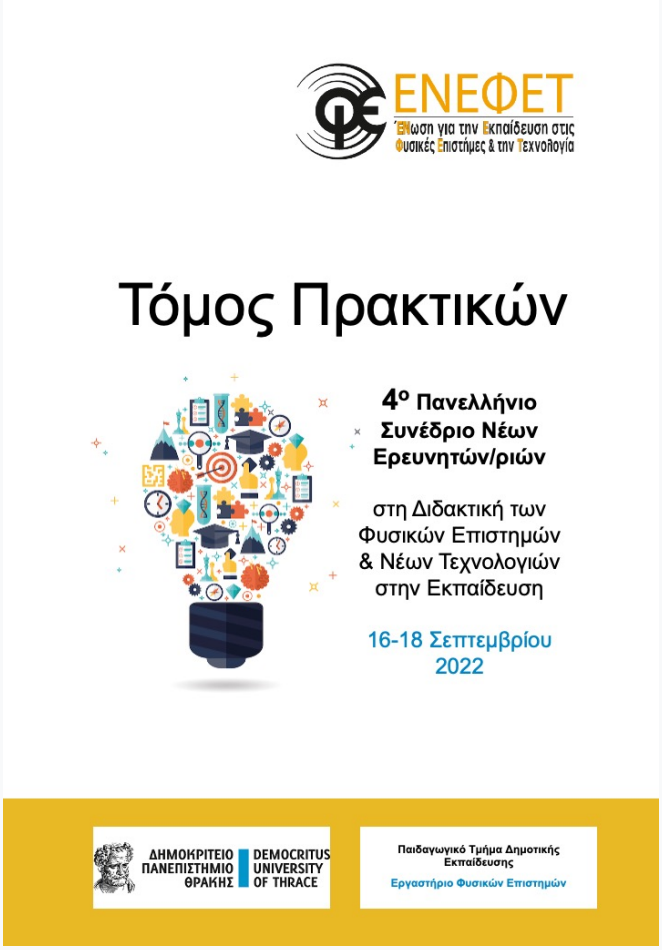
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών/τριών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

(2024)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών και Ερευνητριών



Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών/τριών Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Αναστάσιος Ζουπίδης; Ιωάννης Λεύκος, Αναστάσιος Μολοχίδης, Ελένη Πετρίδου

doi: 10.12681/nrcodiste.7373

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 05/12/2025 14:12:26

ΕΝΕΦΕΤ
Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία

Τόμος Πρακτικών

4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών/τριών

Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Αλεξανδρούπολη,
16-18 Σεπτεμβρίου 2022

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

Παιδαγωγικό Τμήμα
Δημοτικής Εκπαίδευσης
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών

Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία

ΕΝΕΦΕΤ
ΈΝωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες & την Τεχνολογία

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών/τριών Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Πρακτικά Συνεδρίου

Αλεξανδρούπολη

16-18 Σεπτεμβρίου 2022

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
DEMOCRITUS UNIVERSITY OF THRACE

Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

ISSN 2623-3622
ISBN 978-618-85582-1-2

Πρακτικά
4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών/τριών
Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και
Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Πρακτικά Συνεδρίου
ISSN 2623-3622
ISBN 978-618-85582-1-2

Επιμέλεια έκδοσης:
Αναστάσιος Ζουπίδης, Ιωάννης Λεύκος, Αναστάσιος Μολοχίδης, Ελένη Πετρίδου

Τεχνική Υποστήριξη:
Νικόλαος Καπελώνης, Ιωάννης Λεύκος, Κωνσταντίνος Μολοχίδης

2024, Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία
Web site: http://www.enephet.gr

Πλήρης αναφορά στον τόμο των πρακτικών:
Ζουπίδης Α., Λεύκος Ι., Μολοχίδης Α., Πετρίδου Ε. (Επιμ.). (2024). *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών/τριών Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, σ. 194. Αλεξανδρούπολη, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. https://doi.org/10.12681/nrcodiste.7373

Πλήρης βιβλιογραφική αναφορά εργασίας:
Συγγραφείς (2024). Τίτλος εργασίας στο Α. Ζουπίδης, Ι. Λεύκος, Α. Μολοχίδης, Ε. Πετρίδου (Επιμ.), *Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών/τριών Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, σελ. χχ-ψψ.
https://doi.org/10.12681/nrcodiste.XXXX

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.

Οργανωτική Επιτροπή

Αναστάσιος Ζουπίδης, επίκουρος καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε., Δ.Π.Θ.

Νικόλαος Ζαρκάδης, διδάσκων, Π.Τ.Ν., Δ.Π.Θ.

Αθανάσιος Μόγιας, επίκουρος καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε., Δ.Π.Θ.

Γεώργιος Παπαγεωργίου, καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε., Δ.Π.Θ.

Σταύρος Κουκιόγλου, υπ. διδάκτορας, Α.Π.Θ.

Ιωάννης Λεύκος, ΕΔΙΠ, Τμήμα Εκπ/κής & Κοιν. Πολιτικής, ΠΑ.ΜΑΚ.

Αναστάσιος Μολοχίδης, επίκουρος καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.

Τεχνική υποστήριξη και υποστήριξη ιστοσελίδων

Ιωάννης Λεύκος

Νικόλαος Καπελώνης

Κωνσταντίνος Μολοχίδης

Επιστημονική Επιτροπή

Αναστάσιος Ζουπίδης, επίκουρος καθηγητής, ΠΤΔΕ, ΔΠΘ

Γιούλη Βαϊοπούλου, μεταδιδακτορική ερευνήτρια, Παν. Κρήτης / διδάσκουσα, ΑΠΘ

Αθανάσιος Βελέντζας, ΕΔΙΠ, ΣΕΜΦΕ, ΕΜΠ

Νικόλαος Ζαρκάδης, διδάσκων, ΠΤΝ, ΔΠΘ

Μιχαήλ Καλογιαννάκης, αναπληρωτής καθηγητής, ΠΤΠΕ, Παν. Κρήτης

Μαρία Καλλέρη, αφυπ. επίκουρος καθηγήτρια, Τμ. Φυσικής, ΑΠΘ

Πέτρος Καριώτογλου, ομότιμος καθηγητής, Παν. Δυτ. Μακεδονίας

Ιωάννης Λεύκος, ΕΔΙΠ, Τμ. Εκπ/κής & Κοιν. Πολιτικής, ΠΑΜΑΚ

Γεώργιος Μαλανδράκης, επίκουρος καθηγητής, ΠΤΔΕ, ΑΠΘ

Λεωνίδας Μάνου, διδάσκων, ΠΤΔΕ, Παν. Δυτ. Μακεδονίας

Ευαγγελία Μαυρικάκη, καθηγήτρια, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ

Έμιλυ Μιχαηλίδη, μεταδιδακτορική ερευνήτρια, ΠΤΔΕ, Παν. Κρήτης

Αθανάσιος Μόγιας, επίκουρος καθηγητής, ΠΤΔΕ, ΔΠΘ

Αναστάσιος Μολοχίδης, επίκουρος καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ

Γεώργιος Παπαγεωργίου, καθηγητής, ΠΤΔΕ, ΔΠΘ

Πηνελόπη Παπαδοπούλου, καθηγήτρια, ΠΤΝ, Παν. Δυτ. Μακεδονίας

Μιχαήλ Σκουμιός, αναπληρωτής καθηγητής, ΠΤΔΕ, Παν. Αιγαίου

Άγγελος Σοφιανίδης, ΕΔΙΠ, ΠΤΝ, Παν. Δυτ. Μακεδονίας

Άννα Σπύρτου, καθηγήτρια, ΠΤΔΕ, Παν. Δυτ. Μακεδονίας

Δημήτριος Σταμοβλάσης, αναπληρωτής καθηγητής, Τμήμα Φιλοσ. & Παιδαγ., ΑΠΘ

Ιωάννης Σταράκης, ΕΔΙΠ, ΤΕΑΠΗ, ΕΚΠΑ

Δημήτριος Σταύρου, καθηγητής, ΠΤΔΕ, Παν. Κρήτης

Κωνσταντίνα Στεφανίδου, ΕΔΙΠ, ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ

Αθανάσιος Ταραμόπουλος δρ, καθηγητής β/θμιας εκπ/σης

Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης, καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ

Δημήτρης Ψύλλος, αφυπ. καθηγητής, ΠΤΔΕ, ΑΠΘ

Περιεχόμενα

Σημείωμα της Οργανωτικής Επιτροπής vii

Συμμετέχοντες/ουσες Νέοι Ερευνητές, Νέες Ερευνήτριες και Μέντορες x

Αναλυτικό Πρόγραμμα Συνεδρίου xii

Εργασίες Μεταπτυχιακών Φοιτητών και Φοιτητριών 1

Βαλκάνου Ελένη-Μαρία, Σταράκης Ιωάννης, Ζουπίδης Αναστάσιος
Σχεδιασμός, Ανάπτυξη, Εφαρμογή και Αξιολόγηση μίας ΔΜΑ, για τη Διάδοση της Θερμότητας με Αγωγή, με Στόχο τη Διερεύνηση των Μαθησιακών Μονοπατιών των Μαθητών 3

Βαλσαμούλη Δέσποινα, Λεύκος Ιωάννης
Αξιολόγηση Διερευνητικών Δραστηριοτήτων, οι οποίες Απαρτίζουν Ψηφιακά Μαθησιακά Σενάρια 11

Κουμή Στυλιανή, Ζουπίδης Αναστάσιος
Η Διερεύνηση ως Μέθοδος Διδασκαλίας για το Μάθημα της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Μία Επισκόπηση της Βιβλιογραφίας 19

Κυριακού Ιωάννα, Λεύκος Ιωάννης
Ανάπτυξη - Εφαρμογή - Αξιολόγηση μιας Σειράς Ανοικτών Διαδικτυακών Μαθημάτων σχετικά με τη Διερευνητική Μάθηση, για Εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης 25

Μαρή Φωτεινή, Στεφανίδου Κωνσταντίνα
Το Διερευνητικό Μοντέλο Διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες: Απόψεις και Δυσκολίες στην Εφαρμογή του Μοντέλου από Προϋπηρεσιακούς Εκπαιδευτικούς 31

Μπιτσάκη Χαρά, Σταύρου Δημήτριος
Διερεύνηση των Διασυνδέσεων STEM Πεδίων σε Διδακτική Ενότητα Νανοτεχνολογίας από Μελλοντικούς Εκπαιδευτικούς 37

Παναγοπούλου Μαρία, Στεφανίδου Κωνσταντίνα
Ιστορικά Επιστημονικά Όργανα στη Μη-τυπική Εκπαίδευση: Οι Απόψεις και ο Ρόλος των Εκπαιδευτικών 45

Σαμπροβαλάκη Έλλη, Σταύρου Δημήτριος
Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Διδακτικού Υλικού με επίκεντρο το «Infographic», για τη STEM Εκπαίδευση στην Κλιματική Αλλαγή 51

Σκεύα Γλυκερία, Κλώθου Άννα, Ζουπίδης Αναστάσιος
Απόψεις Εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για Πτυχές της Φύσης της Επιστήμης: η Περίπτωση της Σχέσης των Επιστημονικών Νόμων έναντι των Θεωριών 57

Εργασίες Υποψηφίων Διδακτόρων 63

Γαλάνης Νικόλαος, Μαλανδράκης Γεώργιος
Το Ενεργειακό Αποτύπωμα και η Διερεύνηση του Επιπέδου Κατανόησής του από Μαθητές/τριες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Προσπάθεια για Εννοιολογική Ανάπτυξη και Ενεργό Συμμετοχή τους στη Μείωσή του μέσω Διδακτικής Παρέμβασης 65

Γκάγκας Βασίλειος, Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης
Επιστημολογικές Πτυχές της Φύσης της Επιστήμης και της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης, προς Διδασκαλία σε Μαθητές/τριες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, στο Μάθημα της Φυσικής 73

Δορούκα Πανδώρα, Καλογιαννάκης Μιχαήλ
Η συμβολή της φορητής μάθησης και της παιχνιδοποίησης στον νανο-εγγραμματισμό παιδιών πρώιμης ηλικίας 81

Ζουρμπάκης Αλκίνοος Ιωάννης, Καλογιαννάκης Μιχαήλ
Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Κατασκευή Εφαρμογών Προσαρμοστικής Παιχνιδοποίησης στις Φ.Ε. 89

Κανελλιά Ελένη, Σταμοβλάσης Δημήτριος
Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες: Διερεύνηση της Επίδρασης Γνωστικών Μεταβλητών στη Συνεκτικότητα της Γνώσης των Παιδιών 97

Καπελώνης Νικόλαος, Σταύρου Δημήτριος
Ανάπτυξη Ψηφιακών Περιβαλλόντων Μάθησης για Διδασκαλία STEM Αντικειμένων στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση 103

Κλαυδιανού Στυλιανή, Μολοχίδης Αναστάσιος
Διερεύνηση Διδακτικών Παρεμβάσεων σε Μαθητές Λυκείου, σε Θέματα Σύγχρονης Φυσικής, με Αξιοποίηση Πολλαπλών Αναπαραστάσεων 109

Μεταξάς Ιωάννης, Σταύρου Δημήτριος, Παυλίδης Ιωάννης
Ιδέες και Διαδικασίες Μάθησης Φοιτητών Τμημάτων Φυσικής και Χημείας πάνω στις Εξαρτώμενες από το Μέγεθος Οπτικές Ιδιότητες Υλικών στη Νανοκλίμακα 115

Μπακάλη Βάια, Ασημόπουλος Στέφανος
Σχεδιασμός και Πιλοτική Εφαρμογή Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για την Εννοιολογική Κατανόηση της Εντροπίας από Υποψήφιους Εκπαιδευτικούς μέσω μιας Μικροσκοπικής Προσέγγισης 121

Ντινολάζου Χριστίνα, Παπαδοπούλου Πηνελόπη
Το Μοντέλο Ιδέες - Κόσμος - Τεκμήρια ως Εργαλείο Σχεδιασμού μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για την Οικολογία 129

Σακελλαρίου Σιλβέστρα, Σοφιανίδης Άγγελος, Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης
Διδακτικές Παρεμβάσεις σε Μαθητές/Μαθήτριες Λυκείου στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών με τη Χρήση ενός Παιδαγωγικού Πράκτορα σε Συνεργατικό Πλαίσιο 135

Τζαγκαράκη Ευφρανσία, Καλογιαννάκης Μιχαήλ
Αξιοποίηση Πλεονεκτημάτων STEM για τη Διδασκαλία του Ηλεκτρισμού στο Δημοτικό. Υλοποίηση Ρομποτικής Εφαρμογής μέσω Micro:bit 149

Τσόπογλου-Γκίνα Δέσποινα, Παπαδοπούλου Πηνελόπη
Αναπαραστάσεις των Γονιδιακών Μοντέλων στις Αντιλήψεις των Μαθητριών/τών και Εκπαιδευτικών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Προκαταρκτικά Ευρήματα 157

Χρυσανθόπουλος Χρήστος, Παπαδοπούλου Πηνελόπη, Μπεκιάρη Αλεξάνδρα, Μαλανδράκης Γεώργιος
Συνεργατική Συνοχή Ομάδων Συνεργατικής Μάθησης στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση 163

Ευρετήριο μεταπτυχιακών φοιτητριών, υποψηφίων διδακτόρων, επιβλεπόντων, επιβλεπουσών & συν-συγγραφέων 171

Σημείωμα της Οργανωτικής Επιτροπής

Το Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών και Ερευνητριών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση διοργανώνεται από την Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία (ΕΝΕΦΕΤ, www.enephet.gr) και έχει καθιερωθεί ως ένας σημαντικός και επωφελής θεσμός για την κοινότητα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. Το ΣΝΕ αφορά υποψήφιους διδάκτορες, υποψήφιες διδακτόρισσες καθώς και μεταπτυχιακούς φοιτητές και φοιτήτριες που βρίσκονται στο στάδιο εκπόνησης της μεταπτυχιακής τους εργασίας. Συγκεκριμένα, η συζήτηση και η ανταλλαγή απόψεων μεταξύ νέων και έμπειρων ερευνητών με αντικείμενο την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία διασφαλίζει την επίτευξη των στόχων του Συνεδρίου, οι οποίοι είναι:

- η υποστήριξη των νέων ερευνητών/τριών στις ερευνητικές τους αναζητήσεις,
- η ενίσχυση των δεσμών μεταξύ των μελών της κοινότητας,
- η συνδιαμόρφωση του ερευνητικού προσανατολισμού, και
- η περαιτέρω ανάπτυξη της έρευνας στην εκπαίδευση για τις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία στην Ελλάδα.

Λίγα λόγια για την ιστορία του θεσμού

Η Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία διοργάνωσε:

- Τον Απρίλιο (Πάσχα) του 2017, το 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών, σε συνεργασία με το ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης στο Κολυμπάρι Χανίων, αμέσως μετά το 10ο Πανελλήνιο Συνέδριό της.
- Τον Απρίλιο (Πάσχα) του 2018, το 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών, σε συνεργασία με το ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας στην Αγριά Βόλου, ώστε εφεξής τα συνέδρια Νέων Ερευνητών να διοργανώνονται σε χρονική απόσταση ενός έτους από τα Πανελλήνια Συνέδριά της.
- Τον Αύγουστο του 2020, το 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών σε συνεργασία με τα Τμήματα Φυσικής και Χημείας του ΑΠΘ. Το Συνέδριο αυτό είχε σχεδιαστεί να πραγματοποιηθεί τον Απρίλιο (Πάσχα) του 2020, αλλά λόγω της πανδημίας μεταφέρθηκε τέσσερις μήνες αργότερα και για πρώτη φορά πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά διαδικτυακά.

- Στις **16-18 Σεπτεμβρίου 2022**, η ΕΝΕΦΕΤ διοργάνωσε το **4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών** σε συνεργασία με το **ΠΤΔΕ του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης** στη Νέα Χηλή στην Αλεξανδρούπολη.

Το **4ο Συνέδριο των Νέων Ερευνητών/τριών** (ΣΝΕ) της ΕΝΕΦΕΤ το ανέλαβε το «Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών» του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Δημοκρίτειου Πανεπιστήμιου Θράκης. Λόγω της πανδημίας του κορονοϊού (COVID-19), έγινε μεγάλη προσπάθεια διερεύνησης της βέλτιστης λύσης, για την επιλογή χώρου και χρόνου για την διοργάνωση. Τελικά, το 4ο ΣΝΕ της ΕΝΕΦΕΤ διοργανώθηκε δια ζώσης, στην Αλεξανδρούπολη, στις 16 – 18 Σεπτεμβρίου 2022. Είχε σημαντική επιτυχία, αν αναλογιστεί κανείς ότι σε αυτές τις ιδιαίτερα αντίξοες συνθήκες, συμμετείχαν 14 υποψήφιοι διδάκτορες, 9 μεταπτυχιακοί φοιτητές και φοιτήτριες και 15 έμπειροι ερευνητές και ερευνήτριες, σε ένα απαιτητικό πρόγραμμα, παρουσιάσεων των εργασιών τους και συζητήσεων, καθώς και εργαστηρίων, όπου συμμετείχαν επιπλέον 10 προπτυχιακοί φοιτητές και φοιτήτριες του ΠΤΔΕ ΔΠΘ.

Η υλοποίηση του 4ου ΣΝΕ αποτέλεσε ένα σημαντικό βήμα γόνιμης επιστημονικής συζήτησης και ανταλλαγής απόψεων καθώς και σημαντικής παρακαταθήκης για το μέλλον, προτείνοντας:

- την συνεδρία αφίσας εργασιών, με στόχο την αλληλεπίδραση των συμμετεχόντων που δεν είναι στην ίδια ομάδα,
- την συνεδρία αφίσας ερευνητικών προγραμμάτων, με στόχο την διάχυση και την δυνατότητα οικονομικής υποστήριξης,
- την δια ζώσης υλοποίηση εργαστηρίων (workshops), αντί κεντρικών ομιλιών, με στόχο να δοθεί έμφαση στην εμβάθυνση σε θέματα μεθοδολογίας της έρευνας,
- την αξιοποίηση πολυπληθούς ομάδας μεντόρων, με στόχο την ευελιξία για τους μέντορες και την μεγαλύτερη δυνατή υποστήριξη για τους συμμετέχοντες/ουσες,
- το ανοιχτό κάλεσμα σε προπτυχιακούς φοιτητές, με στόχο την υποστήριξη, την συμμετοχή και την ενεργή εμπλοκή τους με ερευνητικά ζητήματα,
- την καταγραφή του προφίλ και των προσδοκιών των συμμετεχόντων, με στόχο την ουσιαστική γνωριμία με τους συμμετέχοντες και την πιο αποτελεσματική ανάδραση από τους μέντορες.

Η συνεργασία της ΕΝΕΦΕΤ με το Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης

Το Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης (ΕΚΤ), και συγκεκριμένα η πλατφόρμα e-publishing του Εθνικού Κέντρου Τεκμηρίωσης (https://ejournals.epublishing.ekt.gr), επιλέχθηκε από το ΔΣ της περιόδου 2019-2021 για την έκδοση του περιοδικού της ΕΝΕΦΕΤ, καθώς κρίθηκε ότι αποτελεί ένα σταθερό περιβάλλον για την ανάπτυξη του περιοδικού, αλλά και ταυτόχρονα ένα έγκυρο εκδοτικό περιβάλλον. Για τους ίδιους λόγους, το ΔΣ της περιόδου 2021-2023 διερεύνησε τη δυνατότητα αξιοποίησης αυτής της πλατφόρμας για τη διαχείριση των εργασιών αλλά και την έκδοση των Πρακτικών των Πανελλήνιων Συνεδρίων της Ένωσης. Η διερεύνηση αυτή είχε θετικό αποτέλεσμα και έτσι η συνεργασία της ΕΝΕΦΕΤ με το ΕΚΤ έχει πλέον δύο ακόμη σημαντικές πτυχές: την διαχείριση των εργασιών καθώς και την έκδοση των Πρακτικών:

- των Πανελλήνιων Συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ (https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/CoDiSTE),
- των Πανελλήνιων Συνεδρίων Νέων Ερευνητών/τριών της ΕΝΕΦΕΤ (https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/NRCoDiSTE).

Πέρα από την σταθερότητα και την εγκυρότητα του εκδοτικού περιβάλλοντος του ΕΚΤ, η συγκεκριμένη πλατφόρμα παρέχει την δυνατότητα έκδοσης doi για κάθε εργασία που δημοσιεύεται στα Πρακτικά των Συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ. Τα Πρακτικά του 4ου ΣΝΕ είναι τα πρώτα που αναρτώνται στην πλατφόρμα του ΕΚΤ. Επειδή η διαχείριση των εργασιών του 4ου ΣΝΕ έγινε με την παλιά διαδικτυακή πλατφόρμα, χρειάστηκε πρώτα να γίνει η μεταφορά των εργασιών καθώς και όλων των λεπτομερειών της διαχείρισής τους στην πλατφόρμα του ΕΚΤ. Την ευθύνη αυτής της μεταφοράς ανέλαβε ο Νίκος Καπελώνης, ΕΔΙΠ του ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Κρήτης, ο οποίος υποστηρίζει την εύρυθμη λειτουργία των πλατφορμών διαχείρισης των εργασιών των συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ τα τελευταία χρόνια.

