmail.com
Σπάτουλα	Μαρία	mspa21@otenet.gr
Σπηλιοπούλου	Ελένη	espiliopoulou@cgs.edu.gr
Σπύρτου	Άννα	aspirtou@uowm.gr
Σταβάρα	Χαρίκλεια	haroula_lar7@hotmail.com
Σταθάκη	Μαρία	mastathaki@gmail.com
Στάθη	Κέλλυ	irene@ea.gr
Σταματάκη	Χαρα	charastam@gmail.com
Σταμοβλάσης	Δημήτριος	stadi@auth.gr
Σταμούλης	Ευθύμιος	estamoulis@sch.gr
Σταράκης	Ιωάννης	gstarakakis@gmail.com
Σταύρου	Δημήτρης	dstavrou@edc.uoc.gr
Στεργιόπουλος	Πέτρος	plagiavlitis@yahoo.gr
Στεφανίδου	Κωνσταντίνα	sconstant@primedu.uoa.gr
Στούμπα	Αρτεμησία	artemis.stoumpa@gmail.com
Στύλος	Γεώργιος	geo_sty@hotmail.com
Σφακιανάκη	Μαρία	marsfakia@gmail.com
Σωτηρίου	Σοφοκλής	sotiriou@ea.gr
Σωτηρόπουλος	Δημήτριος	disoti.phd@gmail.com

Σωτηρόπουλος	Κωνσταντίνος	ksotiropoulos@cgs.edu.gr
Ταράλλη	Ευδοκία	tarallievdokia@gmail.com
Τζανάκη	Εμμανουέλα	emmanouela1996@hotmail.com
Τζαμαλής	Παύλος	ptzamalis@sch.gr
Τζαμπερής	Νεζάμ	tzaberis@rhodes.aegean.gr
Τζιβινίκου	Σωτηρία	sotitzivi@uth.gr
Τζίμα	Γαρυφαλλιά	linatzima95@gmail.com
Τζιώλη	Μαρία	mariatzioli@hotmail.com
Τζουγκράκη	Χρύσα	tzougraki@chem.uoa.gr
Τόμπρας	Γεώργιος	gtombras@phys.uoa.gr
Τοπολιάτη	Μαρία	topoliati@yahoo.com
Τράπαλης	Χρήστος	c.trapalis@inn.demokritos.gr
Τροχίδου	Καλιόπη	k.trohidou@inn.demokritos.gr
Τσαγλιώτης	Νεκτάριος	ntsag@edc.uoc.gr
Τσάκωνας	Παναγιώτης	ptsakon@gmail.com
Τσαλίκη	Χριστίνα	tsalikix@gmail.com
Τσαπαρλής	Γεώργιος	gtseper@cc.uoi.gr
Τσελφές	Βασίλης	tselfesv@ecd.uoa.gr
Τσέου	Ελένη	etseou@nured.auth.gr
Τσέτσερη	Μαρία	mtsetse@gmail.com
Τσίγκρης	Μιλτιάδης	mtsigris@edc.uoc.gr
Τσικαλάς	Θεμιστοκλής	themtsik@yahoo.gr
Τσιούρη	Ελευθερία	riatsiouri@hotmail.com
Τσιτοπούλου-Χριστοδουλίδη	Ευγενία	etsitop@otenet.gr
Τσιχουρίδης	Χαρίλαος	hatsihour@uth.gr
Τσούκος	Σεραφείμ	stsoukos@gmail.com
Τσουλφά	Γεωργία	gtsoulfa@anatolia.edu.gr
Τσούτσια	Αγγέλικα	angtsou@yahoo.de
Τσουτσουδάκης	Αστρινός	astrinos@live.com
Φανιουδάκη	Ελένη	fena92@sch.gr
Φανουράκη	Ελευθερία	elefanouraki@gmail.com
Φανουράκης	Νικόλαος	fanourakisnikos@gmail.com
Φέγγου	Ελένη	lfeggou@yahoo.com
Φιλιππάκη	Αμαλία	afilippaki@edc.uoc.gr
Φιωτάκη	Ελένη	lelefio@hotmail.com
Φρουζάκη	Ειρήνη	rinoula14.ef@gmail.com
Φρούντζα	Βαρβάρα	vfrountza@cgs.edu.gr

Φύσκιλης	Στέφανος	fyskilis@impanagiotopoulos.gr
Χαιρέτης	Μανόλης	manolisxaireths.bt2@gmail.com
Χαϊτίδου	Μαρία	mchaitidou@uowm.gr
Χάλαρη	Φωτεινή	fchalari@cgs.edu.gr
Χαλκιά Θεοδωρίδου	Κρυσταλλία	kxalkia@primedu.uoa.gr
Χαλκιαδάκης	Κωνσταντίνος	chalkia.duck@gmail.com
Χαλκίδης	Άνθιμος	achalkid@gmail.com
Χανιωτάκης	Νίκος	chaniotakis@uoc.gr
Χαραλαμποπούλου	Σοφία	scharalampopoulou@cgs.edu.gr
Χαριστός	Νικόλας	nicharis@chem.auth.gr
Χαρίτος	Κωνσταντίνος	kcharit4@gmail.com
Χαριτωνίδης	Ηλίας	icharito@hotmail.gr
Χαρτζάβαλος	Σωτήριος	shartz@otenet.gr
Χαρτσά	Αιμιλία	emychartsa@gmail.com
Χατζηδάκη	Δήμητρα	chatzidaki.dimitra@gmail.com
Χατζηδάκης	Ιωάννης	chatzida@gmail.com
Χατζηκρανιώτης	Ευριπίδης	evris@physics.auth.gr
Χατζησάββας	Γεώργιος	xsavvas@physics.uoc.gr
Χατζησταυρίδης	Περικλής	hatzpericles@gmail.com
Χατζηχρήστος	Χρίστος	cchatzi@math.uoa.gr
Χαχλιουτάκη	Μαρία-Ελένη	mchachli@nured.auth.gr
Χοβαρδάς	Τάσος	hovardas@ucy.ac.cy
Χοκούρογλου	Δημήτρης	toonztoonz@gmail.com
Χουλιάρα	Γεωργία	gpxouliara@yahoo.gr
Χρηστίδου	Ακριβή	akchrist@hotmail.gr
Χρυσός	Αντώνης	chrysos@anatolia.edu.gr
Ψαρομήλιγκος	Ιωάννης	yannis.psaromiligkos@teipir.gr
Ψύλλος	Δημήτρης	psillos@eled.auth.gr
Iqbal	Zafar	ultrasine@gmail.com
Zigon	Saso	saso.zigon@gmail.com