Εκ μέρους της Οργανωτικής Επιτροπής
Αναστάσιος Ζουπίδης

Συμμετέχοντες/ουσες Νέοι Ερευνητές, Νέες Ερευνήτριες και Μέντορες

Ομάδα Α

Μέντορες:

Γιούλη Βαϊοπούλου, Μεταδιδακτορική ερευνήτρια, Παν. Κρήτης, Διδάσκουσα, Α.Π.Θ.
Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Αν. Καθηγητής, Π.Τ.Π.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης
Ιωάννης Λεύκος, Ε.ΔΙ.Π., Τμήμα Εκπ/κής & Κοιν. Πολιτικής, ΠΑ.ΜΑΚ.
Ιωάννης Σταράκης, Ε.ΔΙ.Π., Τ.Ε.Α.Π.Η., Ε.Κ.Π.Α.
Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης, Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.

Συμμετέχοντες/ουσες:

Βασίλειος Γκάγκας, Υποψήφιος Διδάκτορας, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
Στυλιανή Κουμή, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Π.Τ.Ν., Παν. Δυτ. Μακεδονίας.
Φωτεινή Μαρή, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Π.Τ.Δ.Ε., Ε.Κ.Π.Α.
Ιωάννης Μεταξάς, Υποψήφιος Διδάκτορας, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Βάϊα Μπακάλη, Υποψήφια Διδάκτορας, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Έλλη Σαμπροβαλάκη, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης
Ευφρανσία Τζαγκαράκη, Υποψήφια Διδάκτορας, Π.Τ.Π.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης
Χρήστος Χρυσανθόπουλος, Υποψήφιος Διδάκτορας, Π.Τ.Ν., Παν. Δυτ. Μακεδονίας.

Ομάδα Β

Μέντορες:

Νικόλαος Ζαρκάδης, Διδάσκων, Π.Τ.Ν., Δ.Π.Θ.
Έμιλυ Μιχαηλίδη, Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια, Π.Τ.Δ.Ε., Παν. Κρήτης
Αναστάσιος Μολοχίδης, Επικ. Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
Πηνελόπη Παπαδοπούλου, Καθηγήτρια, Π.Τ.Ν., Παν. Δυτ. Μακεδονίας
Δημήτριος Σταύρου, Καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε., Παν. Κρήτης

Συμμετέχοντες/ουσες:

Ελένη-Μαρία Βαλκάνου, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Π.Τ.Ν., Παν. Δυτ. Μακεδονίας.
Πανδώρα Δορούκα, Υποψήφια Διδάκτορας, Π.Τ.Π.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης
Νικόλαος Καπελώνης, Υποψήφιος Διδάκτορας, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης
Ιωάννα Κυριακού, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Τμ. Εκπ/τικής & Κοιν. Πολιτικής, ΠΑ.ΜΑΚ.
Μαρία Παναγοπούλου, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Π.Τ.Δ.Ε., Ε.Κ.Π.Α.
Σιλβέστρα Σακελλαρίου, Υποψήφια Διδάκτορας, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
Δέσποινα Τσόπογλου-Γκίνα, Υποψήφια Διδάκτορας, Π.Τ.Ν., Παν. Δυτ. Μακεδονίας.

Ομάδα Γ

Μέντορες:

Πέτρος Καριώτογλου, Ομότιμος Καθηγητής, Π.Τ.Ν., Παν. Δυτ. Μακεδονίας
Γεώργιος Παπαγεωργίου, Καθηγητής, Π.Τ.Δ.Ε., Δ.Π.Θ.
Άγγελος Σοφιανίδης, Ε.ΔΙ.Π., Π.Τ.Ν., Παν. Δυτ. Μακεδονίας
Δημήτριος Σταμοβλάσης, Αναπλ. Καθηγητής, Τμήμα Φιλοσ. & Παιδαγ., Α.Π.Θ.
Κωνσταντίνα Στεφανίδου, Ε.ΔΙ.Π., Π.Τ.Δ.Ε., Ε.Κ.Π.Α.

Συμμετέχοντες/ουσες:

Αλκίνοος Ιωάννης Ζουρμπάκης, Υποψήφιος Διδάκτορας, Π.Τ.Π.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης
Χαρά Μπιτσάκη, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης
Ελένη Κανελλιά, Υποψήφια Διδάκτορας, Τμήμα Φιλοσοφίας και Παιδαγωγικής, Α.Π.Θ.
Γλυκερία Σκεύα, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Π.Τ.Δ.Ε., Δ.Π.Θ.
Χριστίνα Ντινολάζου, Υποψήφια Διδάκτορας, Π.Τ.Ν., Π.Δ.Μ.
Στυλιανή Κλαυδιανού, Υποψήφια Διδάκτορας, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
Δέσποινα Βαλσαμούλη, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Τμ. Εκπ/κής & Κοιν. Πολιτικής, ΠΑ.ΜΑΚ.
Νικόλαος Γαλάνης, Υποψήφιος Διδάκτορας, Π.Τ.Δ.Ε., Α.Π.Θ.

Το σώμα των μεντόρων, σε κάθε συνεδρία, συντονίστηκε από διμελές προεδρείο, όπως ορίστηκε αναλυτικά στις συνεδρίες στα Τευχίδια Εργασιών των Ομάδων Α, Β και Γ.

Αναλυτικό Πρόγραμμα Συνεδρίου

Παρασκευή 16 Σεπτεμβρίου

11.30 – 13.30 **Αφίξεις**

13.30 – 14.30 **Ελαφρύ Γεύμα**

14.30 – 15.30 **Συνεδρία Αφίσας Εργασιών – Φουαγιέ**
Εργασίες των συμμετεχόντων/ουσών στις Ομάδες Α, Β και Γ.
Πληροφορίες για τις εργασίες στα 'Τευχίδια εργασιών' των Ομάδων Α, Β και Γ.

Συνεδρία Αφίσας Ερευνητικών Προγραμμάτων – Φουαγιέ
Πληροφορίες για τα ερευνητικά προγράμματα στο 'Τευχίδιο περιλήψεων ερευνητικών προγραμμάτων'.

15.30 – 17.30 **Συνεδρία Παρουσιάσεων Εργασιών 1**

ΟΜΑΔΑ Α – Αίθουσα Λεύκιππος 1
Ιωάννης Μεταξάς *(Δημήτριος Σταύρου)*
Ιδέες και διαδικασίες μάθησης Φοιτητών Τμημάτων Φυσικής και Χημείας πάνω στις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες υλικών στην νανοκλίμακα

Βάϊα Μπακάλη *(Στέφανος Ασημόπουλος)*
Σχεδιασμός, εφαρμογή και αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για την εννοιολογική κατανόηση της Εντροπίας από υποψήφιους εκπαιδευτικούς μέσω μιας μικροσκοπικής προσέγγισης

ΟΜΑΔΑ Β – Αίθουσα Λεύκιππος 2
Μαρία Παναγοπούλου *(Κωνσταντίνα Στεφανίδου)*
Ιστορικά επιστημονικά όργανα στη μη-τυπική Εκπαίδευση: Οι απόψεις και ο ρόλος των εκπαιδευτικών

Ιωάννα Κυριακού *(Ιωάννης Λεύκος)*
Ανάπτυξη - Εφαρμογή - Αξιολόγηση μιας Σειράς Ανοικτών Διαδικτυακών Μαθημάτων σχετικά με τη Διερευνητική Μάθηση, για Εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

ΟΜΑΔΑ Γ – Αίθουσα Λεύκιππος 3
Στυλιανή Κλαυδιανού *(Αναστάσιος Μολοχίδης)*
Διερεύνηση Διδακτικών Παρεμβάσεων σε Μαθητές Λυκείου, σε θέματα σύγχρονης φυσικής, με αξιοποίηση πολλαπλών αναπαραστάσεων

Δέσποινα Βαλσαμούλη *(Ιωάννης Λεύκος)*
Ανάλυση και αξιολόγηση διερευνητικών δραστηριοτήτων που υλοποιούνται στο πλαίσιο ψηφιακών μαθησιακών σεναρίων

17.30 – 18.00 **Καφές / Τσάι**

18.00 – 18.30 **Έναρξη – Αίθουσα Ορφέας**
18.30 – 20.00 **Συνάντηση Εργασίας (Workshop) 1 – Αίθουσα Ορφέας**

Η δομή και η συγγραφή μιας επιστημονικής εργασίας
Μαρία Μητσιάκη, Αν. Καθηγήτρια, Τμήμα Ελληνικής Φιλολογίας, Δ.Π.Θ.
Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης, Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.

Η ερευνητική εργασία (research paper) αποτελεί ουσιαστικό μέρος της επιστημονικής εκπαίδευσης. Μέσω μιας ερευνητικής εργασίας, ο μαθητευόμενος μαθαίνει τις βασικές ερευνητικές δεξιότητες που θα χρειαστούν για τη συλλογή πληροφοριών και τη συγγραφή εργασιών καθώς και τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για να γράψει αναφορές και να τεκμηριώσει την εργασία του. Στο σεμινάριο αυτό θα ασχοληθούμε με τη δομή, την αναζήτηση, την ανάγνωση και τη συγγραφή μιας επιστημονικής εργασίας.

20.00 – 21.00 **Άτυπες συναντήσεις / Ελεύθερος χρόνος**
21.00 **Δείπνο**

Σάββατο 17 Σεπτεμβρίου

09.00 – 11.00 **Συνεδρία Παρουσιάσεων Εργασιών 2**

ΟΜΑΔΑ Α – Αίθουσα Λεύκιππος 1
Βασίλειος Γκάγκας *(Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης)*
Επιστημολογικές πτυχές της Φύσης της Επιστήμης και της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης, προς διδασκαλία σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο μάθημα της Φυσικής

Έλλη Σαμπροβαλάκη *(Δημήτριος Σταύρου)*
Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικού υλικού με επίκεντρο το «infographic», για τη STEM εκπαίδευση στην κλιματική αλλαγή

ΟΜΑΔΑ Β – Αίθουσα Λεύκιππος 2
Σιλβέστρα Σακελλαρίου *(Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης)*
Διδακτικές Παρεμβάσεις σε μαθητές Λυκείου στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών με τη χρήση ενός Παιδαγωγικού Πράκτορα σε Συνεργατικό Πλαίσιο

Ελένη – Μαρία Βαλκάνου *(Αναστάσιος Ζουπίδης)*
Σχεδιασμός, ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση μίας ΔΜΑ για τη διάδοση της Θερμότητας με αγωγή με στόχο τη διερεύνηση των Μαθησιακών Μονοπατιών των μαθητών

ΟΜΑΔΑ Γ – Αίθουσα Λεύκιππος 3
Γλυκερία Σκεύα *(Αναστάσιος Ζουπίδης)*
Απόψεις εκπαιδευτικών των φυσικών επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, για πτυχές της φύσης της επιστήμης: η περίπτωση της σχέσης των επιστημονικών νόμων έναντι των θεωριών

Νικόλαος Γαλάνης *(Γεώργιος Μαλανδράκης)*
Το Ενεργειακό Αποτύπωμα και η διερεύνηση του επιπέδου κατανόησής του από μαθητές/τριες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Προσπάθεια για εννοιολογική ανάπτυξη και ενεργό συμμετοχή τους στη μείωσή του μέσω διδακτικής παρέμβασης

11.00 – 11.30 **Καφές / Τσάι**
11.30 – 13.00 **Συνάντηση Εργασίας (Workshop) 2 – Αίθουσα Ορφέας**

Up and Down – Προσεγγίσεις στην ανάλυση ποιοτικών δεδομένων
Πηνελόπη Παπαδοπούλου, Καθηγήτρια, Π.Τ.Ν., Π.Δ.Μ.

Κατά την διάρκεια αυτού του εργαστηρίου, με συμμετοχικές διαδικασίες θα επιχειρήσουμε να διεισδύσουμε στις διαδικασίες συλλογής και κυρίως ανάλυσης ποιοτικών δεδομένων. Αναλυτικότερα θα ασχοληθούμε μεταξύ άλλων με ζητήματα όπως:

- «Ποιοτικά» και «ποσοτικά» ερευνητικά ερωτήματα
- Μεθοδολογία – Μέθοδος – Τεχνική
- Οριοθετούνται και πώς οι ποιοτικές από τις ποσοτικές προσεγγίσεις;
- Δημοφιλείς μέθοδοι στην ποιοτική έρευνα: Θεμελιωμένη Θεωρία, Ποιοτική Ανάλυση Περιεχομένου, Θεματική Ανάλυση. Ομοιότητες και διαφορές.
- Ο επαγωγικός και/ή ο παραγωγικός χαρακτήρας των ανωτέρω και η συνεπαγόμενη χρησιμότητά τους στην έρευνα.
- Top down – Bottom up ανάλυση ποιοτικών δεδομένων. Πότε;
- Σημασιολογική και λανθάνουσα προσέγγιση
- Ζητήματα αξιοπιστίας και εγκυρότητας (Credibility, Trustworthiness, Credibility, Neutrality or Confirmability, Consistency, Dependability, Applicability…)

13.00 – 13.30 **Άτυπες συναντήσεις / Ελεύθερος χρόνος**
13.30 – 14.30 **Ελαφρύ Γεύμα**
14.30 – 15.30 **Άτυπες συναντήσεις / Ελεύθερος χρόνος**

15.30 – 17.30 **Συνεδρία Παρουσιάσεων Εργασιών 3**

ΟΜΑΔΑ Α – Αίθουσα Λεύκιππος 1
Φωτεινή Μαρή *(Κωνσταντίνα Στεφανίδου)*
Το Διερευνητικό Μοντέλο Διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες: απόψεις και δυσκολίες στην εφαρμογή του μοντέλου από προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς

Χρήστος Χρυσανθόπουλος *(Πηνελόπη Παπαδοπούλου)*
Συνοχή της Συνεργατικής Μάθησης σε Ομάδες Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

ΟΜΑΔΑ Β – Αίθουσα Λεύκιππος 2
Πανδώρα Δορούκα *(Μιχαήλ Καλογιαννάκης)*
Η συμβολή της φορητής μάθησης και της παιχνιδοποίησης στον νανο-εγγραμματισμό παιδιών πρώιμης ηλικίας

Νικόλαος Καπελώνης *(Δημήτριος Σταύρου)*
Ανάπτυξη ψηφιακών περιβαλλόντων μάθησης για διδασκαλία STEM αντικειμένων στην τριτοβάθμια εκπαίδευση

ΟΜΑΔΑ Γ – Αίθουσα Λεύκιππος 3
Ελένη Κανελλιά *(Δημήτριος Σταμοβλάσης)*
Εννοιολογική αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες: Διερεύνηση της επίδρασης γνωστικών μεταβλητών στη συνεκτικότητα της γνώσης των παιδιών

Χριστίνα Ντινολάζου *(Πηνελόπη Παπαδοπούλου)*
Το μοντέλο Ιδέες - Κόσμος - Τεκμήρια ως εργαλείο σχεδιασμού μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για την Οικολογία

17.30 – 18.00 **Καφές / Τσάι**
18.00 – 18.30 **Άτυπες συναντήσεις / Ελεύθερος χρόνος**
18.30 – 20.00 **Συνάντηση Εργασίας (Workshop) 3 – Αίθουσα Ορφέας**

Ποσοτική Έρευνα στην Εκπαίδευση: Μεθοδολογικά Ζητήματα και Προβληματισμοί
Δημήτριος Σταμοβλάσης, Αναπλ. Καθηγητής, Τμήμα Φιλοσοφίας και Παιδαγωγικής, Α.Π.Θ.

Περιεχόμενα συνάντησης:
1. Διασαφήνιση όρων (και παρανοήσεων),
2. Τυπολογία Ερευνών (γενικά),
3. Η ΔΦΕ ως κοινωνική επιστήμη,
4. Βασικά Αιτήματα, Ζητήματα & Προβλήματα στην Έρευνα,
5. Θεωρία,
6. Η μέτρηση,
7. Αξιοπιστία και Εγκυρότητα,
8. Τυχαιότητα / Αιτιότητα,
9. Ο ρόλος της Στατιστικής,
10. Θεωρία Λανθανουσών Μεταβλητών,

11. Θεμελιώδη θεωρητικά ζητήματα και Μεθοδολογία

20.00 – 21.00 **Άτυπες συναντήσεις / Ελεύθερος χρόνος**
21.00 **Δείπνο**

Κυριακή 18 Σεπτεμβρίου

09.00 – 12.00 **Συνεδρία Παρουσιάσεων Εργασιών 4**

ΟΜΑΔΑ Α – Αίθουσα Λεύκιππος 1
Στυλιανή Κουμή *(Αναστάσιος Ζουπίδης)*
Η Διερεύνηση ως Μέθοδος Διδασκαλίας για το μάθημα της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Μία επισκόπηση της βιβλιογραφίας

Ευφρανσία Τζαγκαράκη *(Μιχαήλ Καλογιαννάκης)*
Αξιοποίηση πλεονεκτημάτων STEM για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού στο δημοτικό. Υλοποίηση ρομποτικής εφαρμογής μέσω Micro:bit

ΟΜΑΔΑ Β – Αίθουσα Λεύκιππος 2
Δέσποινα Τσόπογλου-Γκίνα *(Πηνελόπη Παπαδοπούλου)*
Αναπαραστάσεις των γονιδιακών μοντέλων στις αντιλήψεις των μαθητριών/τών και εκπαιδευτικών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: προκαταρκτικά ευρήματα

ΟΜΑΔΑ Γ – Αίθουσα Λεύκιππος 3
Χαρά Μπιτσάκη *(Δημήτριος Σταύρου)*
Διερεύνηση των Διασυνδέσεων STEM πεδίων σε διδακτική ενότητα Νανοτεχνολογίας από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς

Αλκίνοος Ιωάννης Ζουρμπάκης *(Μιχαήλ Καλογιαννάκης)*
Σχεδιασμός και ανάπτυξη μεθοδολογίας για την κατασκευή εφαρμογών Προσαρμοστικής Παιχνιδοποίησης στις Φ.Ε

12.00 – 12.30 **Κλείσιμο – Αίθουσα Ορφέας**
12.30 – 13.30 **Άτυπες συναντήσεις / Ελεύθερος χρόνος**
13.30 – 14.30 **Ελαφρύ Γεύμα**
14.30 **Αναχωρήσεις**

Εργασίες Μεταπτυχιακών Φοιτητών και Φοιτητριών

Σχεδιασμός, Ανάπτυξη, Εφαρμογή και Αξιολόγηση μίας ΔΜΑ, για τη Διάδοση της Θερμότητας με Αγωγή, με Στόχο τη Διερεύνηση των Μαθησιακών Μονοπατιών των Μαθητών

Ελένη-Μαρία Βαλκάνου[1], Ιωάννης Σταράκης[2], Αναστάσιος Ζουπίδης[3]
[1]Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, [2]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, [3]Επίκουρος Καθηγητής
[1]Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας,
[2]Τμήμα Εκπαίδευσης και Αγωγής στην Προσχολική Ηλικία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών,
[3]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
valkanoue@gmail.com

Περίληψη
Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η εφαρμογή και η αξιολόγηση μίας ΔΜΑ για τον μηχανισμό διάδοσης της θερμότητας με αγωγή στην Ε' τάξη του Δημοτικού Σχολείου. Απώτερος στόχος είναι η καταγραφή των μαθησιακών μονοπατιών των μαθητών σε αυτή τη θεματική περιοχή. Η ακολουθία εφαρμόστηκε με τη μέθοδο του διδακτικού πειράματος σε μικρές ομάδες μαθητών. Συμμετέχοντες ήταν 12 μαθητές Ε' τάξης. Τα διδακτικά πειράματα βιντεοσκοπήθηκαν και ηχογραφήθηκαν. Για την ανάλυση των δεδομένων αξιοποιούνται ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου. Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός του πρώτου διδακτικού πειράματος, καθώς και τα πρώτα αποτελέσματα από την ανάλυσή του.

Abstract
The purpose of this study is the design, development, implementation and evaluation of a TLS for the mechanism of heat conduction in the 5th grade of Primary School. Ultimate aim is to capture students' learning pathways in this thematic area. The sequence was implemented to small group of students with the teaching experiment method. Participants were 12 students of 5th grade. The teaching experiments were videotaped and recorded. Qualitative methods of content analysis are used to analyze the data. In this paper the design of the first teaching experiment, as well as first results from its analysis are presented.

Λέξεις κλειδιά: διδακτική μαθησιακή ακολουθία, μονοπάτια μάθησης, διδακτικό πείραμα, θερμότητα, δημοτικό σχολείο
Key words: teaching learning sequence, learning pathways, teaching experiment, heat, primary education

1. Εισαγωγή

Όπως προκύπτει από την επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας, οι μαθητές διαθέτουν πληθώρα εναλλακτικών αντιλήψεων για θερμικές έννοιες και φαινόμενα. Μία αρκετά συχνή αντίληψη, που εντοπίζεται σε μαθητές όλων των βαθμίδων, είναι ότι η θερμότητα είναι μία ουσία με ιδιότητες ρευστού. Κατά συνέπεια οι μαθητές τείνουν να την παρομοιάζουν με τον αέρα ή τον καπνό και θεωρούν ότι «πηγαίνει προς τα πάνω» ή εφόσον της αποδίδουν υλική υπόσταση θεωρούν ότι υπόκειται σε βαρυτικές αλληλεπιδράσεις (Erickson, 1980).

Σε επίπεδο Πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης εντοπίζεται περιορισμένος αριθμός μελετών που αφορούν σε διδακτικές προτάσεις για τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή, αλλά και στη διάκριση των σωμάτων σε θερμικούς αγωγούς και μονωτές, στις οποίες τα φαινόμενα διερευνώνται αποκλειστικά στη φαινομενολογική τους βάση (ενδεικτικά: Yeo et al., 2020). Σε αυτές τις διδακτικές προτάσεις υιοθετείται ένα ανακαλυπτικό πλαίσιο, μέσα από το οποίο

φαίνεται να μην επιδιώκεται η ερμηνεία των φαινομένων, αλλά ούτε η αντιμετώπιση των σχετικών εναλλακτικών ιδεών των μαθητών. Αντίθετα, σε επίπεδο Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εντοπίζεται σημαντικός αριθμός σχετικών ερευνών, στις οποίες επιχειρείται η ανάπτυξη ενός ερμηνευτικού μηχανισμού για τα συγκεκριμένα φαινόμενα, μέσω της υιοθέτησης μίας κονστρουκτιβιστικής οπτικής με στόχο την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (She, 2004), μέσω αξιοποίησης εικονικών περιβαλλόντων προσομοιώσεων (Hatzikraniotis et al., 2010) ή αξιοποίησης θερμικών καμερών (Schönborn et al., 2014).

2. Μεθοδολογία

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η εφαρμογή και η αξιολόγηση μίας ΔΜΑ για τη διάδοση της θερμότητας με αγωγή στην Ε' τάξη Δημοτικού Σχολείου. Απώτερος στόχος ήταν η καταγραφή των μαθησιακών μονοπατιών των μαθητών κατά την οικοδόμηση της επιστημονικά αποδεκτής εξήγησης του συγκεκριμένου φαινομένου. Ειδικότερα, το βασικό ερευνητικό ερώτημα που επιδιώκεται να απαντηθεί μέσα από την εν λόγω έρευνα είναι το ακόλουθο:

- Ποιες είναι οι διαδικασίες μάθησης μαθητών Ε' τάξης, κατά την οικοδόμηση του μηχανισμού διάδοσης της θερμότητας με αγωγή;

Συμμετέχοντες

Συμμετέχοντες της έρευνας ήταν δώδεκα (12) μαθητές Ε' τάξης του Δημοτικού Σχολείου (8 αγόρια και 4 κορίτσια) από ένα ιδιωτικό δημοτικό σχολείο του Νομού Αττικής. Για τις ανάγκες της έρευνας συγκροτήθηκαν τέσσερις (4) ομάδες των τριών (3) μαθητών.

Χρονικό Διάστημα Υλοποίησης της Έρευνας

Η έρευνα έλαβε χώρα κατά το χρονικό διάστημα 16/05/2022 – 08/06/2022.

Εργαλεία της Έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο του διδακτικού πειράματος (Komorek & Duit, 2004). Κατά την εφαρμογή ενός διδακτικού πειράματος δίνεται η δυνατότητα στον ερευνητή να λειτουργήσει σε δύο επίπεδα, καθώς μπορεί είναι συνεντευκτής αλλά και διδάσκων, αναλόγως την τροπή που παίρνει κάθε φορά η διαδικασία συλλογής των δεδομένων. Έτσι, μέσα από την εν λόγω μέθοδο φαίνεται ότι επιτρέπεται αφενός η εις βάθος διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών και αφετέρου η λεπτομερής καταγραφή της εννοιολογικής τους εξέλιξης προς την επιστημονικά αποδεκτή άποψη για τις εκάστοτε έννοιες. Απώτερος στόχος της έρευνας ήταν η καταγραφή των μαθησιακών μονοπατιών των μαθητών για το υπό μελέτη φαινόμενο, ως εκ τούτου η εν λόγω μέθοδος φαίνεται να θεωρείται κατάλληλη για την επίτευξη αυτού του στόχου και για αυτό και επιλέχθηκε.

Σχεδιάστηκαν τρία (3) διδακτικά πειράματα, με διάρκεια 1 ½ διδακτική ώρα το καθένα (περίπου 90'), τα οποία εφαρμόστηκαν σε καθεμία από τις τέσσερις (4) ομάδες μαθητών που σχηματίστηκαν.

Συλλογή και Ανάλυση των Δεδομένων

Τα διδακτικά πειράματα ηχογραφήθηκαν και βιντεοσκοπήθηκαν. Κατόπιν, απομαγνητοφωνήθηκαν κατά λέξη, ενώ καταγράφηκαν και στοιχεία μη λεκτικής επικοινωνίας των μαθητών (χειρονομίες και εκφράσεις). Στη συνέχεια τα αρχεία που προέκυψαν από τη διαδικασία της απομαγνητοφώνησης χωρίστηκαν σε βήματα, κατά αντιστοιχία με τα βήματα των διδακτικών πειραμάτων.

Ο χαρακτήρας της έρευνας ήταν διερευνητικός, ως εκ τούτου για την ανάλυσή των δεδομένων αξιοποιούνται ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Erickson, 2012). Συγκεκριμένα, για κάθε ένα βήμα του κάθε διδακτικού πειράματος καταγράφονται:

i) οι ιδέες των μαθητών σε καθεμία από τις τέσσερις (4) ομάδες μαθητών σε κομβικές ερωτήσεις
ii) τα επιχειρήματα που χρησιμοποίησαν οι μαθητές για να υποστηρίξουν αυτές τις ιδέες, να σχολιάσουν τις απόψεις των συμμαθητών τους και να ερμηνεύσουν τα πειραματικά δεδομένα
iii) οι δυσκολίες που συνάντησαν οι μαθητές σε όλα τα βήματα των διδακτικών πειραμάτων και οι διαδικασίες οι οποίες τους βοήθησαν να τις ξεπεράσουν (αν αυτό ήταν δυνατό)
iv) το εννοιολογικό πλαίσιο στο οποίο κατέληξαν οι μαθητές

Όλα τα παραπάνω κατηγοριοποιούνται και συνδυάζονται προκειμένου να περιγραφεί η όποια εννοιολογική εξέλιξη των μαθητών και να καταγραφούν τα μονοπάτια μάθησής τους.

Η Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ)

Όπως προαναφέρθηκε σχεδιάστηκαν τρία διδακτικά πειράματα, τα οποία αφορούσαν στη διάδοση της θερμότητας στα μέταλλα, σε διάφορα στερεά υλικά σώματα, καθώς και στο νερό και τον αέρα. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ενδεικτικά ο σχεδιασμός του πρώτου διδακτικού πειράματος.

Το πρώτο διδακτικό πείραμα της ακολουθίας αφορούσε στη διάδοση της θερμότητας στα μέταλλα. Η εναλλακτική ιδέα ότι η θερμότητα είναι μία ουσία με ιδιότητες ρευστού φαίνεται να είναι κομβικής σημασίας για την εννοιολογική κατανόηση του μηχανισμού διάδοσης της θερμότητας με αγωγή. Έχοντας αυτή την ιδέα οι μαθητές τείνουν να θεωρούν ότι η θερμότητα ως ρευστή ουσία μπορεί να διαδίδεται στο ίδιο υλικό, με διαφορετική ταχύτητα, ανάλογα με την κατεύθυνση διάδοσης και δυσκολεύονται να αντιληφθούν το συγκεκριμένο φαινόμενο με όρους μεταφοράς ενέργειας (Kesidou & Duit, 1993). Στο πλαίσιο αυτό θεωρήθηκε ότι η εν λόγω ιδέα θα πρέπει να αντιμετωπίζεται πρωταρχικά μέσα από τη διδασκαλία της διάδοσης της θερμότητας στα μέταλλα, πριν οι μαθητές διδαχθούν τη διάδοσή της σε άλλα σώματα. Κατά την πραγματοποίηση πειραμάτων θέρμανσης μετάλλων οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν ότι η θερμότητα διαδίδεται με την ίδια ταχύτητα προς όλες τις κατευθύνσεις και συνεπώς να αντιμετωπίσουν τη συγκεκριμένη εναλλακτική ιδέα.

Κεντρικός διδακτικός στόχος αυτού του μέρους της ακολουθίας ήταν ο παρακάτω:

- Οι μαθητές/ τριες να διαπιστώσουν ότι η διάδοση της θερμότητας στα μέταλλα πραγματοποιείται με την ίδια ταχύτητα προς όλες τις κατευθύνσεις.

Τα βασικά βήματα της ακολουθίας ήταν τα εξής:

1ο Βήμα

Στο πρώτο βήμα οι μαθητές καλούνται:

- να εκφράσουν και να αιτιολογήσουν τις απόψεις τους αναφορικά με τον τρόπο με τον οποίο θα διαδοθεί η θερμότητα, σε μία μεταλλική ράβδο, η οποία έχει τοποθετηθεί σε μικρή κλίση ως προς το οριζόντιο επίπεδο, και θερμαίνεται ακριβώς στο κέντρο της
- να διαπιστώσουν πειραματικά (*1ο Πείραμα*) ότι κατά τη θέρμανση της μεταλλικής ράβδου, ακριβώς στο κέντρο της, η θερμότητα διαδίδεται με την ίδια ταχύτητα προς όλες τις κατευθύνσεις

Παρουσιάζεται στους μαθητές μία βαθμονομημένη μεταλλική ράβδος, στην οποία βρίσκονται πηγμένες σταγόνες κεριού σε ίσες αποστάσεις από το κέντρο της (*Εικόνα 1*). Έπειτα, οι μαθητές καλούνται να εκφράσουν τις απόψεις τους αναφορικά με το τι αναμένουν να συμβεί εάν τοποθετήσουμε τη ράβδο σε μικρή κλίση (10ο) και τη θερμάνουμε ακριβώς στο κέντρο της. Αναμένεται να θεωρήσουν είτε ότι θα λιώσουν μόνο (ή πιο εύκολα) οι κάτω σταγόνες, λόγω βαρύτητας, είτε ότι θα λιώσουν μόνο (ή πιο εύκολα οι πάνω), διότι θα θεωρήσουν ότι η θερμότητα θα πάει προς τα πάνω.

Για την πραγματοποίηση του συγκεκριμένου πειράματος βαθμονομήθηκε από εμάς μία ράβδος αλουμινίου, ανά πέντε εκατοστά από το κέντρο της (*Εικόνα 1*). Αξίζει να αναφερθεί ότι στην περίπτωση που το πείραμα λάβει χώρα με τοποθέτηση της ράβδου σε γωνία κλίσης

μεγαλύτερη των 10°, παρατηρείται να λιώνουν πιο γρήγορα οι πάνω σταγόνες, λόγω ρευμάτων μεταφοράς που δημιουργούνται στον αέρα. Ως εκ τούτου, η πραγματοποίηση του πειράματος με τοποθέτηση της ράβδου σε κλίση 10° ενισχύει διδακτικά τη διαδικασία σε αυτό το βήμα, αφού οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν ότι η θερμότητα διαδίδεται στη ράβδο με την ίδια ταχύτητα προς όλες τις κατευθύνσεις.

Εικόνα 1: Στη μεταλλική ράβδο έχουν τοποθετηθεί από 3 σταγόνες πηγμένου κεριού στα 10, 15, 20 και 25 εκ. εκατέρωθεν του κέντρου της

Κατά την πραγματοποίηση του *1ου Πειράματος* (*Εικόνα 2*) η ράβδος θερμαίνεται με τη βοήθεια του φλόγιστρου ακριβώς στο κέντρο της και παρατηρείται ότι τα διαδοχικά ζευγάρια σταγόνων πηγμένου κεριού, σε ίση απόσταση εκατέρωθεν του κέντρου της, λιώνουν σχεδόν ταυτόχρονα. Συγκεκριμένα, λόγω των πολλών μεταβλητών που υπεισέρχονται στην πειραματική διαδικασία, παρατηρούνται μικρές αποκλίσεις, στις χρονικές στιγμές, στις οποίες λιώνουν οι διαδοχικές σταγόνες πηγμένου κεριού. Έτσι, συχνά παρατηρείται, μεταξύ των σταγόνων ενός συγκεκριμένου ζεύγους σταγόνων, να λιώνει ελάχιστα πιο γρήγορα, είτε η σταγόνα που βρίσκεται πιο χαμηλά, είτε η σταγόνα που βρίσκεται πιο ψηλά ως προς το οριζόντιο επίπεδο. Για τον λόγο αυτό και λαμβάνοντας υπόψη το μεθοδολογικό πλαίσιο μέσα στο οποίο υλοποιήθηκε η έρευνα, κρίθηκε σκόπιμο το εν λόγω πείραμα να προβληθεί στους μαθητές σε ψηφιακή μορφή.

Εικόνα 2: Πραγματοποίηση του 1ου πειράματος

Κατά την παρατήρηση του βίντεο οι μαθητές πιθανώς να εκφράσουν την άποψη, ότι κατά την αύξηση της υψομετρικής διαφοράς των διαδοχικών ζευγαριών πηγμένου κεριού, περιμένουν να παρατηρήσουν αποκλίσεις ως προς τον χρόνο στον οποίο λιώνουν οι σταγόνες. Ωστόσο, θα παρατηρήσουν ότι τα διαδοχικά ζευγάρια πηγμένων σταγόνων κεριού λιώνουν ταυτόχρονα και συνεπώς αναμένεται να έρθουν σε σύγκρουση με τις απόψεις που πιθανώς να εκφράσουν αρχικά, ότι η θερμότητα διαδίδεται μόνο (ή πιο εύκολα) προς τα πάνω ή προς τα κάτω.

2ο Βήμα

Στο δεύτερο βήμα οι μαθητές καλούνται:

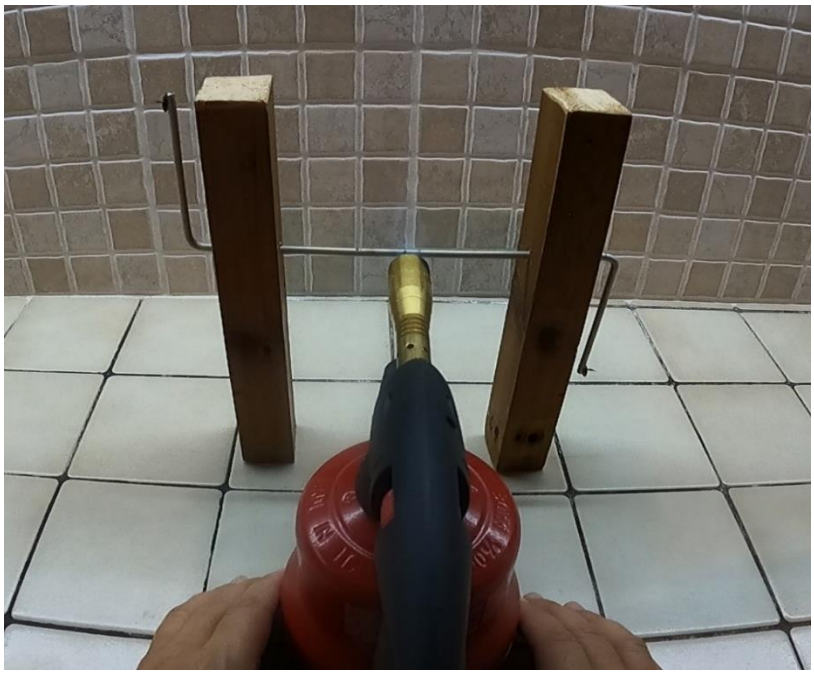
- να εκφράσουν και να αιτιολογήσουν τις απόψεις τους αναφορικά με το τι αναμένουν να συμβεί σχετικά με τη διάδοση της θερμότητας, εάν αυξηθεί και άλλο η υψομετρική διαφορά των σταγόνων πηγμένου κεριού
- να διαπιστώσουν πειραματικά (*2ο Πείραμα*) ότι η αύξηση της υψομετρικής διαφοράς δεν επηρεάζει τον τρόπο διάδοσης της θερμότητας
- να ερμηνεύσουν τη σχετική πειραματική παρατήρηση

Για να αντιμετωπιστεί η δυσκολία που αναφέρθηκε στο προηγούμενο βήμα, όταν το *1ο Πείραμα* λαμβάνει χώρα με τοποθέτηση της ράβδου σε γωνία κλίσης μεγαλύτερης των 10ο, κατασκευάστηκε από εμάς μία διαφορετική πειραματική διάταξη (*Εικόνα 3*). Στους μαθητές παρουσιάζεται η εν λόγω πειραματική διάταξη και καλούνται να εκφράσουν τις απόψεις τους αναφορικά με το τι αναμένουν να συμβεί κατά τη θέρμανση της μεταλλικής βελόνας αυτής της διάταξης. Συγκεκριμένα, τους διευκρινίζεται ότι στα δύο άκρα της βελόνας έχουν τοποθετηθεί δύο πινέζες με τη βοήθεια μικρής ποσότητας κεριού και έπειτα καλούνται να μετρήσουν τα κάθετα τμήματα της διάταξης με τη βοήθεια ενός χάρακα και να υπολογίσουν τη διαφορά στο ύψος που έχουν οι πινέζες. Κατόπιν, τίθεται το ακόλουθο ερώτημα: *«Εάν θερμάνουμε τη βελόνα με τη βοήθεια του φλόγιστρου ακριβώς στο κέντρο της περιμένετε να ξεκολλήσει κάποια πινέζα πιο γρήγορα ή πιο αργά από την άλλη και γιατί;»*

Εικόνα 3: Πειραματική διάταξη 2ου Πειράματος

Οι μαθητές αναμένεται είτε να θεωρήσουν ότι η αύξηση της υψομετρικής διαφοράς δε θα επηρεάσει τον τρόπο διάδοσης της θερμότητας, είτε ότι η θερμότητα θα διαδοθεί πιο γρήγορα προς τα πάνω ή προς τα κάτω, λόγω αύξησης της διαφοράς στο ύψος ή διαφορετικού σχήματος της διάταξης (κατακόρυφα τμήματα).

Κατά την πραγματοποίηση του *2ου Πειράματος* (*Εικόνα 4*) παρατηρείται ότι οι δύο πινέζες ξεκολλούν σχεδόν ταυτόχρονα από τη μεταλλική βελόνα. Ωστόσο, καθώς και σε αυτό το πείραμα υπεισέρχονται αρκετές μεταβλητές, κατά την πειραματική διαδικασία παρατηρούνται και εδώ μικρές αποκλίσεις στον χρόνο στον οποίο ξεκολλούν οι δύο πινέζες. Συνεπώς, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν στο 1ο βήμα κρίθηκε σκόπιμο και το εν λόγω πείραμα να βιντεοσκοπηθεί από εμάς και να προβληθεί στους μαθητές σε ψηφιακή μορφή.



Εικόνα 4: Πραγματοποίηση 2ου πειράματος

Μέσα από την πραγματοποίηση του *2ου Πειράματος* αναμένεται να παρατηρήσουν ότι οι δύο πινέζες ξεκολλούν ταυτόχρονα ή σχεδόν ταυτόχρονα από τη μεταλλική βελόνα. Όσοι από τους μαθητές είχαν θεωρήσει ότι η αύξηση της υψομετρικής διαφοράς των σταγόνων δε θα επηρεάσει τον τρόπο διάδοσης της θερμότητας, αναμένεται να ενισχύσουν την προηγούμενη άποψή τους, ενώ όσοι είχαν θεωρήσει ότι θα παρατηρηθούν αποκλίσεις στις χρονικές στιγμές που θα ξεκολλήσουν οι πινέζες, είτε προς τα πάνω, είτε προς τα κάτω, αναμένεται να έρθουν σε σύγκρουση με αυτές τις απόψεις.

3ο Βήμα

Στο τρίτο βήμα οι μαθητές καλούνται:

- να διατυπώσουν το συμπέρασμα στο οποίο καταλήγουν αναφορικά με τον τρόπο διάδοσης της θερμότητας στα μέταλλα

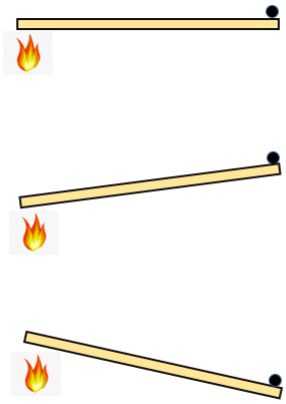
Αναμένεται να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι η θερμότητα διαδίδεται με την ίδια ταχύτητα προς όλες τις κατευθύνσεις στα μέταλλα.

4ο Βήμα

Στο τέταρτο βήμα οι μαθητές καλούνται:

- να εφαρμόσουν το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν στο προηγούμενο βήμα σε μία νέα κατάσταση.

Στους μαθητές παρουσιάζεται το σκίτσο της *Εικόνας 5* και ακολούθως τους τίθεται το εξής ερώτημα: *«Θα λιώσει το πηγμένο κερί σε κάποια από τις παραπάνω περιπτώσεις πιο γρήγορα ή πιο αργά από τις άλλες; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας»*.



Εικόνα 5: Σκίτσο δραστηριότητας εφαρμογής

Αναμένεται να θεωρήσουν ότι και στις τρεις περιπτώσεις οι σταγόνες θα λιώσουν το ίδιο γρήγορα.

3. Αποτελέσματα

Η εργασία βρίσκεται στη φάση της ανάλυσης των δεδομένων. Από τη μέχρι τώρα ανάλυση των δεδομένων του πρώτου διδακτικού πειράματος προκύπτουν τα ακόλουθα.

Στο *1ο βήμα*, ζητήθηκε από τους μαθητές να διατυπώσουν τις απόψεις τους αναφορικά με την κατεύθυνση διάδοσης της θερμότητας, κατά τη θέρμανση της μεταλλικής ράβδου υπό κλίση. Η πλειοψηφία τους θεώρησε ότι η θερμότητα υπόκειται σε βαρυτικές αλληλεπιδράσεις και για αυτό τον λόγο θα διαδοθεί με πολύ γρήγορο ρυθμό προς την κάτω μεριά της ράβδου. Σημαντικός αριθμός μαθητών φάνηκε να ταυτίζει τη θερμότητα με τον ζεστό αέρα και για τον λόγο αυτό εξέφρασε την άποψη ότι θα διαδοθεί πολύ γρήγορα προς την πάνω μεριά της ράβδου και με σημαντικά πιο αργό ρυθμό προς την κάτω μεριά. Ωστόσο, μέσα από την πραγματοποίηση του *1ου Πειράματος* ήρθαν σε σύγκρουση με αυτές τους τις απόψεις, όταν παρατήρησαν τα διαδοχικά ζευγάρια πηγμένων σταγόνων κεριού να ξεκολλούν σχεδόν ταυτόχρονα από τη ράβδο. Στο σύνολό τους διατύπωσαν την άποψη ότι η θερμότητα διαδίδεται σχεδόν ταυτόχρονα προς όλες τις κατευθύνσεις, παρατηρώντας μικρές αποκλίσεις της τάξης των δευτερολέπτων, είτε προς τα επάνω, είτε προς τα κάτω.

Στο *2ο βήμα*, οι μαθητές κλήθηκαν να εκφράσουν τις απόψεις τους αναφορικά με το τι αναμένουν να συμβεί εάν αυξηθεί η υψομετρική διαφορά των σταγόνων κεριού, χρησιμοποιώντας μία διαφορετική πειραματική διάταξη. Αναφορικά με αυτό το ερώτημα στο σύνολό τους φάνηκε να επικρατούν δύο τάσεις. Η πλειοψηφία τους θεώρησε ότι λόγω του διαφορετικού σχήματος αυτής της διάταξης και συγκεκριμένα λόγω της παρουσίας των κατακόρυφων τμημάτων η θερμότητα θα διαδοθεί πιο γρήγορα είτε προς τα κάτω, είτε προς τα πάνω. Σημαντικός αριθμός μαθητών, ωστόσο θεώρησε ότι θα διαδοθεί και σε αυτή την περίπτωση με τον ίδιο ρυθμό, διότι δεν έχει σημασία η υψομετρική διαφορά. Η πραγματοποίηση του *2ου Πειράματος* αποτέλεσε κομβικό σημείο της ακολουθίας, καθώς φάνηκε να τους βοηθά να ξεπεράσουν τις εννοιολογικές δυσκολίες που εξέφρασαν. Όσοι από τους μαθητές θεώρησαν ότι η θερμότητα θα διαδοθεί το ίδιο γρήγορα και σε αυτή την περίπτωση ενίσχυσαν αυτή τους την άποψη, ενώ όσοι θεώρησαν ότι θα διαδοθεί πιο γρήγορα είτε προς τα επάνω, είτε προς τα κάτω, λόγω του διαφορετικού σχήματος αυτής της διάταξης ήρθαν σε σύγκρουση με αυτές τους τις απόψεις όταν παρατήρησαν ότι διαδίδεται με τον ίδιο ρυθμό προς όλες τις κατευθύνσεις.

Στο *3ο βήμα*, στο σύνολό τους κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η θερμότητα διαδίδεται με την ίδια ταχύτητα προς όλες τις κατευθύνσεις στα μέταλλα, ανεξάρτητα από τη μεταβλητή του

ύψους. Αναφορικά με την ερμηνεία του φαινομένου, αξίζει να αναφερθεί, ότι σημαντικός αριθμός μαθητών έτεινε να αναφέρει ρητώς ότι η θερμότητα δεν μπορεί να έχει υλική υπόσταση.

Στο *4ο βήμα*, κατά την εφαρμογή του συμπεράσματος σε μία νέα κατάσταση, η πλειοψηφία τους εξέφρασε την άποψη ότι ο ρυθμός διάδοσης της θερμότητας δεν επηρεάζεται από τη μεταβλητή του ύψους, αλλά από τις μεταβλητές του μήκους των ράβδων, της ποσότητας του πηγμένου κεριού και της έντασης της πηγής θερμότητας. Για τον λόγο θεώρησαν ότι η θερμότητα θα διαδοθεί με τον ίδιο ρυθμό και στις τρεις ράβδους του σκίτσου. Μόνο ένας μικρός αριθμός μαθητών θεώρησε ότι ο ρυθμός διάδοσής της θα διαφοροποιηθεί στην περίπτωση της ράβδου σε οριζόντια θέση.

4. Συμπεράσματα

Από τη μέχρι τώρα ανάλυση των δεδομένων προκύπτει ότι μία ισχυρή τάση των μαθητών είναι η απόδοση υλικής υπόστασης στην έννοια της θερμότητας. Ωστόσο, η πραγματοποίηση πειραμάτων στα οποία οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να παρατηρήσουν την ταυτόχρονη διάδοσή της σε σημεία ενός υλικού που έχουν κάποια υψομετρική διαφορά φαίνεται να τους βοηθά να αντιμετωπίσουν αυτή τους την εννοιολογική δυσκολία.

Από την ανάλυση των δεδομένων του δεύτερου διδακτικού πειράματος αναμένεται να αναδειχθούν οι αντιλήψεις των μαθητών αναφορικά με τη διάδοση της θερμότητας σε διάφορα υλικά σώματα και να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο είναι σε θέση να οικοδομήσουν τις έννοιες των καλών και κακών αγωγών της θερμότητας. Από την ανάλυση του τρίτου διδακτικού πειράματος αναμένεται να μελετηθεί ο βαθμός στον οποίο τείνουν να γενικεύουν τον μηχανισμό διάδοσης της θερμότητας με αγωγή στην περίπτωση του νερού και του αέρα. Παράλληλα, από την περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων αναμένεται να προκύψουν και ευρήματα, τα οποία θα συμβάλλουν στη διαδικασία βελτίωσης της ΔΜΑ σε μία πιθανή μελλοντική εφαρμογή της.

5. Βιβλιογραφία

Erickson, G. (1980). Children's viewpoints of heat: A second look. *Science Education, 64*(3), 323-336. https://doi.org/10.1002/sce.3730640307

Erickson, F. (2012). Qualitative Research Methods for Science Education. Στο B. J. Fraser, K. G. Tobin, C. McRobbie (Επιμ.), *Second International Handbook of Science Education* (σελ. 1451-1469). Springer: Kluwer. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9041-7

Hatzikraniotis, E., Kallery, M., Molohidis, A., & Psillos, D. (2010). Students' design of experiments: an inquiry module on the conduction of heat. *Physics Education, 45*, 335-344. https://doi.org/10.1088/0031-9120/45/4/002

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. https://doi.org/10.1002/tea.3660300107

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. https://doi.org/10.1080/09500690310001614717

Schönborn, K., Haglund, J., & Xie, C. (2014). Pupils' early explorations of thermoimaging to interpret heat and temperature. *Journal of Baltic Science Education, 13*(1), 118-132. https://doi.org/10.33225/jbse/14.13.118

She, H.-C. (2004). Fostering radical conceptual change through dual-situated learning model. *Journal of Research in Science Teaching, 14*(2), 142-164. https://doi.org/10.1002/tea.10130

Yeo, J., Wong, W., Tan, D., Ong, Y., & Pedregosa A. (2020). Using visual representations to realize the concept of "heat". *Learning: Research and Practice, 6*(1), 34-50. https://doi.org/10.1080/23735082.2020.1750674

Αξιολόγηση Διερευνητικών Δραστηριοτήτων, οι οποίες Απαρτίζουν Ψηφιακά Μαθησιακά Σενάρια

Δέσποινα Βαλσαμούλη[1], Ιωάννης Λεύκος[2]
[1]Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, [2]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό
Τμήμα Εκπαιδευτικής & Κοινωνικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ite21007@uom.edu.gr

Περίληψη

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να αναλύσει και να αξιολογήσει διερευνητικές δραστηριότητες που πλαισιώνουν ψηφιακά σενάρια διερευνητικής μάθησης της πλατφόρμας Go-Lab ερευνώντας τη συμβολή τους στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών, στις δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών και στην κατανόηση της διερευνητικής διαδικασίας. Αναλύθηκαν δραστηριότητες 16 παραδειγματικών σεναρίων χρησιμοποιώντας το Inquiry-Based Tasks Analysis Inventory. Διερευνήθηκε το συνολικό επίπεδο διερεύνησης των σεναρίων, καθώς και η πιθανή εξάρτησή του από χαρακτηριστικά των σεναρίων. Τα ευρήματά υποδηλώνουν ότι αυτά τα ψηφιακά σενάρια προάγουν υψηλό βαθμό κατανόησης των επιστημονικών εννοιών και της διερευνητικής διαδικασίας, αλλά ανομοιόμορφη εμπλοκή δεξιοτήτων επιστημονικών διαδικασιών, ενώ υπάρχουν ενδείξεις ότι ο βαθμός αυθεντικής διερεύνησης που προσφέρουν εξαρτάται από χαρακτηριστικά του Inquiry Learning Spaces (ILS) όπως τα Apps που συμπεριλαμβάνει.

Abstract

The purpose of this research was to analyze and evaluate inquiry-based tasks found in digital Inquiry Learning Scenarios on the Go-Lab platform investigating their contribution to the understanding of the scientific concepts, the scientific process skills and the understanding of scientific inquiry. Inquiry-based tasks of 16 Example Inquiry Learning Scenarios were analyzed using the Inquiry-Based Tasks Analysis Inventory. The overall level of inquiry of the scenarios was investigated, as well as its possible dependence on characteristics of the scenarios. Our findings suggest that these Inquiry Learning Spaces (ILS) promote a high degree of understanding of scientific concepts and the scientific inquiry process, but an unbalanced involvement of scientific process skills and there is evidence that the degree of authentic inquiry they offer depends on characteristics of the ILS such us the apps that it includes.

Λέξεις κλειδιά: δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών, διερευνητική μάθηση, ψηφιακά σενάρια
Key words: scientific process skills, inquiry-based learning, digital learning scenarios

1. Εισαγωγή

Το μοντέλο της διερευνητικής προσέγγισης (Inquiry-based learning) στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι δημοφιλές, προτείνεται και προωθείται στα Αναλυτικά Σχολικά Προγράμματα σε ολόκληρο τον κόσμο, στη διεθνή έρευνα αλλά και στη διδασκαλία (Pedaste et al., 2015). Η εξέλιξη της τεχνολογίας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε αυτή τη κατεύθυνση καθώς αυξάνει την αποτελεσματικότητα των διερευνητικών μεθόδων λόγω της υποστήριξης τους από ηλεκτρονικά περιβάλλοντα μάθησης (de Jong et al., 2014). Όταν διερευνητικές δραστηριότητες καθοδηγούνται μέσω διαδικτύου συμβάλλουν στην βελτίωση διαφορετικών δεξιοτήτων όπως είναι: αναγνώριση προβλημάτων, δημιουργία ερωτημάτων και υποθέσεων, σχεδιασμός και πραγματοποίηση πειραμάτων, συλλογή και ανάλυση δεδομένων κ.α. (Maeots et al., 2008).

Η διερεύνηση ορίζεται ως ο τρόπος με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες, καθώς και οι δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές οδηγούνται να κατανοήσουν τόσο τις επιστημονικές έννοιες όσο και τις επιστημονικές διαδικασίες (Bybee, 2006). Πρόκειται για

προσέγγιση που περιλαμβάνει ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβληματικών καταστάσεων (Pedaste & Sarapuu, 2006). Στοχεύει στην ανακάλυψη νέων σχέσεων μεταξύ εννοιών μέσω δημιουργίας υποθέσεων και ελέγχου τους μέσω πραγματοποίησης πειραμάτων ή παρατηρήσεων (Pedaste et al., 2012). Η διερεύνηση διεξάγεται σε διάφορες φάσεις. Στην επισκόπηση των Pedaste et al. (2015) μέσα από την ανάλυση 32 άρθρων σχετικών με τις φάσεις της διερευνητικής προσέγγισης δημιουργήθηκε ένας κύκλος που συνδυάζει όλα τα ισχύοντα πλαίσια διερευνητικής προσέγγισης και ο οποίος περιλαμβάνει πέντε κύριες φάσεις ενώ κάποιες από αυτές έχουν και υπο-φάσεις. (1. Προσανατολισμός, 2. Εννοιολόγηση, 3. Έρευνα, 4. Συμπέρασμα, 5. Συζήτηση).

Ο παραπάνω κύκλος της διερεύνησης αξιοποιείται στις δραστηριότητες των διερευνητικών σεναρίων του Go-Lab. Το Go-Lab είναι μία διαδικτυακή πλατφόρμα που επικεντρώνεται στη διερευνητική μάθηση. Σύμφωνα με τον de Jong (2015), οι διερευνητικές δραστηριότητες της πλατφόρμας Go-Lab συνθέτουν Inquiry Learning Spaces (ILS), δηλαδή ψηφιακά μαθησιακά σενάρια για διερεύνηση. Τα ILS δημιουργούνται από εκπαιδευτικούς και συμπεριλαμβάνουν διαδικτυακά εργαστήρια και εφαρμογές που ανταποκρίνονται στο σχέδιο μαθήματος τους (Dikke et al., 2014). Υπάρχουν εφτά ειδών σενάρια διαθέσιμα στην πλατφόρμα:

1. Scenario Find The Mistake,
2. Scenario Jigsaw Scenario,
3. Scenario Learning By Critiquing!,
4. Scenario Six Thinking Hats Scenario,
5. Structured Controversy,
6. Scenario The 5Es Scenario,
7. Basic Scenario.

Το Basic Scenario αποτελείται από δραστηριότητες οι οποίες αντιστοιχούν στις 5 φάσεις διερεύνησης των Pedaste et al. (2015).

Όσον αφορά την αξιολόγηση της ποιότητας διερευνητικών δραστηριοτήτων οι Yang and Liu (2016) διακρίνουν 4 διαστάσεις ως προς τις οποίες προτείνουν ένα πλαίσιο αξιολόγησης:

1. Υποστήριξη στην οικοδόμηση κατανοήσεων επιστημονικών εννοιών.
2. Παροχή ευκαιριών για χρήση δεξιοτήτων επιστημονικών διαδικασιών.
3. Υποστήριξη στην κατανόηση της επιστημονικής διερευνητικής διαδικασίας.
4. Παροχή ευκαιριών για ανακάλυψη νοητικών δεξιοτήτων υψηλής τάξης (HOTS) από τους μαθητές.

Συγκεκριμένα, προτείνουν ένα εργαλείο ανάλυσης και αξιολόγησης το Inquiry-Based Tasks Analysis Inventory (ITAI) που περιλαμβάνει 22 στοιχεία τα οποία αντιστοιχούν στις τρεις πρώτες διαστάσεις. Για την τέταρτη, προτείνουν μια κριτική επισκόπηση στο τμήμα της συζήτησης που διεξάγεται στο πλαίσιο μίας διερεύνησης.

Πίνακας 1: Ρουμπρίκα με τα στοιχεία 1-22 του Inquiry-Based Tasks Analysis Inventory (ITAI)

ΔΙΑΣΤΑΣΗ 1 : Υποστήριξη στην οικοδόμηση κατανοήσεων επιστημονικών εννοιών	ΝΑΙ	ΟΧΙ
1 Οι επιστημονικές έννοιες της δραστηριότητας είναι συνεπείς με τους στόχους του μαθήματος		
2 Οι κατανοήσεις επιστημονικών εννοιών συμβάλουν στην εκμάθηση βασικών ιδεών		
ΔΙΑΣΤΑΣΗ 2 : Παροχή ευκαιριών για χρήση δεξιοτήτων επιστημονικών διαδικασιών	ΝΑΙ	ΟΧΙ
3 Παρατήρηση		
4 Συμπερασμός		
5 Μέτρηση		
6 Επικοινωνία		
7 Ταξινόμηση		
8 Πρόβλεψη		

9 Έλεγχος Μεταβλητών		
10 Διατύπωση Λειτουργικών Ορισμών		
11 Σχηματισμός υποθέσεων		
12 Ερμηνεία δεδομένων		
13 Διατύπωση Ερωτήσεων		
14 Σχηματισμός μοντέλων		
ΔΙΑΣΤΑΣΗ 3 : Το κείμενο αυτής της εργασίας αντικατοπτρίζει τις ακόλουθες κατανοήσεις σχετικά με την επιστημονική διερευνητική διαδικασία	ΝΑΙ	ΟΧΙ
15 Η επιστημονική διερευνητική διαδικασία ξεκινά με μια ερώτηση, αλλά δεν εξετάζει απαραίτητα μια υπόθεση		
16 Δεν υπάρχει μόνο μία πιστά καθορισμένη μέθοδος ή σειρά βημάτων που ακολουθείται σε όλες τις διερευνητικές διαδικασίες		
17 Οι ερωτήσεις καθοδηγούν τις διερευνητικές διαδικασίες		
18 Ο ερευνητής επηρεάζει τα αποτελέσματα		
19 Τα αποτελέσματα επηρεάζονται από τις διερευνητικές διεργασίες		
20 Τα συμπεράσματα πρέπει να είναι συναφή με τα δεδομένα που συλλέχτηκαν		
21 Τα επιστημονικά δεδομένα δεν είναι τα ίδια με τα επιστημονικά στοιχεία		
22 Οι επεξηγήσεις των ερευνητικών ερωτημάτων αναπτύχθηκαν απαραίτητα από τον συνδυασμό συλλεγόμενων δεδομένων και όσων ήταν προηγουμένως γνωστά		

Το ITAI χρησιμοποιήθηκε από άλλους ερευνητές για την ανάλυση δραστηριοτήτων σχολικών εγχειριδίων φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση με παρόμοια ευρήματα (Dogan, 2021˙ Sideri & Skoumios, 2021˙ Yang et al., 2019). Για παράδειγμα βρέθηκε ότι στην Ελλάδα τα εγχειρίδια κυρίως εστιάζουν στις έννοιες και λιγότερο στις επιστημονικές δεξιότητες, στην Κίνα η διερεύνηση διαχωρίζεται από το επιστημονικό περιεχόμενο και δεν υποστηρίζεται η κατανόηση της φύσης της διερεύνησης (Τουρκία, Κίνα). Από την άλλη μεριά, φαίνεται να απουσιάζουν έρευνες που αναφέρονται σε δραστηριότητες ψηφιακών σεναρίων.

Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να αναλύσει και να αξιολογήσει διερευνητικές δραστηριότητες των ILS του Go-Lab χρησιμοποιώντας το ITAI. Τα ερευνητικά ερωτήματα ήταν:

Ε1. Ποιος ο βαθμός υποστήριξης στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών που προσφέρουν τα ILS του Go-Lab;

Ε2. Ποιες δεξιότητες επιστημονικής διαδικασίας εμπλέκονται στις διερευνητικές δραστηριότητες του Go-Lab και σε ποιο βαθμό;

Ε3. Ποιος ο βαθμός υποστήριξης των ILS του Go-Lab στην κατανόηση της επιστημονικής διερευνητικής διαδικασίας;

Ε4. Υπάρχουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και εφαρμογές των ILS που συμβάλλουν στην αύξηση του βαθμού αυθεντικής διερεύνησης που προσφέρουν;

2. Μεθοδολογία

Η έρευνα βασίστηκε στη μέθοδο ανάλυσης του περιεχομένου. Δείγμα της ήταν οι δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στα 16 συνολικά ελληνικά "Example ILS" του Go-Lab. Αυτά τα σενάρια έχουν δημιουργηθεί από εκπαιδευτικούς στο πλαίσιο πιλοτικών προγραμμάτων και προτείνονται από την πλατφόρμα ως παραδειγματικά.

Ερευνητικό εργαλείο για την ανάλυση των σεναρίων ήταν το ITAI των Yang and Liu (2016). Δέκα τυχαία από τα δεκαέξι σενάρια εξετάστηκαν από δύο επιπλέον ερευνητές φυσικών επιστημών για την εγκυρότητα της έρευνας και όποιες διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα τους συζητήθηκαν και κατέληξαν σε ομοφωνία.

Εξετάστηκαν οι τρεις διαστάσεις του ITAI έτσι ώστε να απαντηθούν τα Ε1,Ε2,Ε3, (Σχήμα 1). Κάθε ILS θεωρούνταν μία μονάδα ανάλυσης και λάμβανε έναν αριθμό ως κωδικό σύμφωνα με τη σειρά την οποία εμφανιζόταν στη λίστα με τα διαθέσιμα υποδειγματικά σενάρια στη σελίδα του Go -Lab.

Στο σύνολο του σεναρίου γινόταν ανάλυση της πρώτης και της τρίτης διάστασης του ITAI και προέκυπταν σκορ για τη κάθε μία.

Επιπλέον κάθε φάση του σεναρίου λογίζονταν ως μία δραστηριότητα του σεναρίου, κωδικοποιούνταν με νέο αριθμό του τύπου 1.1 όπου ο πρώτος αντιστοιχούσε στον αριθμό του σεναρίου και ο δεύτερος στη σειρά της φάσης. Κάθε φάση αναλυόταν με τη δεύτερη διάσταση του ITAI καταλήγοντας σε ένα νέο σκορ.

Απάντηση ΝΑΙ αντιστοιχούσε σε 1 βαθμό και απάντηση ΟΧΙ αντιστοιχούσε σε 0 βαθμό. Βγάζοντας τον μέσο όρο των σκορ όλων των φάσεων κάθε σεναρίου προέκυπτε το τελικό σκορ της δεύτερης διάστασης.

	ΔΙΑΣΤΑΣΗ 1						ΔΙΑΣΤΑΣΗ 2								ΔΙΑΣΤΑΣΗ 3											
ILS	ITAI 1	ITAI 2	ITAI 3	ITAI 4	ITAI 5	ITAI 6	ITAI 7	ITAI 8	ITAI 9	ITAI 10	ITAI 11	ITAI 12	ITAI 13	ITAI 14	ITAI 15	ITAI 16	ITAI 17	ITAI 18	ITAI 19	ITAI 20	ITAI 21	ITAI 22	SKORE ITAI (max =22)	ITAI 1 (max =2)	ITAI 2 (max =12)	ITAI 3 (max =8)
1	ΝΑΙ	ΝΑΙ													ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	11,17	2	2,17	7
1.1			ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΌΧΙ											1	
1.2			ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ											2	
1.3			ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΌΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ											3	
1.4			ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ											3	
1.5			ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΟΧΙ	ΌΧΙ	ΟΧΙ	ΌΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ	ΌΧΙ											2	
1.6			ΟΧΙ	ΌΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΌΧΙ	ΟΧΙ	ΝΑΙ	ΟΧΙ											2	

Σχήμα 1: Παράδειγμα ανάλυσης σεναρίου με το ITAI

Έτσι κάθε σενάριο είχε 3 επιμέρους σκορ, ένα για κάθε μία διάσταση και ένα τελικό συνολικό στο οποίο μία υψηλότερη βαθμολογία υποδήλωνε ότι σε αυτό το σενάριο εμπλέκονταν περισσότερα στοιχεία αυθεντικής διερεύνησης (Σχήμα 2).

ΣΕΝΑΡΙΑ	ΤΙΤΛΟΣ	ΓΛΩΣΣΑ	ΗΛΙΚΙΑ	ΘΕΜΕΛΕΙΩΔΕΙΣ ΙΔΕΕΣ	ΘΕΜΑΤΙΚΟΙ ΤΟΜΕΙΣ	ΦΑΣΕΙΣ	Σύνολο ITAI (max=22)	ΣΚΟΡ ITAI A (max=2)	ΣΚΟΡ ITAI B (max=12)	ΣΚΟΡ ITAI Γ (max=8)
1	**Παράγοντες Που Επηρεάζουν Τη Φωτοσύνθεση**	ΕΛΛΗΝΙΚΑ	13-14 ,15-16, 1	Μετατροπή ενέργειας, Ζωντανοί οργανισμοί και έμβια ύλη, Πλανήτης Γη	Βιολογία, Βοτανολογία, Οικολογία, Φυσική, Ενέργεια, Φως, Life processes	6	11,17	2	2,17	7
1.1	Ας σκεφτούμε								1	
1.2	Ας υποθέσουμε								2	
1.3	Ας πειραματιστούμε								3	
1.4	Ας βγάλουμε συμπεράσματα								3	
1.5	Ας προβληματιστούμε								2	
1.6	Ας δούμε τι μάθαμε								2	

Σχήμα 2: Παράδειγμα ανάλυσης / αξιολόγησης σεναρίου

Στα σενάρια επίσης καταγράφηκαν επιμέρους χαρακτηριστικά όπως: Ηλικία, Θεμελιώδεις Ιδέες (π.χ. Δομή της ύλης), Θεματικοί Τομείς (π.χ. Χημεία), Αριθμός Φάσεων, Apps, virtual labs, Εικόνες, Βίντεο για την εξαγωγή συμπερασμάτων ως προς το Ε4 (Σχήμα 3).

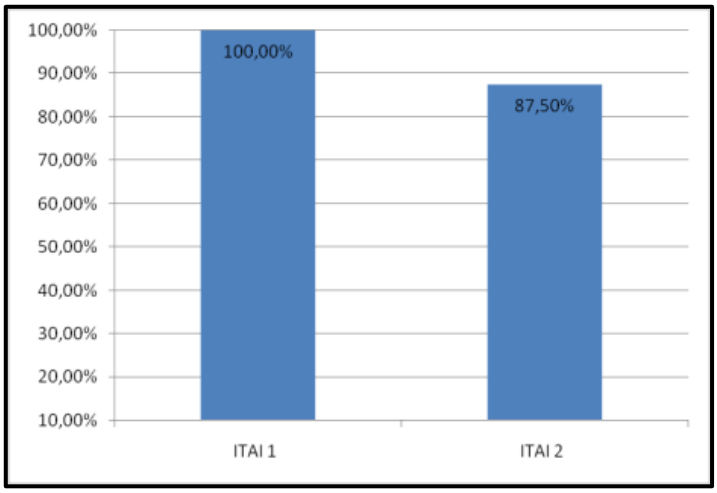
ILS	ΤΙΤΛΟΣ	ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΗΛΙΚΙΑ	ΘΕΜΕΛΕΙΩΔΕΙΣ ΙΔΕΕΣ	ΘΕΜΑΤΙΚΟΙ ΤΟΜΕΙΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΣΕΩΝ	Apps	Virtual Laboratories	ΕΙΚΟΝΕΣ	Video	ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ
1	Παράγοντες Που Επηρεάζουν Τη Φωτοσύνθεση	13-14,15-16, 16+	Μετατροπή ενέργειας, Ζωντανοί οργανισμοί και έμβια ύλη, Πλανήτης Γη	Βιολογία, Βοτανολογία, Οικολογία, Φυσική, Ενέργεια, Φως, Life processes	6	12	0	3	1	2 Virtual Laboratories
1.1	Ας σκεφτούμε					2		2		
1.2	Ας υποθέσουμε					4				
1.3	Ας πειραματιστούμε					2				2 Virtual Laboratories
1.4	Ας βγάλουμε συμπεράσματα					1				
1.5	Ας προβληματιστούμε					1		1	1	
1.6	Ας δούμε τι μάθαμε					2				

Σχήμα 3: Παράδειγμα καταγραφής χαρακτηριστικών του σεναρίου

3.Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνάς έδειξαν ότι τα εξεταζόμενα ILS:

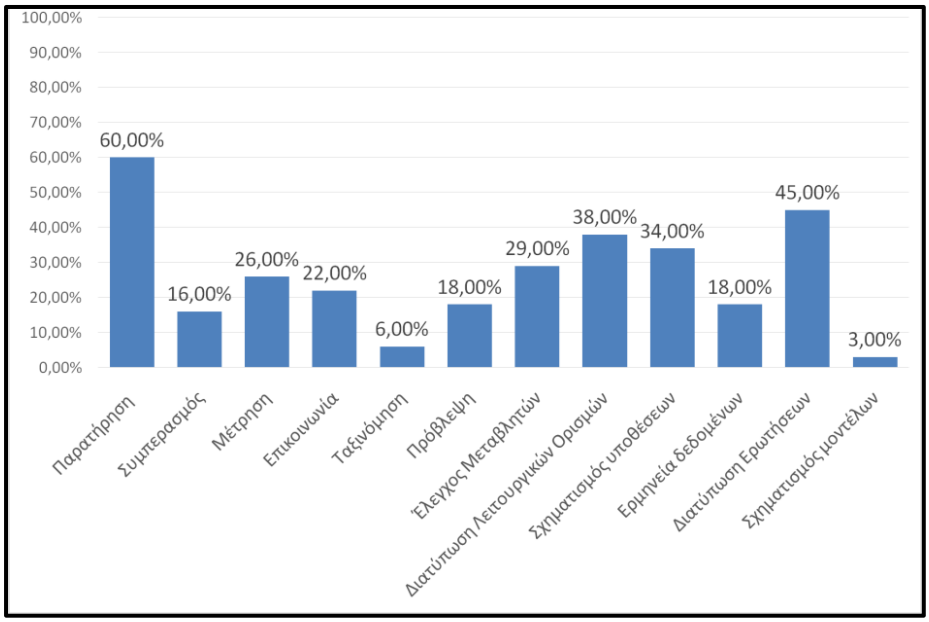
α) προσφέρουν μεγάλο βαθμό υποστήριξης (μεταξύ 87%-100%) στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών (Διάσταση 1), (Σχήμα 4),



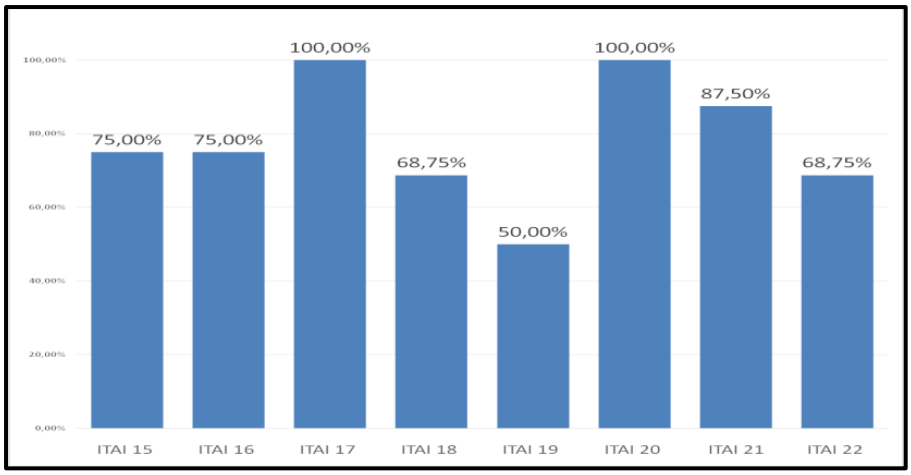
Σχήμα 4: Βαθμός υποστήριξης (%) ως προς την κατανόηση επιστημονικών εννοιών (Διάσταση 1)

β) εμφανίζουν εμπλοκή όλων των δεξιοτήτων επιστημονικής διαδικασίας στις διερευνητικές δραστηριότητες (Διάσταση 2), αλλά σε πολύ διαφορετικό βαθμό και με μεγάλη διασπορά, καθώς τα ποσοστά κυμαίνονται από 3% έως 60%. Η Παρατήρηση και η Διατύπωση Ερωτήσεων εμπλέκονται συχνότερα σε αντίθεση με την Ταξινόμηση και τον Σχηματισμό Μοντέλων που εμπλέκονται σπάνια (Σχήμα 5), και

γ) εμφανίζουν αρκετά υψηλό (μεταξύ 50% και 100%) βαθμό υποστήριξης στην κατανόηση της διερευνητικής διαδικασίας (Διάσταση 3) με Μ.Ο. 78 %, (Σχήμα 6).



Σχήμα 5: Βαθμός εμπλοκής (%) δεξιοτήτων επιστημονικής διαδικασίας (Διάσταση 2)



Σχήμα 6: Βαθμός υποστήριξης στην κατανόηση διερευνητικής διαδικασίας (%), (Διάσταση 3)

Παράλληλα, παρατηρήθηκε ότι τα σενάρια με την υψηλότερη βαθμολογία ITAI έχουν πολύ υψηλό σκορ στην 3η διάσταση του ITAI. Φαίνεται δηλαδή πως η διάσταση αυτή συνεισφέρει κυρίως στη διαφοροποίηση μεταξύ των σκορ των σεναρίων. Τέλος, αναφορικά με την εξάρτηση του ITAI σκορ από τα επιμέρους χαρακτηριστικά όπως: ο αριθμός των φάσεων, των Apps, των virtual labs κλπ, από την μέχρι τώρα ανάλυση δεν βρέθηκε κάποιος πολύ ξεκάθαρος συσχετισμός, αν και το σύστημα είναι πολύπλοκο καθώς περιλαμβάνει πολλές μεταβλητές και απαιτείται περεταίρω στατιστική ανάλυση. Χρησιμοποιώντας μια ημι-ποσοτική προσέγγιση έγινε σύγκριση ανάμεσα στα δύο ILS με τα υψηλότερα σκορ και τα δύο ILS με τα χαμηλότερα σκορ ως προς τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Βρέθηκε έτσι ότι τα ILS με τα υψηλότερα σκορ εμπεριέχουν διάφορες προτεινόμενες από το GoLab εφαρμογές ανά φάση (de Jong, 2015), (Σχήμα 7).

	ITAI SCORE		ITAI 1 Κατανόηση επιστημονικών εννοιών		ITAI2 Δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών		ITAI 3 Κατανόηση επιστημονικής διερευνητικής διαδικασίας		Ηλικία		Αριθμός Φάσεων		Προτεινόμενα APPS/φάση	de Jong (2015)	V. LABS		Εικόνες		VIDEOS	
ILS	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
High scored	14,40	13,60	2	2	4,40	3,60	8	8	11-12	11-12	5	6	YES	YES	1	1	3	14	1	4
Low scored	7,50	8,28	2	1	2,50	3,28	3	4	15-16, 16+	9-10	6	7	YES	NO	2	3	21	8	0	4

High ILS
A- Παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό της φωτοσύνθεσης
B- Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, Αλήθεια ή μύθος;

Low ILS
A- Υδατικά διαλύματα Ηλεκτρολυτών(1)
B- Ακαδημία Αστροναυτών

Σχήμα 7: Σύγκριση των δύο ILS με τα υψηλότερα σκορ με τα δύο με τα χαμηλότερα σκορ

4. Συμπεράσματα

Μέσω των αποτελεσμάτων της έρευνας μας συμπεραίνουμε ότι τα ILS του Go-lab όπως και τα σχολικά εγχειρίδια (Dogan, 2021) υποστηρίζουν σε μεγάλο βαθμό την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και ότι δεν παρέχουν ευκαιρίες για ομοιόμορφη ανάπτυξη δεξιοτήτων επιστημονικών διαδικασιών στους μαθητές καθώς υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στη συχνότητα που αυτές εμπλέκονται (Dogan, 2021˙ Sideri & Skoumios, 2021˙ Yang et al., 2019).

Τα ILS σε αντίθεση με τα σχολικά εγχειρίδια υποστηρίζουν σε μεγάλο βαθμό την κατανόηση της διερευνητικής μεθοδολογίας. Επιπλέον, υπάρχουν ενδείξεις ότι ο λεπτομερής σχεδιασμός με την επιλογή κατάλληλων apps και άλλων χαρακτηριστικών είναι δυνατόν να αυξήσει το βαθμό αυθεντικής διερεύνησης που προσφέρουν.

Συστήνεται έτσι η χρήση κατάλληλα σχεδιασμένων δικτυακών σεναρίων, τόσο για την υποστήριξη της κατανόησης της διερεύνησης, όσο και για την ανάπτυξη ποικίλων δεξιοτήτων επιστημονικών διαδικασιών στους μαθητές, ενώ η ευελιξία της χρήσης τους σε ποικίλα εκπαιδευτικά πλαίσια, αποτελεί ένα επιπλέον πλεονέκτημα.

5. Βιβλιογραφία

Bybee, R. W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. Στο *Scientific inquiry and nature of science* (σ. 1-14). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_1

De Jong, T. (2015). *Go-Lab Deliverable D1. 4 Go-Lab classroom scenarios handbook* [Research Report] Go-Lab Project. Ανακτήθηκε από: https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-01274922

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. https://doi.org/10.1186/s40561-014-0003-6

Dikke, D., Tsourlidaki, E., Zervas, P., Cao, Y., Faltin, N., Sotiriou, S., & Sampson, D. G. (2014). Golabz: Towards a federation of online labs for inquiry-based science education at school. Στο *6th International Conference on Education and New Learning Technologies (EDULEARN 2014)*.

Dogan, O. K. (2021). Methodological? Or dialectical?: Reflections of scientific inquiry in biology textbooks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *19*(8), 1563-1585. https://doi.org/10.1007/s10763-020-10120-7

Mäeots, M., Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2008). Transforming students' inquiry skills with computer-based simulations. Στο *2008 Eighth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies* (σ. 938-942). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICALT.2008.239

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(1-2)*, 81-95.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli C. C., Zacharia Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, *14*, 47-61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2006). Developing an effective support system for inquiry learning in a web-based environment. *Journal of computer assisted learning, 22(1)*, 47-62. https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00159.x

Sideri, A., & Skoumios, M. (2021). Science Process Skills in the Greek Primary School Science Textbooks. *Science Education International*, *32*(3),231-236. https://doi.org/10.33828/sei.v32.i3.6

Yang, W., & Liu, E. (2016). Development and validation of an instrument for evaluating inquiry-based tasks in science text books. *International Journal of Science Education*, *38*(18), 2688-2711. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1258499

Yang, W., Liu, C., & Liu, E. (2019). Content analysis of inquiry-based tasks in high school biology textbooks in Mainland China. *International Journal of Science Education*, *41*(6), 827-845. https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1584418

Η Διερεύνηση ως Μέθοδος Διδασκαλίας για το Μάθημα της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Μία Επισκόπηση της Βιβλιογραφίας

Στυλιανή Κουμή[1], Αναστάσιος Ζουπίδης[2]
[1]Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, [2]Επίκουρος Καθηγητής
[1]Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας,
[2]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
stkoumi@gmail.com

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μελέτης από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τη μέθοδο της διερεύνησης για το μάθημα της Φυσικής σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Πρόκειται για μία μελέτη ως προς το τί είναι διερεύνηση, ποια είναι τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της μεθόδου, πότε χρησιμοποιείται καθώς και πότε κρίνεται επιτυχής η χρήση της. Η μελέτη είναι βιβλιογραφική και αναφέρεται σε διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία. Τα αποτελέσματα της μέχρι τώρα μελέτης δείχνουν να γίνεται μία ευρεία χρήση της μεθόδου κυρίως στο εξωτερικό καθώς έχει πλείστα θετικά αποτελέσματα σε πολλούς μαθησιακούς και γνωστικούς τομείς.

Abstract
In this paper we present the results of a literature review on the role of inquiry as a teaching method in Physics concerning pupils of Secondary Schools. More specifically it is a study on what inquiry is, the advantages and the disadvantages of this teaching method, when it should be used, as well as when its use is successful. The study concerns international and greek bibliography. The results so far show that inquiry is a widely used method, especially abroad, mainly due to the positive effects it seems to have in several learning and cognitive domains.

Λέξεις κλειδιά: διδασκαλία Φυσικής, διερεύνηση, τύποι διερεύνησης, φύλλα εργασίας βασισμένα σε διερεύνηση
Key words: inquiry, Physics teaching, types of inquiry, worksheets based on inquiry

1. Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στη μελέτη για τη χρήση της διερεύνησης ως βασικής μεθόδου διδασκαλίας στο μάθημα της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Σύμφωνα με το National Science Education Standards (Bell et al., 2005), η διερεύνηση αφορά την εμπλοκή των μαθητών σε μία διαδικασία ενεργητικής μάθησης που δίνει έμφαση σε προβληματισμούς, σε ανάλυση δεδομένων και ανάπτυξη κριτικής σκέψης. Επιπλέον, οι μαθητές μαθαίνουν να κάνουν χρήση της επιστημονικής διερεύνησης, να αναπτύσσουν την ικανότητα να σκέφτονται και να δρουν με διαδικασίες διερεύνησης, όπως κάνουν και οι επιστήμονες. Οι διαδικασίες αυτές είναι για παράδειγμα η διατύπωση ερωτημάτων, ο σχεδιασμός και η διεξαγωγή έρευνας με τα κατάλληλα εργαλεία και τις τεχνικές που θα συλλέξουν τα δεδομένα, η κριτική και η λογική σκέψη που αναπτύσσουν και οι ερμηνείες που θα δοθούν στα συμπεράσματα (Hackling, 2005). Στις προτάσεις για την χρήση της διερεύνησης στην τάξη, δίνεται έμφαση τόσο στις διαδικασίες μάθησης μέσω επιστημονικών διερευνητικών διαδικασιών,

«διερεύνηση ως μέσο», όσο και στη μύηση στις επιστημονικές μεθόδους, «διερεύνηση ως σκοπός» (Abd-El-Khalick et al., 2004).

Ο τύπος της διερεύνησης που προτείνεται να χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός, φαίνεται να εξαρτάται από το επίπεδο ετοιμότητας των μαθητών και τις απαιτήσεις του μαθήματος (Blanchard et al., 2010). Οι τύποι της διερεύνησης (Πίνακας 1) προκύπτουν με κριτήριο την ανοιχτότητα της διερευνητικής διαδικασίας, δηλαδή τον βαθμό στον οποίο οι μαθητές έχουν την δυνατότητα επιλογής στις διάφορες φάσεις της διερευνητικής διαδικασίας (Abrams et al., 2007).

Πίνακας 1: Τύποι της διερεύνησης με κριτήριο την ανοιχτότητα της διερευνητικής διαδικασίας

Τύπος διερεύνησης	Ερευνητικό ερώτημα	Συλλογή δεδομένων και μεθοδολογία	Επεξήγηση αποτελεσμάτων
Τύπος 0 Επιβεβαίωση	Δίνεται από τον εκπαιδευτικό	Δίνεται από τον εκπαιδευτικό	Δίνεται από τον εκπαιδευτικό
Τύπος 1 Δομημένη	Δίνεται από τον εκπαιδευτικό	Δίνεται από τον εκπαιδευτικό	Ανοιχτό προς τους μαθητές
Τύπος 2 Καθοδηγούμενη	Δίνεται από τον εκπαιδευτικό	Ανοιχτό προς τους μαθητές	Ανοιχτό προς τους μαθητές
Τύπος 3 Ανοιχτή ή Ελεύθερη	Ανοιχτό προς τους μαθητές	Ανοιχτό προς τους μαθητές	Ανοιχτό προς τους μαθητές

Η σταδιακή εντρύφηση των μαθητών με διερευνητικού τύπου μεθοδολογίες μάθησης, έχει σημαντικά οφέλη καθώς οι μαθητές κατακτούν τη μέθοδο και επωφελούνται από τα οφέλη που έχει κάθε μορφή της να προσφέρει (Next Generation Science Standards (NGSS), 2013). Για παράδειγμα, μαθαίνουν να κάνουν χρήση κάθε σταδίου και έχουν μία συνεχή χρήση της μεθόδου χωρίς έτσι να την ξεχνούν αλλά να μαθαίνουν κάθε στάδιο και να προχωρούν στο επόμενο. Είναι πολύ σημαντικό να υπάρχει μία συνέχεια στην χρήση της μεθόδου, ώστε οι μαθητές να κάνουν κτήμα τους τα πλεονεκτήματα και να καταφέρουν να τα χρησιμοποιήσουν όχι μόνο στο μάθημα της Φυσικής και όχι μόνο κατά τη διάρκεια της σχολικής τους ζωής. Ακόμα, αποκτούν κίνητρο και ενδιαφέρον για τη μάθηση. Το μάθημα της Φυσικής γίνεται πιο ενδιαφέρον για μεγαλύτερο αριθμό μαθητών και ενισχύεται η αυτοεκτίμηση των μαθητών καθώς με τη μέθοδο αυτή αποκτούν περισσότερες δεξιότητες. Πολύ σημαντικό είναι ότι η διερεύνηση καλύπτει ένα μεγάλο μέρος ικανοτήτων και ενδιαφερόντων των μαθητών χωρίς να περιορίζεται σε συγκεκριμένες δεξιότητες μικρού αριθμού μαθητών. Παρόλα αυτά, η μέθοδος της διερεύνησης δεν πρέπει να είναι η μοναδική μέθοδος που χρησιμοποιείται στην τάξη ή στο εργαστήριο.

Το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών και οι στόχοι που θέτει καθώς και οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών και οι σχέσεις που έχουν οι τελευταίοι με τους μαθητές τους, παίζουν κυρίαρχο ρόλο για τη χρήση ή όχι μεθόδων διερεύνησης στο μάθημα της Φυσικής (NGSS, 2013). Σε πολλές χώρες έχει εφαρμοστεί εδώ και δεκαετίες η μέθοδος της διερεύνησης και κρίνονται τα αποτελέσματά της ως θετικά τόσο στην απόδοση των εκπαιδευομένων, όσο και στην απόκτηση συγκεκριμένων δεξιοτήτων. Η εφαρμογή της στη χώρα μας, αν και προτείνεται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του ΙΕΠ, συνιστάται κυρίως για το Γυμνάσιο και λιγότερο για το Λύκειο. Από τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων Φυσικής Α΄, Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου απουσιάζουν σημαντικές παράμετροι που συνάδουν με τις πρακτικές της διερεύνησης (Βόμβας & Σκουμιός, 2020). Το βιβλίο της Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου ανταποκρίνεται σε μεγαλύτερο βαθμό στις προδιαγραφές της διερεύνησης ως μεθόδου διδασκαλίας. Επομένως κρίνεται πολύ σημαντικό να γίνει μία πολύ πιο εκτεταμένη χρήση της διερεύνησης στο μάθημα της Φυσικής και στην Ελλάδα ώστε οι μαθητές να αποκομίσουν τα οφέλη που η μέθοδος αυτή έχει να τους προσφέρει.

Καθώς η διερεύνηση έχει μεγάλη αποδοχή από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα στο μάθημα της Φυσικής είναι φανερό ότι πρόκειται για μία μέθοδο που εκτός από το να μαθαίνει στους μαθητές να σκέφτονται και να δρουν όπως οι επιστήμονες, συνεισφέρει στην

κατανόηση των φυσικών φαινομένων και την υιοθέτηση της άποψης ότι αυτά αποτελούν μέρος της καθημερινής ζωής.

Για τους παραπάνω λόγους, θεωρήσαμε ότι είναι σημαντικό να αναζητηθεί σε ποιες περιοχές της Φυσικής προτείνεται να χρησιμοποιηθεί η διερεύνηση και με ποιο τρόπο, δηλαδή ποιες πρακτικές προτείνεται να ακολουθηθούν και ποιος τύπος διερεύνησης. Ακόμα, εάν ο τύπος της διερεύνησης έχει σχέση με την ηλικία των μαθητών και ποια είναι αυτή.

2. Μεθοδολογία

Τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας μελέτης είναι:

1. Σε ποιες θεματικές περιοχές της Φυσικής προτείνεται η διερεύνηση;
2. Πώς κατανέμονται αυτές οι περιοχές στο συνεχές της διερεύνησης;
3. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων διερεύνησης που προτείνονται;
4. Σε ποιες ηλικιακές ομάδες απευθύνονται;

Η έρευνα είμαι μία βιβλιογραφική επισκόπηση στην ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία. Η αναζήτηση των άρθρων έγινε στα Πρακτικά Συνεδρίων της ΕΝΕΦΕΤ καθώς και σε διεθνείς βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων και συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε το Scopus και το Google Scholar. Οι λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιηθήκαν ήταν: Inquiry based teaching in Physics / Inquiry based teaching and learning in secondary education/ structured or guided inquiry in Physics/ Inquiry based worksheets in Physics. Χρησιμοποιήθηκε αρχικά και κυρίως το Scopus καθώς παρουσιάζει αποτελέσματα με πιο πολλά κριτήρια και πιο περιορισμένης έκτασης. Θεωρήθηκε από την γράφουσα πιο αξιόπιστο μέσο αναζήτησης βιβλιογραφίας ενώ το Google Scholar απέδωσε πολύ μεγάλο αριθμό αποτελεσμάτων και χρειάστηκε να γίνει πιο λεπτομερής αναζήτηση. Από την ελληνική βιβλιογραφία έγινε χρήση μόνο στα Πρακτικά της ΕΝΕΦΕΤ καθώς θεωρήθηκε ως μία πολύ καλή και αντιπροσωπευτική πηγή δεδομένων. Στα Πρακτικά της ΕΝΕΦΕΤ η αναζήτηση έγινε με τις λέξεις κλειδιά: Διερεύνηση και Διερεύνηση στη Φυσική.

Αναζητήθηκαν άρθρα στα οποία να διατυπώνονται ρητά τα παρακάτω: οι πτυχές της διερεύνησης στο μάθημα της Φυσικής καθώς και ποιοι είναι οι τύποι της, σε ποιες ηλικιακές ομάδες ανταποκρίνεται και εφαρμογές της διερεύνησης. Ο στόχος της αναζήτησης ήταν να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ώστε να υπάρχει μία όσο γίνεται πιο πλήρης εικόνα για τη χρήση της διερεύνησης. Συγκεκριμένα, αναζητήθηκαν άρθρα που αναφέρουν διδασκαλία με μεθόδους διερεύνησης στο μάθημα της Φυσικής και που απευθύνονται στις ηλικίες από 12 έως 18 ετών, μαθητών που φοιτούν σε δημόσια σχολεία. Ακόμα τα άρθρα θα πρέπει να αναφέρουν συγκεκριμένες περιοχές της Φυσικής, τύπο διερεύνησης καθώς και τα στοιχεία εκείνα που χρησιμοποιήθηκαν και χαρακτηρίζουν τη μέθοδο ως διερεύνηση. Τέλος στην έρευνα λήφθηκε ως κριτήριο τα άρθρα να είναι από το 2000 και μετά ώστε η εικόνα από τα συμπεράσματα να είναι όσο γίνεται πιο κοντά στη σημερινή εκπαιδευτική πραγματικότητα.

3. Αποτελέσματα

Η αρχική αναζήτηση ανέδειξε πληθώρα άρθρων, από τα οποία η γράφουσα κατέληξε σε 32 άρθρα που πληρούσαν τις προϋποθέσεις που αναφέρθηκαν στην ενότητα της μεθοδολογίας Τα άρθρα αυτά είναι από τη διεθνή βιβλιογραφία, συγκεκριμένα από 15 χώρες, καθώς και από την ελληνική βιβλιογραφία.

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την αναζήτηση της βιβλιογραφίας ως προς τα δύο πρώτα ερευνητικά ερωτήματα. Σε ορισμένες εργασίες γίνεται χρήση δύο ή και περισσότερων τύπων διερεύνησης και / ή διαπραγματεύονται περισσότερες από μία θεματικές περιοχές της Φυσικής.

Πίνακας 2: Αριθμός άρθρων ανά κατηγορία με βάση την θεματική περιοχή της Φυσικής και τον τύπο διερεύνησης

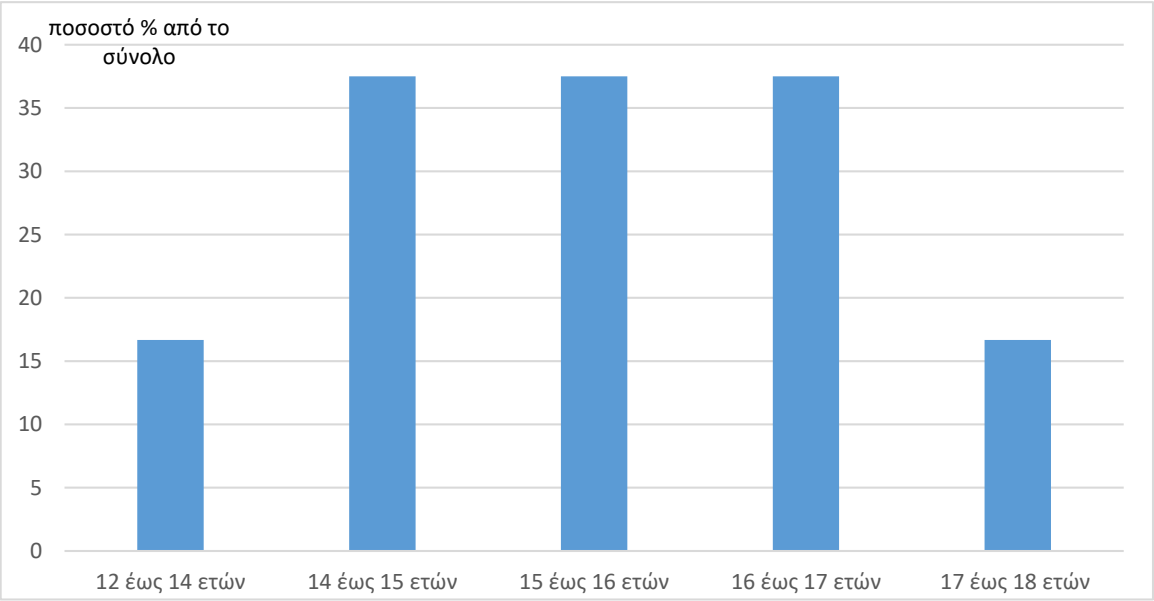
	Θεματική περιοχή Φυσικής (πρώτο ερευνητικό ερώτημα)						**Τύπος διερεύνησης (δεύτερο ερευνητικό ερώτημα)**			
	Σύγχρονη / Κβαντομηχανική	**Μηχανική**	**Οπτική**	**Ηλεκτρισμός/ Ηλεκτρομα**	**Πίεση**	**θερμότητα**	**Επιβεβαίωση**	**Δομημένη**	**Καθοδηγούμενη**	**Ανοιχτή**
Άρθρα	6	10	3	6	3	5	4	8	26	6

Συγκεκριμένα, για το πρώτο ερευνητικό ερώτημα τα αποτελέσματα έδειξαν ότι γίνεται ευρεία χρήση σε όλες σχεδόν τις περιοχές της Φυσικής με μεγαλύτερη συχνότητα στην Μηχανική. Με μικρή διαφορά ακολουθεί η Σύγχρονη Φυσική στην οποία έχουν συμπεριληφθεί η Κβαντομηχανική, το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, ακτινοβολία ως προς τη σωματιδιακή της φύση, Ειδική Θεωρία της Σχετικότητας και Ατομική Φυσική, και φαινόμενα ηλεκτρισμού και ηλεκτρομαγνητισμού. Η Θερμότητα και οι τρόποι διάδοσής της έπονται, ενώ με την ίδια συχνότητα ακολουθούν και εμφανίζονται τα φαινόμενα Πίεσης και Οπτικής.

Σχετικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, παρατηρούμε ότι στις εργασίες που μελετήθηκαν εφαρμόζεται κυρίως η καθοδηγούμενη διερεύνηση και λιγότερο οι υπόλοιποι τύποι διερεύνησης. Ακολουθούν η δομημένη και η ανοιχτού τύπου διερεύνηση, ενώ η διερεύνηση επιβεβαίωσης είναι η λιγότερο προτεινόμενη.

Ως προς το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, που αφορά τα χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων διερεύνησης που προτείνονται, ένα κοινό χαρακτηριστικό στις εργασίες που μελετήθηκαν είναι ότι σε όλες τις περιπτώσεις γίνεται αναφορά σε φύλλα εργασίας τα οποία έχουν σχεδιασθεί από τον εκπαιδευτικό της τάξης. Στα φύλλα εργασίας, υπάρχουν καθοδηγητικές ερωτήσεις ανοιχτού και / ή κλειστού τύπου, καθώς και οδηγίες για την εκτέλεση του πειράματος, δίνονται τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις ζητείται από τους ίδιους τους μαθητές να αποφανθούν ποια εργαλεία είναι χρήσιμα για την διεξαγωγή του πειράματος. Για παράδειγμα, σε μια περίπτωση, στην οποία μελετώνται φαινόμενα Οπτικής, δόθηκε ένα σετ εργαλείων με όργανα οπτικής, Photonics Explorer kit, και οδηγίες τις οποίες ακολουθούσαν οι μαθητές ώστε να διεξάγουν τα πειράματα. Αντίθετα, σε άλλες περιπτώσεις ανατέθηκε στους μαθητές να αναζητήσουν ποια όργανα θα χρησιμοποιούσαν για να εκτελέσουν την πειραματική διαδικασία.

Ακόμα, σε ορισμένες περιπτώσεις οι μαθητές καθοδηγούνται στον σχεδιασμό γραφικών παραστάσεων και των συμπερασμάτων ή υπολογισμών που μπορούν να προκύψουν από αυτές. Επίσης, ζητείται από τους μαθητές να συνδέσουν τα φαινόμενα που μελετούν με προβλήματα της καθημερινής τους ζωής. Επιπλέον, γίνεται χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών σε όσες από τις θεματικές περιοχές της Φυσικής θεωρείται ότι μπορούν να συνεισφέρουν αποτελεσματικά στη διερεύνηση. Χρησιμοποιούνται προσομοιώσεις μέσω εικονικών εργαστηρίων όπως για παράδειγμα το Phet Colorado, Go-Lab ecosystem, σετ εργαλείων STEM και εφαρμογές σε συσκευές κινητής τηλεφωνίας. Τέλος, ζητείται από τους μαθητές να σχολιάσουν τα αποτελέσματά τους και να εξάγουν δικά τους συμπεράσματα.



Εικόνα 1: Ηλικιακές ομάδες μαθητών στις οποίες εφαρμόζονται δραστηριότητες διερεύνησης

Ως προς το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα, παρατηρούμε ότι οι ηλικιακές ομάδες μαθητών που τους ζητήθηκε να χρησιμοποιήσουν μεθόδους διερεύνησης στο μάθημα της Φυσικής είναι κυρίως μαθητές 14 έως 17 ετών. Ακολουθούν μαθητές ηλικίας 12 με 14 ετών και 17 με 18 ετών. Τα αποτελέσματα αυτά δίνονται στην Εικόνα 1.

4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Στην έρευνα αυτή στόχος ήταν να γίνει μία μελέτη της μεθόδου της διερεύνησης ως προς τη χρήση της στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στο μάθημα της Φυσικής. Συγκεκριμένα, σε ποιες θεματικές περιοχές της Φυσικής έχει παρατηρηθεί μέχρι τώρα χρήση της μεθόδου και με ποιο τύπο. Ακόμα αναζητήθηκαν τα χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων που προτείνονται σε κάθε περίπτωση και τέλος, σε ποιες ηλικιακές ομάδες απευθύνονται.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η διερεύνηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλες σχεδόν τις περιοχές της Φυσικής με μεγαλύτερη συχνότητα στην Μηχανική. Αυτό πιθανά να οφείλεται στο ότι η Μηχανική καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της διδακτέας ύλης και ότι διδάσκεται στις περισσότερες τάξεις σχεδόν όλων των χωρών που συναντήσαμε στη διεθνή βιβλιογραφία. Επίσης, φαίνεται ότι εφαρμόζεται κυρίως η καθοδηγούμενη διερεύνηση και λιγότερο οι υπόλοιποι τύποι διερεύνησης. Επιπλέον, φαίνεται σε συμφωνία με τους Abrams et al. (2007) ότι η ανοιχτού τύπου διερεύνηση είναι δύσκολο να εφαρμοστεί, ενώ αντίθετα έχουμε καλύτερα αποτελέσματα όταν χρησιμοποιούνται πιο δομημένου τύπου δραστηριότητες διερεύνησης, οι οποίες συνοδεύονται με καθοδηγητικές οδηγίες.

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων διερεύνησης που προτείνονται, ένα από τα σημαντικότερα είναι τα φύλλα εργασίας, τα οποία σχεδιάζονται από τον εκπαιδευτικό και περιλαμβάνουν τα βήματα που θα ακολουθήσουν οι μαθητές. Οι περισσότερες περιπτώσεις τέτοιων δραστηριοτήτων αφορούν καθοδηγούμενη διερεύνηση. Οι μαθητές συνήθως εργάζονται σε ομάδες, συνεργατικά. Υπάρχουν φορές όπου το ερευνητικό ερώτημα αναδύεται μέσω μίας ιστορίας από την καθημερινή ζωή των μαθητών. Άλλοτε πάλι γίνεται εκμαίευση της πρότερης γνώσης των μαθητών στο θέμα προς μελέτη. Τα εργαστήρια είναι συνήθως με πραγματικά υλικά, αλλά πολλές φορές είναι εικονικά, με τη χρήση εργαλείων εικονικής πραγματικότητας και συχνότερα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Οι μαθητές με την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών αναζητούν ποιες είναι οι εξαρτημένες και ποιες οι

ανεξάρτητες μεταβλητές, σχεδιάζουν γραφικές παραστάσεις και καταλήγουν σε συμπεράσματα.

Οι μαθητές που διδάχθηκαν με το συγκεκριμένο τρόπο είχαν ηλικίες από 12 έως 18 ετών, δηλαδή κάλυπταν όλο το εύρος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Παρόλα αυτά, φαίνεται ότι οι περισσότερες εργασίες προτείνονται για μαθητές 14 έως 17 ετών με προεξάρχοντα τύπο διερεύνησης την καθοδηγούμενη διερεύνηση. Επιπροσθέτως, η εφαρμογή πιο δομημένου τύπου διερεύνησης στις μικρότερες ηλικιακές ομάδες μαθητών και με σημαντικό ποσοστό καθοδήγησης φαίνεται να βοηθάει περισσότερο τους μαθητές (Bell et al, 2005˙ Blanchard et al, 2010), όταν αυτοί δεν είναι εξοικειωμένοι με αυτή τη μεθοδολογία και απαιτείται χρόνος για να εξοικειωθούν.

5. Βιβλιογραφία

Βόμβας Α. & Σκουμιός Μ. (2020). Οι πρακτικές των Φυσικών Επιστημών στις πειραματικές δραστηριότητες Φυσικής του Γυμνασίου. Στο Α. Σπύρτου, Π. Παπαδοπούλου, Α. Ζουπίδης, Α. Μαλανδράκης & Π. Καριώτογλου (Επιμ.), *Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση « Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι.»*, σελ. 674 – 682. Φλώρινα, Ελλάδα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. ISBN: 978-618-83267-7-4.

Abd -El – Khalick F., Boujaoude S., Duschil R., Lederman N., Hofstein A., Niaz M., Treagust D. & Tuan H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Science Education, 88*(3). 397 - 419. https://doi.org/10.1002/sce.10118

Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. A. (2007). Inquiry in the classroom: Necessary components of a useful definition. Στο E. Abrams, S. A. Southerland, & P. Silva (Επιμ.), *Inquiry in the science classroom: Realities and opportunities*. Greenwich, CT: Information Age Publishing. https://www.researchgate.net/publication/258172801

Bell R. L., Smetana L. & Binns I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *The Science Teacher, 72*(7), 30-33. https://www.researchgate.net/publication/228665515

Blanchard M., Southerland S., Osborne J., Sampson V., Annetta L. & Granger E. (2010). Is inquiry possible in light of accountability? A quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education 94* (4), 577-616. https://doi.org/10.1002/sce.20390

Hackling M. (2005). *Working Scientifically: Implementing and Assessing Open Investigation Work in Science*. Department of Education and Training, Western Australia, 2005. ISBN 0 7307 4146 X Ανακτήθηκε από: https://aroshiblog.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/12/workingscientificallyrevised.pdf

NGSS Lead States (2013). *Next Generation Science Standards: For States, by States*. Washington, DC: The National Academies Press. Ανακτήθηκε από: https://nap.nationalacademies.org/catalog/18290/next-generation-science-standards-for-states-by-states

Ανάπτυξη - Εφαρμογή - Αξιολόγηση μιας Σειράς Ανοικτών Διαδικτυακών Μαθημάτων σχετικά με τη Διερευνητική Μάθηση, για Εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

Ιωάννα Κυριακού[1], Ιωάννης Λεύκος[2]
[1]Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, [2]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό
Τμήμα Εκπαιδευτικής & Κοινωνικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
ite21026@uom.edu.gr

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια αρκετές μελέτες έχουν αναδείξει τη Διερευνητική Μάθηση (Inquiry Based Learning), ως μία από τις αποτελεσματικότερες παιδαγωγικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Παράλληλα, το Go-Lab (Global Online Science Labs for Inquiry Learning in Schools), έχει ως στόχο να διευκολύνει τη χρήση καινοτόμων τεχνολογιών μάθησης στην εκπαίδευση STEM, με ιδιαίτερη έμφαση στα διαδικτυακά εργαστήρια (Labs) και τη χρήση της διερευνητικής εκπαιδευτικής μεθόδου. Στη συγκεκριμένη εργασία επιχειρείται η περιγραφή και δημιουργία ενός προγράμματος επιμορφωτικής κατάρτισης στην διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας με τη χρήση του Go-Lab. Συγκεκριμένα εστιάζεται στην επιμόρφωση εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στη θεωρητική υποστήριξη και την εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου προσπαθώντας να αμβλύνει με αυτό τον τρόπο τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν, προτείνει καλές πρακτικές και διερευνά τους παράγοντες που επηρεάζουν τους εκπαιδευτικούς και τους αποτρέπουν από τη χρήση της στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας.

Abstract

Recent years, several studies have indicated that Inquiry Based Learning is one of the most effective pedagogical approaches in science teaching. At the same time, Global Online Science Labs for Inquiry Learning in Schools aims to facilitate the use of innovative teaching techniques in STEM education, with special emphasis on online Labs and the use of Inquiry Based Learning, In this specific work there is an attempt to describe and create a professional training program in Inquiry Based Learning with the use of Go-Lab. Specifically, the work focuses on the training of Primary Education teachers in theoretical support and application of Inquiry method, trying to blunt in this way the difficulties that teachers face suggest good practices and investigate factors that influence teachers and prevent them from using this kind of educational method in the framework of educational process.

Λέξεις κλειδιά: διερευνητική, επιμόρφωση, μάθηση
Key words: inquiry, training, study, Go-Lab, STEM

1. Εισαγωγή

Η έννοια της «διερεύνησης», γενικότερα, προσδιορίζεται με τρεις διακριτές αλλά αλληλένδετες κατηγορίες δραστηριότητας όπως, α) με το τι κάνουν οι επιστήμονες και με ποιες μεθόδους διερευνούν διάφορα φαινόμενα, χρησιμοποιώντας επιστημονικές μεθόδους με στόχο να εξηγήσουν τον φυσικό κόσμο, β) πώς εμπλέκονται οι μαθητές μέσω ερωτημάτων και συμμετέχοντας σε επιστημονικά πειράματα μιμούμενοι πρακτικές και διαδικασίες που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες και γ) μια παιδαγωγική, ή στρατηγική διδασκαλίας, που υιοθετείται από τους εκπαιδευτικούς και επιτυγχάνεται μέσω του σχεδιασμού μαθησιακών δραστηριοτήτων που επιτρέπουν στους μαθητές να παρατηρούν, να πειραματίζονται και να αναθεωρούν ό,τι είναι γνωστό υπό το φως των αποδεικτικών στοιχείων (Bruner, 2009).

Η διερευνητική μάθηση ορίζεται ως η διαρκής διαδικασία διάγνωσης προβλημάτων, κριτικής αντιμετώπισης πειραμάτων, διάκρισης οπτικών, σχεδιασμού ερευνών, διερεύνησης εικασιών και αναζήτησης πληροφοριών (Bolte et al., 2012˙ Minner et al., 2010).

Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης που πραγματοποιήθηκε, σε σχετικές έρευνες προέκυψαν αρκετά θέματα και προβληματισμοί αναφορικά με την διερευνητική μέθοδο και την επαγγελματική κατάρτιση των εκπαιδευτικών. Συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί ενώ πρέπει να καθοδηγούν τους μαθητές ώστε να διαδραματίσουν ενεργό ρόλο στη διαδικασία της μάθησης εντός και εκτός της τάξης, με στόχο την καλλιέργεια της κριτικής σκέψης (Hosnan, 2014) και να αποδώσουν μεγάλη σημασία στην αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών για τη βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας (Barton & Haydn, 2006) συναντούν σημαντικές δυσκολίες στην προσπάθεια τους (Lei, 2009˙ Valtonen et al., 2011). Σε άλλες έρευνες προκύπτει ότι ακόμη και οι επιμορφώσεις των εκπαιδευτικών στην ανάπτυξη δεξιοτήτων των εκπαιδευτικών σε συγκεκριμένα εκπαιδευτικά εργαλεία δεν αποδίδουν τα αναμενόμενα οφέλη (Jimoyiannis, 2008).

Άλλοι ερευνητές έχουν εστιάσει και έχουν αναδείξει την επαγγελματική κατάρτιση των εκπαιδευτικών ως απαραίτητη, με σκοπό την βελτίωση των εκπαιδευτικών τους ικανοτήτων γενικότερα αλλά και ειδικότερα. (Avalos, 2011˙ Capps et al., 2012˙ Darling-Hammond & Richardson, 2009˙ Shaharabani & Tal, 2017).

Συμπληρωματικά, αναδεικνύεται ότι λίγοι εκπαιδευτικοί έχουν την ευκαιρία να συμμετάσχουν σε αντίστοιχα προγράμματα με αντικείμενο την διερεύνηση, ενώ ακόμα και οι πιο καταρτισμένοι εκπαιδευτικοί με υψηλά προσόντα έχουν ελάχιστη γνώση αναφορικά με την εφαρμογή της διερευνητικής εκπαιδευτικής μεθόδου (Akuma & Callaghan, 2019˙ Chichekian & Shore, 2016˙ Tsaliki et al., 2016).

Έρευνες αναδεικνύουν το γεγονός ότι πολλοί εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν προκλήσεις στη διδασκαλία της διερευνητικής μάθησης ή είναι απροετοίμαστοι σε μεγάλο βαθμό για την εφαρμογή της (Melville et al., 2013). Παράλληλα, η έλλειψη εμπειρίας, η έλλειψη επιμόρφωσης για την κατανόηση της μεθόδου διαμορφώνουν σε ανάγκη ζωτικής σημασίας τη δημιουργία προγραμμάτων επαγγελματικής κατάρτισης (Capps et al., 2012).

Η εκπαιδευτική διαδικασία βάσει διερεύνησης φιλοδοξεί να εμπλέξει τους μαθητές σε μια αυθεντική επιστημονική διαδικασία ανακάλυψης. Από παιδαγωγική άποψη, η σύνθετη επιστημονική διαδικασία χωρίζεται σε μικρότερες, λογικά συνδεδεμένες ενότητες που καθοδηγούν τους μαθητές και εφιστούν την προσοχή σε σημαντικά χαρακτηριστικά της επιστημονικής σκέψης. Αυτές οι μεμονωμένες μονάδες ονομάζονται φάσεις έρευνας και το σύνολο των συνδέσεών τους σχηματίζει έναν κύκλο διερεύνησης.

Η διερευνητική μέθοδος ποικίλλει ως προς το μέγεθος της αυτονομίας που δίνεται στους μαθητές, ενώ περιλαμβάνει διάφορες προσεγγίσεις, όπως τη δομημένη και καθοδηγούμενη από τον εκπαιδευτικό έρευνα-διερεύνηση και την ανοιχτή έρευνα κατευθυνόμενη από τους μαθητές. Η διερεύνηση ακολουθεί μια διαβάθμιση συνήθως σε τρία επίπεδα, αν και έχουν προταθεί πολλά μοντέλα: i) η δομημένη (structured inquiry), ii) η καθοδηγούμενη (guided inquiry) και iii) η ανοιχτή (open inquiry) (National Research Council [NRC], 2000˙ Zion & Mendelovici, 2012).

Ο διερευνητικός κύκλος με βάση τον οποίο δομούνται τα ηλεκτρονικά μαθήματα (ILS) έχει πολύ μεγάλη συνάφεια με τον κύκλο που προτείνεται στην επισκόπηση τους Pedaste et al. (2015) και περιλαμβάνει πέντε φάσεις: i) Προσανατολισμό, ii)Εννοιολόγηση, iii) Ερευνα,iv) Συμπέρασμα, και v) τη Συζήτηση.

Αντίστοιχα, με το Go-Lab (Global Online Science Labs for Inquiry Learning in Schools), το οποίο προέκυψε από το επιτυχημένο έργο Go-Lab (2012-2016), οι εκπαιδευτικοί μπορούν να βρουν διάφορα Εργαστήρια και Εφαρμογές και να δημιουργήσουν προσαρμοσμένους χώρους και σενάρια διερευνητικής μάθησης. Στο Go-Lab ο διερευνητικός κύκλος των πέντε φάσεων είναι ενσωματωμένος και υποστηρίζεται μέσω των εργαλείων αυτού.

Με δεδομένες τις παραπάνω προκλήσεις το αντικείμενο της εργασίας και η πρωτοτυπία αυτής είναι η περιγραφή και δημιουργία ενός ταχύρρυθμου προγράμματος επιμορφωτικής κατάρτισης στην διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας με τη χρήση του Go-Lab. Πιο συγκεκριμένα το πρόγραμμα εστιάζεται στην επιμόρφωση εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, στη θεωρητική υποστήριξη και την εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου προσπαθώντας να αμβλύνει με αυτό τον τρόπο τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν, να προτείνει καλές πρακτικές και να διερευνήσει τους παράγοντες που επηρεάζουν τους εκπαιδευτικούς και τους αποτρέπουν από τη χρήση της στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας στην Ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα.

2. Μεθοδολογία

Ποσοτική και ποιοτική ανάλυση

Η έρευνα βασίζεται σε ποσοτική και ποιοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων της επιμόρφωσης και βρίσκεται υπό εξέλιξη. Συγκεκριμένα, το δείγμα αποτελείται από πενήντα (50) εκπαιδευτικούς Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης από σχολικές μονάδες της Θεσσαλίας. Αναφέρεται ότι οι εν λόγω εκπαιδευτικοί δεν διαθέτουν όλοι το ίδιο επίπεδο κατανόησης της διερευνητικής και ένα υποσύνολο αυτών ήταν αρχάριοι, ένα άλλο είχαν βασική ικανότητα κατανόησης στη διερεύνηση και ένα τρίτο διέθεταν προηγμένη ικανότητα.

Ερωτηματολόγια

Οι εκπαιδευτικοί απάντησαν σε ερωτηματολόγιο πριν την συμμετοχή τους στην επιμόρφωση (pre-assessment). Το ερωτηματολόγιο χρησιμοποιήθηκε αρχικά από τους Lotter et al., (2016) το οποίο στο εισαγωγικό μέρος περιλαμβάνει ερωτήσεις που αφορούν στην αποτύπωση των δημογραφικών στοιχείων του προφίλ των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών (τυπικά προσόντα, κ.α.).

Στο κύριο μέρος του ερωτηματολογίου υπάρχουν ερωτήματα σχετικά με τις απόψεις τους και την προϋπάρχουσα γνώση για την διερευνητική μάθηση και τις βασικές έννοιες και ορισμούς αυτής, αλλά και σχετικά με την ικανότητά τους να την διακρίνουν και να την εφαρμόζουν στην πράξη. Επιπλέον, υπάρχουν ερωτήματα σε άλλη ενότητα που αφορούν την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στην επόμενη ενότητα υπάρχουν ερωτήματα αναφορικά με την επαγγελματική κατάρτιση των εκπαιδευτικών. Τα ερωτήματα είναι κλειστού τύπου καθώς και Likert.

Μετά την ολοκλήρωση της επιμόρφωσης πρόκειται να δοθεί σχετικό ερωτηματολόγιο (post-assessment) με αντίστοιχες ερωτήσεις, προκειμένου να ανιχνευθούν οι πιθανές αλλαγές που συντελέστηκαν κατά τη διάρκεια της επιμόρφωσης.

Μεθοδολογία ανάλυσης δεδομένων ερωτηματολογίων

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε βασίστηκε στις εργασίες των Lotter et al. (2016) και των Papaevripidou et al. (2017) με στόχο την σύγκριση των αποτελεσμάτων, ενώ η διαφοροποίηση και η πρωτοτυπία αφορά στη διάρκεια της επιμόρφωσης και στο αντίστοιχο δείγμα. Η ανάλυση των δεδομένων των ερωτηματολογίων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την μέθοδο: “Constant comparative method” του (Glaser & Strauss, 1967) σε αντιστοιχία με τους Lotter et al. (2016) και Papaevripidou et al. (2017). Η εν λόγω μέθοδος, μέσα από συνεχείς συγκρίσεις των δεδομένων ουσιαστικά οδηγεί στο να προκύψει μια ουσιαστική θεωρία. Συγκεκριμένα, οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών στα διάφορα εργαλεία συλλογής δεδομένων ταξινομήθηκαν σύμφωνα με ένα σχήμα αξιολόγησης τριών επιπέδων αναφορικά με την ικανότητα διερεύνησης που κατέχουν, δηλαδή, ικανότητα διερεύνηση αρχαρίων, βασική διερεύνηση και προηγμένη διερεύνηση και ως στόχος ήταν η βελτίωση του επιπέδου αυτών.

Συνεντεύξεις

Με στόχο την περαιτέρω επικύρωση των απαντήσεων των ερωτηματολογίων σχεδιάστηκε η διενέργεια προσωπικών συνεντεύξεων με 10-15 συμμετέχοντες εκπαιδευτικούς και τα αποτελέσματα αυτών θα αξιολογηθούν με παρόμοιο τρόπο.

Ταχύρρυθμο Επιμορφωτικό πρόγραμμα

Σχετικά με το επιμορφωτικό πρόγραμμα σχεδιάστηκε η πραγματοποίηση είκοσι (20) ωρών σε μορφή βιντεοδιαλέξεων (ασύγχρονα). Ειδικότερα, στην ενότητα 1 γίνεται η εισαγωγή στο θέμα και παρουσιάζεται η αναγκαιότητα και οι στόχοι της επιμόρφωσης.

Στην ενότητα 2 γίνεται η παρουσίαση των βασικών εννοιών της διερεύνησης ενώ στην ενότητα 3 παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά του Go-LAB και οι μεγάλες ιδέες (τομείς) της επιστήμης. Στην επόμενη ενότητα 4 παρουσιάζεται η διερευνητική μάθηση ως εκπαιδευτική προσέγγιση ενώ στην ενότητα 5 παρουσιάζεται η διαδικασία σχεδιασμού ενός ILS και ενός σεναρίου. Στην εν λόγω επιμόρφωση, πέραν των βίντεο διαλέξεων, υπάρχουν και βιβλιογραφικές αναφορές με σκοπό την ασύγχρονη πρόσβαση των εκπαιδευτικών, προκειμένου να μπορούν να επανέλθουν σε δεύτερο χρόνο και να εμβαθύνουν.

Στο τέλος της κάθε ενότητας υπάρχουν ερωτήσεις αυτοαξιολόγησης, μέσω των οποίων ο εκπαιδευτικός έχει τη δυνατότητα να ελέγξει αν έχει κατακτήσει τη γνώση και να μεταβεί στην επόμενη ή να παρακολουθήσει εκ νέου την ενότητα.

Τέλος, οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί με το πέρας της επιμόρφωσης προβλέφθηκε να καταθέσουν ένα σενάριο μαθήματος βασισμένο στην διερευνητική προσέγγιση.

3. Αποτελέσματα

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί τελικά μέσω της επιμόρφωσης να: α) βελτιώσει τη στάση των εκπαιδευτικών αναφορικά με την εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου μέσα στην εκπαιδευτική διαδικασία, β) αφετέρου να αξιολογήσει τις απόψεις των εκπαιδευτικών για τη διερευνητική μάθηση όπως επίσης και γ) να αποτιμήσει τον τρόπο με τον οποίο αξιοποιούν-ενσωματώνουν τη διερευνητική μάθηση στα διδακτικά τους σενάρια.

Η έρευνα που διεξάγεται είναι μικρής διάρκειας και αποτελεί μια μελέτη περίπτωσης, επομένως τα αποτελέσματά της είναι χρήσιμα και αξιοποιήσιμα με βάση τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που προέκυψαν. Για παράδειγμα τα μαθησιακά σενάρια που αναπτύχθηκαν από τους εκπαιδευτικούς, μπορούν μετά την αξιολόγηση τους να χρησιμοποιηθούν ως καλές πρακτικές από την ευρύτερη εκπαιδευτική κοινότητα. Αντίστοιχα, μέσω των αποτελεσμάτων θα διαφανεί αν η επιμόρφωση λειτούργησε θετικά προς τους εκπαιδευτικούς, εξελίσσοντας τους, με στόχο την χρήση της μεθόδου στην τάξη.

Η διεξαγωγή αυτής της έρευνας είναι επίκαιρη λόγω της συνεχής και μεγάλης ερευνητικής δραστηριότητας στο αντικείμενο της διερευνητικής μάθησης και των διαφόρων προβλημάτων που δυσχεραίνουν την εφαρμογή της. Ταυτόχρονα, είναι ωφέλιμη καθώς με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στη χρήση της διερευνητικής μεθόδου μέσω του Go-Lab μπορεί να βελτιωθεί το αίσθημα ικανοποίησης και μέσω της κατάρτισης τους να χρησιμοποιήσουν τις νεοαποκτηθείσες γνώσεις στην εκπαιδευτική διαδικασία με περισσότερη ευκολία (Lotter et al., 2016), είτε αυτή πρόκειται για δια ζώσης είτε εξ αποστάσεως, κάτι που θα βελτιώσει την εκπαιδευτική διαδικασία και θα μεγιστοποιήσει κατά συνέπεια τα οφέλη των μαθητών.

4. Συμπεράσματα

Στα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να συζητηθούν οι πιθανοί λόγοι για τους οποίους κάποιοι από τους εκπαιδευτικούς βελτίωσαν τις απόψεις και τις γνώσεις τους για τη διερευνητική μάθηση, καθώς και για την ενσωμάτωση των παραπάνω γνώσεων στο

σχεδιασμό των σεναρίων τους. Επιπλέον θα επιχειρηθεί διερεύνηση της πιθανής εξάρτησης των παραπάνω χαρακτηριστικών. Τα ευρήματα μπορούν να αξιοποιηθούν από άλλους ερευνητές, καθώς και να συγκριθούν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών.

Παράλληλα, ως μελλοντική έρευνα προτείνεται η πρακτική εφαρμογή της επιμόρφωσης στην τάξη από μια μικρή ομάδα (5-10) εκπαιδευτικών, όπου μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής μέσα στην εκπαιδευτική διαδικασία θα πραγματοποιηθεί σχετική έρευνα αποτελεσματικότητας.

5. Βιβλιογραφία

Akuma, F. V., & Callaghan, R. (2019). A systematic review characterizing and clarifying intrinsic teaching challenges linked to inquiry-based practical work. *Journal of Research in Science Teaching, 56*(5), 619-648. https://doi.org/10.1002/tea.21516

Avalos, B. (2011). Teacher professional development in teaching and teacher education over ten years. *Teaching and Teacher Education, 27*(1), 10-20. https://doi.org/10.1016/j.tate.2010.08.007

Barton, R., & Haydn, T. (2006). Trainee teachers' views on what helps them to use information and communication technology effectively in their subject teaching. *Journal of Computer Assisted Learning, 22*, 257–272. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00175.x

Bolte, C., Streller, S., Holbrook, J., Rannikmae, M., Mamlok Naaman, R., Hofstein, A., & Rauch, F. (2012): PROFILES: Professional Reflection-Oriented Focus on Inquiry-based Learning and Education through Science. *Proceedings of the European Science Educational Research Association (ESERA),* Lyon, France.

Bruner, J. S. (2009). *The process of education*. Harvard University Press.

Capps, D. K., Crawford, B. A., & Constas, M. A. (2012). A review of empirical literature on inquiry professional development: Alignment with best practices and a critique of the findings. *Journal of Science Teacher Education, 23*(3), 291-318. https://doi.org/10.1007/s10972-012-9275-2

Chichekian, T., & Shore, B. M. (2016). Preservice and practicing teachers' self-efficacy for inquiry-based instruction. *Cogent Education, 3*(1), 1236872. https://doi.org/10.1080/2331186X.2016.1236872

Darling-Hammond, L., & Richardson, N. (2009). Research review/teacher learning: What matters? *Educational Leadership, 66*(5), 46–55. https://outlier.uchicago.edu/computerscience/OS4CS/landscapestudy/resources/Darling-Hammond-and-Richardson-2009.pdf

Glaser, B., & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory*. New York: Aldine de Gruyter.

Hosnan, K. (2014). *Scientific and Contextual Approach in the 21st Century Learning*. Ghalia Indonesia, Bogor.

Jimoyiannis, A. (2008). Factors determining teachers' beliefs and perceptions of ICT in education. Στο A. Cartelli, & M. Palma (Επιμ.), *Encyclopedia of information communication technology* (σ. 321–334). Hershey, PA: IGI Global.

Lei, J. (2009). Digital natives as preservice teachers: what technology preparation is needed? *Journal of Computing in Teacher Education, 25(*3), 87–97.

Lotter, C., Smiley, W., Thompson, S., & Dickenson, T. (2016). The impact of a professional development model on middle school science teachers' efficacy and implementation of inquiry. *International Journal of Science Education 38*(18), 2712–2741. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1259535

Melville W., Bartley A., & Fazio X. (2013) Scaffolding the Inquiry Continuum and the Constitution of Identity. *International Journal of Science and Mathematics Education, 11* 1255–73. https://doi.org/10.1007/s10763-012-9375-7

National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the National Science education Standards*. Washington, D.C: National Academy Press.

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction - what is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching, 47*, 474-496. https://doi.org/10.1002/tea.20347

Papaevripidou, M., Irakleous, M., & Zacharia, Z. C. (2017). Designing a Course for Enhancing Prospective Teachers' Inquiry Competence. Στο K. Hahl, K. J. Lampiselkä, J. Lavonen & A. Uitto (Επιμ.), *Cognitive and Affective Aspects in Science Education Research,* σ. 263–278. Springer Science and Business Media B.V.

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A. N., Kamp, E. T., Manoli C. C., Zacharia Z. C. & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, *14*, 47-61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Shaharabani, Y. F., & Tal, T. (2017). Teachers' practice a decade after an extensive professional development program in science education. *Research in Science Education, 47*(5), 1031-1053. https://doi.org/10.1007/s11165-016-9539-5

Tsaliki, C., Malandrakis, G., Zoupidis, A., Karnezou, M., & Kariotoglou, P. (2016). *Science teachers' profile changes concerning non-formal education design*. Στο J. Lavonen, K. Juuti, J. Lampiselka, A. Uitto, & K. Hahl (Επιμ.), *Electronic proceedings of the ESERA 2015 conference. Science education research: Engaging learners for a sustainable future, Part 14* (συνεπιμ. A. Berry & D. Couso) (σ. 2370-2377). University of Helsinki.

Valtonen, T., Pöntinen, S., Kukkonen, J., Dillon, P., Väisänen, P., Hacklin, S. (2011). Confronting the technological pedagogical knowledge of Finnish net generation student teachers. *Technology, Pedagogy and Education, 20*(1), 1–16.

Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits, *Science Education International 23*(4), 383–399.

Το Διερευνητικό Μοντέλο Διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες: Απόψεις και Δυσκολίες στην Εφαρμογή του Μοντέλου από Προϋπηρεσιακούς Εκπαιδευτικούς

Φωτεινή Μαρή[1], Κωνσταντίνα Στεφανίδου[2]

[1]Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, [2]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
maris.fotini@gmail.com

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται έρευνα στις απόψεις τελειόφοιτων του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί) σχετικά με την αξία του Διερευνητικού Μοντέλου Διδασκαλίας καθώς και στην εξέλιξη των απόψεων αυτών μετά από την συμμετοχή τους σε ένα κατάλληλα δομημένο εργαστήριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών. Η έρευνα είναι σε εξέλιξη, ωστόσο υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι οι φοιτητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην εφαρμογή του μοντέλου, και συγκεκριμένα στη διατύπωση διδακτικών στόχων και ερευνητικών ερωτημάτων, αλλά και στο σχεδιασμό δραστηριοτήτων που ακολουθούν το ΔΜΔ.

Abstract

In the present paper, we present our research on student teachers' ideas of the National and Kapodistrian University of Athens (pre-service teachers) on the value of Inquiry Based Learning and the evolution of these ideas, after their participation in an appropriately designed Science Education laboratory. The research is work in progress, however, there is strong evidence that pre-service teachers have difficulties in applying IBL and more precisely in defining research questions and lesson plan goals and in designing appropriate activities that follow IBL guidelines.

Λέξεις κλειδιά: αντιλήψεις προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών, διδακτική φυσικών επιστημών, διερευνητική διδασκαλία και μάθηση

Key words: pre-service teachers' ideas, teachers' science education, inquiry based learning

1. Εισαγωγή

Το Διερευνητικό Μοντέλο Διδασκαλίας (ΔΜΔ) και μάθησης (Inquiry Based Teaching and Learning, IBL) κατέχει θέση στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες περίπου έναν αιώνα. Στο πλαίσιο του ΔΜΔ δίνεται έμφαση όχι μόνο στο περιεχόμενο της επιστήμης, (γνωστικοί στόχοι) αλλά και στην αντιμετώπιση της επιστήμης ως γενικότερο τρόπο σκέψης και θέασης του κόσμου, με έμφαση στην καλλιέργεια δεξιοτήτων επιστημονικού γραμματισμού, οι οποίες εφοδιάζουν τους εκπαιδευόμενους με την ικανότητα να αντιμετωπίζουν κριτικά όσα συμβαίνουν στον κόσμο και να αποτελούν ενεργά μέλη αυτού. Συνεπώς, το ενδιαφέρον στο χώρο της Διδακτικής Φυσικών Επιστημών μετατίθεται από την αποκλειστική έμφαση στο περιεχόμενο, στην απόδοση έμφασης και στην ερευνητική μεθοδολογία, καθώς η επιστήμη είναι πολύ περισσότερα από σώμα γνώσης που πρέπει να απομνημονευτεί. Η μελέτη της επιστήμης εμπεριέχει ακόμα τη μελέτη των διαδικασιών και μεθόδων της. Το ΔΜΔ προβλέπει και ενισχύει την εμβάθυνση των μαθητών όχι μόνο στο περιεχόμενο αλλά και στη φύση της επιστημονικής έρευνας (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021). Τα κυριότερα στάδια εφαρμογής του μοντέλου είναι η εμπλοκή, η διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος- υπόθεσης, δηλαδή

του "προβλήματος προς επίλυση", το οποία είναι μία "προσεγμένη εικασία"- απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα, ο πειραματικός σχεδιασμός και οι σχετικές διαδικασίες συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα (Bybee et al., 2006).

Η εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών στο ΔΜΔ αφορά στη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών μέσω διερεύνησης και στη διδασκαλία του τρόπου με τον οποίο διδάσκονται οι φυσικές επιστήμες μέσω διερεύνησης. Πιο συγκεκριμένα, η πρώτη προσέγγιση αφορά εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες μέσα σε πλαίσιο όχι απλώς εργαστηριακό, αλλά διαμορφωμένο κατάλληλα ώστε να καλλιεργεί ρεαλιστικές συνθήκες επιστημονικής έρευνας. Η δεύτερη αφορά στοχευμένη επιμόρφωση στον τρόπο με τον οποίο η διδασκαλία προσαρμόζεται στις ανάγκες και τους στόχους της εκπαιδευτικής επιστημονικής διερεύνησης (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021). Η παρούσα έρευνα αποτελεί συνέχεια αντίστοιχης έρευνας των Stefanidou et al. (2020). Υπάρχει, επίσης, σχετική έρευνα που αφορά τις ιδέες των εκπαιδευτικών προσχολικής εκπαίδευσης (Zoupidis et al., 2021). Προκειμένου να είναι αποτελεσματική η διδασκαλία Φυσικών Επιστημών, μέσω του ΔΜΔ και τα διδακτικά σενάρια των εκπαιδευτικών να αναπτυχθούν στο μέγιστο δυνατό βαθμό, είναι αναγκαία η προσεκτική και κριτική καθοδήγηση των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών κατά τη δημιουργία των διδακτικών τους σεναρίων (Han et al., 2017). Σε αυτή τη κατεύθυνση, στο πλαίσιο αυτής της εργασίας κρίνεται σκόπιμο να ερευνηθούν οι απόψεις των προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών σχετικά με το ΔΜΔ και να μελετηθούν οι δυσκολίες που αυτοί αντιμετωπίζουν.

2. Μεθοδολογία

Η έρευνα διεξήχθη στο πλαίσιο του Εργαστηρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών τελειόφοιτων του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης (ΠΤΔΕ) του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ), κατά το εαρινό εξάμηνο του ακαδημαϊκού έτους 2021- 2022. Το δείγμα είναι βολικό και αποτελείται από 65 φοιτητές/φοιτήτριες εκ των οποίων 57 γυναίκες και 8 άνδρες. Οι φοιτητές/προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί έχουν εμπειρία, ήδη από το δεύτερο έτος σπουδών στο σχεδιασμό εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων και σεναρίων, με κατάλληλη δομή, στοχοθεσία και θεωρητική βάση και έχουν παρακολουθήσει επιτυχώς μαθήματα πρακτικής άσκησης. Επιπλέον, στο ίδιο εξάμηνο με το Εργαστήριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών πραγματοποιείται το υποχρεωτικό για τους τελειόφοιτους μάθημα Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, το οποίο δομείται γύρω από το ΔΜΔ και σε προηγούμενα έτη έχουν παρακολουθήσει επιτυχώς τα μαθήματα Φυσικής, Βιολογίας και Γεωγραφίας, με τα αντίστοιχα εργαστήρια.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας έχουν ως εξής:

1. Ποιες είναι οι απόψεις των φοιτητών/προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών για το ΔΜΔ;
2. Ποιες είναι οι δυσκολίες των φοιτητών/ προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών στην εφαρμογή του ΔΜΔ;
3. Σχετίζονται οι δυσκολίες αυτές με την προς διδασκαλία θεματική (διδαχθείσα ή μη διδαχθείσα κατά τη διδακτική παρέμβαση);
4. Ταυτίζονται οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι φοιτητές/προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί με τις δυσκολίες που οι ίδιοι θεωρούν ότι έχουν;

Επιλέχθηκαν τα παραπάνω ερευνητικά ερωτήματα προκειμένου να διερευνηθεί τόσο η φύση των δυσκολιών στην εφαρμογή του ΔΜΔ, όσο και η εικόνα που οι ίδιοι έχουν επί των δυσκολιών, προκειμένου σε δεύτερο χρόνο, μεταγενέστερο της έρευνας, να δίνεται η βέλτιστη δυνατή καθοδήγηση και στήριξη.

Η δομή του Εργαστηρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, το οποίο θεωρούμε ως διδακτική παρέμβαση, και παρακολούθησαν οι φοιτητές, έχει ως εξής: Αποτελείται από 4 συναντήσεις διάρκειας 90' με θεματικές:

1. Διδακτικές προσεγγίσεις Φ.Ε.
2. Φύση της Επιστήμης
3. Ηλεκτρομαγνητισμός και
4. Φωτοσύνθεση.

Στην πρώτη συνάντηση, κατά την οποία παρουσιάστηκαν συνοπτικά διδακτικές προσεγγίσεις των Φυσικών Επιστημών, αναλύθηκαν τα επιμέρους στάδια της επιστημονικής μεθόδου, ο τρόπος διατύπωσης διδακτικών στόχων και τα τέσσερα επίπεδα διερεύνησης και δόθηκαν στοχευμένα, αναλυτικά παραδείγματα επί αυτών. Στη δεύτερη συνάντηση αναπτύχθηκαν οι εννιά πτυχές της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ) (McComas et al., 1998) μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένο υλικό. Η εργαστηριακή αυτή συνάντηση αφιερώθηκε στη διδασκαλία της ΦτΕ μιας και αρκετά στοιχεία της ΦτΕ είναι στενά συνυφασμένα με το ΔΜΔ (εμπειρικός χαρακτήρας της επιστήμης, επιστημονική μέθοδος, κλπ) (McComas et al., 1998). Στην τρίτη εργαστηριακή συνάντηση, ακολουθώντας το ΔΜΔ, οι φοιτητές εργάστηκαν σε ομάδες στην ενότητα του ηλεκτρομαγνητισμού. Συγκεκριμένα, οι φοιτητές μελέτησαν «φαινόμενα από τον ηλεκτρισμό στο μαγνητισμό» και αντίστροφα. Στην τέταρτη και τελευταία εργαστηριακή άσκηση, εργαζόμενοι με το ΔΜΔ, οι φοιτητές διερεύνησαν τους παράγοντες που επηρεάζουν τη φωτοσύνθεση. Η τρίτη και η τέταρτη εργαστηριακή άσκηση αφορούσαν την εφαρμογή του ίδιου μοντέλου (ΔΜΔ) σε δύο διαφορετικά πλαίσια- θεματικές, αλλά ήταν ανεξάρτητη η μία από την άλλη.

Στο κάθε εργαστηριακό τμήμα συμμετέχουν 22-23 φοιτητές/φοιτήτριες και είναι οργανωμένοι σε υποομάδες εργασίας των 4-5 ατόμων. Το εργαστήριο βασίζεται στη διδασκαλία με βάση το Διερευνητικό Μοντέλο Διδασκαλίας και Μάθησης και οι φοιτητές, αφού εκπαιδεύτηκαν στον τρόπο εργασίας με βάση το μοντέλο, σχεδίασαν το δικό τους εκπαιδευτικό υλικό, το οποίο είναι διδακτικά σενάρια, σχετικά με τις ζητούμενες θεματικές. Πριν από κάθε συνάντηση, οι φοιτητές μελετούν δοσμένο, σχετικό με την διδαχθείσα ενότητα υλικό, ώστε να είναι προετοιμασμένοι για την επεξεργασία της κάθε θεματικής στο εργαστήριο. Οι δύο πρώτες θεματικές προσεγγίζονται στην ολομέλεια του εργαστηρίου και οι δύο ακόλουθες με εργασία στις υποομάδες, με την κάθε μία να έχει τον δικό της εξοπλισμό στον πάγκο της. Ως εργασία, ζητήθηκαν διδακτικά σενάρια διάρκειας δύο ωρών για τις θεματικές "Φύση της Επιστήμης", "Ηλεκτρομαγνητισμός" και "Φως", με τις δύο πρώτες να είναι διδαγμένες στο εργαστήριο και την τρίτη όχι, προκειμένου να εξεταστούν οι σχετικές συσχετίσεις, αναφορικά με τον σχεδιασμό διδακτικών σεναρίων σε διδαχθείσα ή μη διδαχθείσα στο εργαστήριο ενότητα. Τα διδακτικά σενάρια παραδίδονταν σε εμάς σταδιακά κατά τη διάρκεια του εργαστηρίου, με κάθε σενάριο να παραδίδεται στην αμέσως επόμενη συνάντηση από εκείνη της διδασκαλίας της θεματικής και στην μεθεπόμενη συνάντηση δίνονταν γενικές διορθώσεις και παρατηρήσεις. Από τα τρία διδακτικά σενάρια μελετάμε μόνο τα δύο, με θεματικές "Ηλεκτρομαγνητισμός" και "Φως", διότι αυτά μας αφορούν στην παρούσα εργασία. Μετά το πέρας όλων των ασκήσεων, έγινε μία γενική διορθωτική συνάντηση, όπου υπήρχε η δυνατότητα κάθε φοιτητής να συζητήσει αναλυτικά μαζί μας και για τα τρία σενάριά του, αλλά δεν συλλέχθηκε αξιοποιήσιμο υλικό από τη συνάντηση αυτή.

Δια μέσου των εργαστηριακών ασκήσεων, αναμένεται οι φοιτητές/προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί να εξοικειωθούν περεταίρω με κάποια στοιχεία του μοντέλου και να ερευνηθεί το κατά πόσο είναι σε θέση, ως τελειόφοιτοι παιδαγωγικού τμήματος και έπειτα από όσα έχουν διδαχθεί σε μαθήματα διδακτικής να ακολουθήσουν και το ΔΜΔ, το οποίο στοχευμένα διδάσκονται στο Εργαστήριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και το αντίστοιχο θεωρητικό μάθημα (Eick & Reed, 2002).

Σε ό,τι αφορά τη συλλογή δεδομένων, οι φοιτητές συμπληρώνουν ένα ερωτηματολόγιο κατά την έναρξη των εργαστηριακών συναντήσεων και ένα ίδιο μετά την ολοκλήρωσή τους, σχετικά με τις ιδέες και τις στάσεις τους για το ΔΜΔ και παραδίδουν διδακτικά σενάρια, τα οποία μελετώνται και αναλύονται προκειμένου να διερευνηθούν οι αντιλήψεις και η δυνατότητα σχεδιασμού διδακτικών σεναρίων ΔΜΔ από τους φοιτητές/προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς. Τα δύο ερωτηματολόγια, έναρξης και λήξης, μας τροφοδοτούν με δεδομένα

σχετικά με τις στάσεις τους απέναντι στο ΔΜΔ, οι οποίες εξετάζονται στο 1ο και στο 4ο ερευνητικό ερώτημα. Η ανάλυση των διδακτικών σεναρίων μας τροφοδοτεί με δεδομένα σχετικά με τις δυσκολίες που έχουν στο σχεδιασμό των διδακτικών σεναρίων και εξετάζεται στο 2ο ερευνητικό ερώτημα, ενώ η σύγκρισή τους μας τροφοδοτεί με δεδομένα σχετικά με τη συσχέτιση των δυσκολιών με το γεγονός αν η θεματική του διδακτικού σεναρίου είναι διδαχθείσα ή μη διδαχθείσα στο πλαίσιο της διδακτικής μας παρέμβασης και εξετάζεται στο 3ο ερευνητικό ερώτημα.

Σε ό,τι αφορά το ερωτηματολόγιο, αποτελείται από έξι ενότητες ερωτήσεων, εκ των οποίων οι πέντε είναι κλειστού τύπου σε κλίμακα Likert και η μία ανοιχτού τύπου. Οι ερωτήσεις κλειστού τύπου αφορούν τη συχνότητα εφαρμογής στοιχείων του ΔΜΔ από τους μαθητές, τη συχνότητα εφαρμογής πρακτικών του ΔΜΔ από τους εκπαιδευτικούς κατά την εισαγωγή νέου θέματος, ιδέες/στάσεις σχετικές με την εκπαίδευση εκπαιδευτικών στο ΔΜΔ, τη συχνότητα και τον τρόπο εφαρμογής του ΔΜΔ και τις δυσκολίες κατά την εφαρμογή του. Η ανοιχτού τύπου ερώτηση αφορά συγκεκριμένα προβλήματα που ο φοιτητής/προϋπηρεσιακός εκπαιδευτικός θεωρεί ότι θα έχει κατά την εφαρμογή του ΔΜΔ. Το ερωτηματολόγιο βασίστηκε στο υλικό του PRIMAS project: Promoting inquiry-based learning (IBL) in mathematics and science education across Europe (2013), το οποίο αφού μεταφράστηκε στα Ελληνικά, προσαρμόστηκε κατάλληλα, ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες, τη δομή και τους περιορισμούς της συγκεκριμένης έρευνας. Συγκεκριμένα, περιορίστηκε η έκτασή του και παραφράστηκε, ώστε οι ερωτήσεις να αφορούν δυνητική μάθηση με τη βάση το ΔΜΔ και προσδοκία χρήσης του, όταν οι φοιτητές/προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί γίνουν εν ενεργεία εκπαιδευτικοί και όχι καταγραφή πραγματικών γεγονότων και συχνοτήτων. Δηλαδή, οι φοιτητές/προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί απάντησαν σε ερωτήσεις για το πόσο συχνά έχουν την πρόθεση να εφαρμόζουν το ΔΜΔ και όχι για το πόσο συχνά το εφαρμόζουν στην πράξη, όπως στόχευε να ερευνήσει το πρωτότυπο ερωτηματολόγιο, αφού δεν έχουν μεγάλη εμπειρία σχολικής τάξης.

Όσον αφορά την ανάλυση των διδακτικών σεναρίων, εξετάζονται:

1. αν διατυπώνονται διδακτικοί στόχοι και το κατά πόσο αυτοί είναι ελέγξιμοι και αφορούν ερευνητικό ερώτημα,
2. αν ακολουθείται η δομή του ΔΜΔ,
3. αν διατυπώνονται υποθέσεις,
4. αν μπορούν να ελεγχθούν πειραματικά οι υποθέσεις και
5. αν συνδέονται οι υποθέσεις με τους διδακτικούς στόχους.

Για την επεξεργασία των δεδομένων, εφαρμόζεται τόσο ποιοτική μέθοδος ανάλυσης περιεχομένου των διδακτικών σεναρίων όσο και ποσοτική ανάλυση των απαντήσεων των κλειστών ερωτήσεων του ερωτηματολογίου (Gay et al., 2012).

3. Αποτελέσματα

Καθώς η ανάλυση των δεδομένων είναι ακόμα σε εξέλιξη, τα αποτελέσματα και η εύρεση συσχετίσεων δεν είναι ακόμα πλήρως αναπτυγμένα. Ωστόσο, μέχρι στιγμής, εντοπίζεται δυσκολία στην συνειδητή ακολουθία των βημάτων του ΔΜΔ, αλλά και γενικότερα της επιστημονικής μεθοδολογίας. Επιπλέον, σημαντική δυσκολία εντοπίζεται στη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων και κατάλληλης στοχοθεσίας. Επίσης, στην ανοιχτού τύπου ερώτηση του ερωτηματολογίου, η οποία συνδέεται με το 4ο ερευνητικό ερώτημα και συγκεκριμένα με τις δυσκολίες που οι φοιτητές/προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί θεωρούν ότι θα έχουν κατά την εφαρμογή του ΔΜΔ, όταν το εφαρμόσουν στην τάξη, δηλώνονται κυρίως δυσκολίες λόγω περιορισμένου διαθέσιμου χρόνου για την εφαρμογή του και δυσκολίες λόγω περιορισμένων πόρων και ελλιπούς κατάρτισης του εκπαιδευτικού, αλλά όχι δυσκολίες στη διατύπωση διδακτικών στόχων ή ακολούθησης δομής ΔΜΔ, ενδείξεις των οποίων έχουμε ήδη εντοπίσει. Επομένως, η αυτοεικόνα περί δυσκολιών εφαρμογής του ΔΜΔ φαίνεται να είναι λανθασμένη. Επιπλέον, η επίκληση δυσκολιών πλαισίου, οι οποίες δηλώνονται από εν

ενεργεία εκπαιδευτικούς, αλλά υιοθετούνται άκριτα και από προϋπηρεσιακούς έχει καταγραφεί στη βιβλιογραφία και ορίζεται ως "teachers lore" (Barnett & Hodson, 2001˙ Schubert, 2012). Αποτελέσματα που να αφορούν τις συσχετίσεις των δυσκολιών των φοιτητών ανάλογα με τη θεματική και καθώς και συσχετίσεις των δυσκολιών που προέκυψαν από την ανάλυση περιεχομένου των διδακτικών σεναρίων με τις κατά δήλωση δυσκολίες των φοιτητών σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο αναμένεται να συναχθούν.

4. Συμπεράσματα

Καθώς η έρευνα είναι ακόμα εν εξελίξει, δεν έχουν συναχθεί τα καταληκτικά συμπεράσματα. Ωστόσο, μέχρι στιγμής είναι εμφανής η δυσκολία εφαρμογής του μοντέλου από τους φοιτητές / προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς και η ανάγκη υποστήριξης τους κατά την παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού με βάση το ΔΜΔ.

5. Βιβλιογραφία

Σκορδούλης, Κ., & Στεφανίδου Κ. (2021). *Διδακτική Μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών: Θεωρία και Πρακτική*. Προπομπός. ISBN: 978-618-5036-69-0

Barnett, J., Hodson, D. (2001). Pedagogical Context Knowledge: Toward a Fuller Understanding of What Good Science Teachers Know, *Science Teacher Education*, *85*(4), 426-453. https://doi.org/10.1002/sce.1017

Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A., and Landes N. (2006). *The BSCS 5E Instructional model: Origins, effectiveness, and applications*. Colorado Springs, CO: BSCS. Ανακτήθηκε από: https://www.bates.edu/research/files/2018/07/BSCS_5E_Executive_Summary.pdf

Eick, C., Reed, C. (2002). What Makes an Inquiry-Oriented Science Teacher? The Influence of Learning Histories on Student Teacher Role Identity and Practice, *Science Education, 86*(3), 401–416. https://doi.org/10.1002/sce.10020

Gay, L. R., Mills, E., Airasian, P., (2012) *Educational Research: Competencies for Analysis and Applications*. Pearson Education, Inc. ISBN 13: 978-0-13-261317-0

Han, S., Blank, J, & Berson, I. (2017). To Transform or to Reproduce: Critical Examination of Teacher Inquiry Within Early Childhood Teacher Preparation. *Journal of Early Childhood Teacher Education, 38* (4), 308–325. https://doi.org/10.1080/10901027.2017.1393643

McComas, W. F., Almazroa, H., Clough, M. (1998). The Nature of Science in Science Education: An Introduction, *Science & Education, 7*, 511-532. https://doi.org/10.1023/A:1008642510402

Stefanidou, C., Stavrou, I., Kyriakou, K., & Skordoulis, C. (2020). Inquiry-based Teaching and Learning in the Context of Pre-service Teachers' Science Education. *Universal Journal of Educational Research*, 8(11B), 5894-5900. https://doi.org/10.13189/ujer.2020.082223

Schubert, W. (2012). Foreword: More Teacher Lore. *Counterpoints*, *411*, IX–XVII. http://www.jstor.org/stable/42981668

The PRIMAS project: Promoting inquiry-based learning (IBL) in mathematics and science education across Europe, 12. 2013, pp. 43-48. Ανακτήθηκε 28 Απριλίου 2022 από https://primas-project.eu/wp-content/uploads/sites/323/2017/11/PRIMAS_D-9.3_IBL-Implementation-survey-report.pdf?fbclid=IwAR1AaTsgqPc3wZ8kUWTWy2zCjcA9dS3wcInN_ntc5XE0KangMcrNyZ_auAk

Zoupidis, A., Tselfes, V., & Kariotoglou, P. (2021). Pre-service early childhood teachers' beliefs that influence their intention to use inquiry-based learning methods. *International Journal of Early Years Education 31*(3), 738-752. https://doi.org/10.1080/09669760.2021.1890552

Διερεύνηση των Διασυνδέσεων STEM Πεδίων σε Διδακτική Ενότητα Νανοτεχνολογίας από Μελλοντικούς Εκπαιδευτικούς

Χαρά Μπιτσάκη[1], Δημήτριος Σταύρου[2]
[1]Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, [2]Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης
ptdep359@edc.uoc.gr

Περίληψη

Σε μια διεπιστημονική STEM διδασκαλία η αναγνώριση εννοιών και μεθόδων που παρουσιάζουν κοινή ταυτότητα αλλά και διαφορετική δομή στα επιμέρους επιστημονικά πεδία είναι καίριας σημασίας. Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστούν έννοιες, τεχνουργήματα και μέθοδοι που αναγνωρίζουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί ως διασυνοριακά αντικείμενα και τα χαρακτηριστικά αυτών σε μια STEM ενότητα Νανοεπιστήμης - Νανοτεχνολογίας που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του ERASMUS+ προγράμματος "IDENTITIES". Στην έρευνα συμμετείχαν δώδεκα μελλοντικοί εκπαιδευτικοί από τέσσερις χώρες (Ελλάδα, Ιταλία, Γαλλία και Ισπανία) με υπόβαθρο στα πεδία των Φυσικών Επιστημών, Μαθηματικών και Επιστήμης Υπολογιστών, οι οποίοι παρακολούθησαν ένα εβδομαδιαίο θερινό σχολείο για τη διεπιστημονική STEM προσέγγιση.

Abstract

In a STEM teaching module, the identification of concepts that have both a common identity and different structure in various disciplines is crucial. In this paper, are presented concepts/ artifacts/ methods that prospective teachers recognize as boundary objects, as well as their characteristics in an integrated STEM module on Nanoscience – Nanotechnology developed as part of the ERASMUS+ project "IDENTITIES". Twelve prospective teachers from four different countries (Greece, Italy, France and Spain) with a background in Science, Mathematics and Computer Science participated in the research, attending in a week-long summer school concerning interdisciplinary STEM approach.

Λέξεις κλειδιά: διασυνοριακά αντικείμενα, *διεπιστημονικότητα, νανοεπιστήμη - νανοτεχνολογία, STEM εκπαίδευση*

Key words: *boundary objects,* interdisciplinarity, nanoscience-nanotechnology, STEM education

1. Εισαγωγή

Μία διεπιστημονική STEM διδασκαλία περιλαμβάνει έννοιες, γνώσεις και δεξιότητες από δύο ή περισσότερα επιστημονικά πεδία (Honey et al., 2014˙ Martín-Páez et al., 2019˙ Moore et al., 2014) οδηγώντας σε μία πιο ενοποιημένη ή πιο ευρεία οπτική σε σχέση με γνώσεις ή αντιλήψεις που εξετάζονται εντός των συνόρων των επιστημονικών πεδίων (Czerniak & Johnson, 2014˙ Honey et al., 2014). Προκύπτει, επομένως, η αναγκαιότητα να επιτευχθεί μία βαθύτερη διασύνδεση των τεσσάρων S-T-E-M επιστημονικών πεδίων προκειμένου να *επιτευχθεί και μία πιο ευρεία οπτική σε σχέση με τα παραπάνω όταν εξετάζονται εντός των συνόρων του κάθε ενός επιστημονικού πεδίου ξεχωριστά (*Czerniak & Johnson, 2014˙ Honey et al., 2014). Δεν υπάρχει ένας σαφής ορισμός της έννοιας «διασύνδεση». Εντούτοις, με τον όρο «διασύνδεση» περιγράφεται ένα ενοποιημένο σύνολο μαθησιακών στόχων, πρακτικών και περιεχομένου από διαφορετικά STEM πεδία μέσα από επεξεργασία πολύπλοκων φαινομένων ή καταστάσεων (Honey et al., 2014˙ Thibaut et al., 2018). Προκειμένου να επιτευχθεί η παραπάνω ενοποίηση αξιοποιούνται έννοιες που παρουσιάζουν διαφορετική δομή ή εφαρμογή σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία, ή που αποδίδονται με ενοποιημένο τρόπο σε αυτά, καθώς και η σύνδεση γνώσεων και πρακτικών (Honey et al., 2014˙ Leung,

2019). Μέσα από τις διαφορετικές ερμηνείες αναδεικνύεται η ταυτότητα των επιστημονικών πεδίων και διατηρείται η αυτοτέλειά τους, ενώ η μετάφραση των διαφορετικών ερμηνειών επιτρέπει σε ανθρώπους με διαφορετικό υπόβαθρο να επικοινωνήσουν πιο αποτελεσματικά. Πιο αποτελεσματική γίνεται η επικοινωνία και μέσω της ανάδειξης των ομοιοτήτων καθώς γεφυρώνουν τις συνοριακές περιοχές (Crujeiras-Pérez & Jiménez-Aleixandre, 2019˙ Honey et al., 2014˙ Leung, 2019˙ Moore et al., 2016). Επιπλέον, η διασύνδεση μέσω των εννοιών προάγει την κατασκευή της γνώσης καθώς μέσα από τα πολλαπλά νοήματα της ίδιας έννοιας μπορούν να ερμηνευθούν διαφορετικές αναπαραστάσεις και περιεχόμενα των επιστημονικών πεδίων (Nathan et al., 2013). Τέλος, η εφαρμογή τέτοιων πολλαπλών εννοιών είναι προαπαιτούμενο για τη λύση πολύπλοκων προβλημάτων (Roering et al., 2012).

Τέτοια παραδείγματα μπορούν να είναι κεντρικές έννοιες όπως *η δομή της ύλης* όπου εξ' ορισμού άπτονται διαφορετικών επιστημονικών πεδίων (Stevens, 2009) ή μέθοδοι όπως η μοντελοποίηση που παρουσιάζουν τόσο ομοιότητες όσο και διαφορές στον τρόπο που διεξάγονται στο πλαίσιο επιστημονικών πεδίων όπως οι φυσικές επιστήμες, τα μαθηματικά και η μηχανική (Develaki, 2020˙ Leung, 2019). Μέσα από τη διασύνδεση, επομένως επιτυγχάνεται η βαθύτερη κατανόηση εννοιών εντός των επιστημονικών πεδίων, καθώς και η επέκτασή της κατανόησης αυτής σε STEM περιεχόμενα που άπτονται κοινωνικών ζητημάτων. Τέλος, μέσα από τη διασύνδεση φαίνεται να αυξάνεται το ενδιαφέρον και η εμπλοκή των μαθητών σε περιεχόμενα που αφορούν τα STEM πεδία, αυξάνοντας την ενασχόλησή τους με αυτά (Czerniak & Johnson, 2014˙ Martín-Páez et al., 2019˙ Moore et al., 2014).

Η αξιοποίηση των διασυνδέσεων μεταξύ των S-T-E-M πεδίων φαίνεται να έχει ιδιαίτερη σημασία τόσο για τους μαθητές όσο και για τους εκπαιδευτικούς (Honey et al., 2014). Αν και δεν υπάρχει σαφής ορισμός της έννοιας διασύνδεση, είναι σημαντικό να αφορά έννοιες με διαφορετική δομή ή εφαρμογή σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία, καθώς και έννοιες που αποδίδονται με ενοποιημένο τρόπο σε αυτά (Honey et al., 2014˙ Leung, 2019). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται βαθύτερη κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ περιεχομένου και οπτικών, εξοικείωση με κεντρικές έννοιες που εμφανίζονται στα διάφορα πεδία και υποστήριξη των μαθητών στην πραγματοποίηση συνδέσεων μεταξύ των εννοιών αυτών.

Επομένως, κρίνεται αναγκαία η ανάπτυξη και η εφαρμογή ενοτήτων που αναδεικνύουν ομοιότητες και διαφορές μεταξύ των πεδίων, οδηγούν στην αναγνώριση εννοιών που έχουν κοινή ταυτότητα αλλά διαφορετική δομή σε καθένα από αυτά και συνδυάζουν γνώσεις και πρακτικές από διαφορετικά πεδία (Honey et al., 2014˙ Leung, 2019). Σε ορισμένες περιπτώσεις μάλιστα τέτοιες ενότητες δεν απευθύνονται μόνο σε μαθητές αλλά και σε εν ενεργεία ή μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, καθώς βοηθούν στην επαγγελματική τους ανάπτυξη (Honey et al., 2014) και στην εμπλοκή τους σε τομείς όπου έχουν μικρότερη εξοικείωση (Hobbs, 2012˙ Honey et al., 2014).

Ένα θεωρητικό πλαίσιο κατάλληλο για τον εντοπισμό και την επεξεργασία διασυνδέσεων κρίνεται εκείνο των Akkerman & Bakker για τα διασυνοριακά αντικείμενα (Akkerman & Baker, 2011). Στο παραπάνω θεωρητικό πλαίσιο, ως διασυνοριακά αντικείμενα χαρακτηρίζονται έννοιες, μέθοδοι και τεχνουργήματα που αναλαμβάνουν ρόλο «μεταφραστή» μεταξύ δύο διαφορετικών τομέων που αλληλοεπιδρούν (Akkerman & Baker, 2011). Σύμφωνα με τους Star & Griesemer (1989) τα διασυνοριακά αντικείμενα είναι αντικείμενα που βρίσκονται σε διαφορετικές πλευρές που διασταυρώνονται δίνοντας χαρακτηριστικές πληροφορίες για καθεμία από αυτές. Με τον όρο διασυνοριακά αντικείμενα αναφερόμαστε συχνά σε τεχνουργήματα που εκφράζουν πολλαπλές οπτικές και νοήματα εκπληρώνοντας έτσι μία διαδικασία που γεφυρώνει τις δύο διαφορετικές πλευρές και ουσιαστικά τους επιτρέπει να εργαστούν από κοινού χωρίς να απαιτείται ομοφωνία ενώ οι ομοιότητες και οι διαφορές τους προκύπτουν από τη χρήση και την ερμηνεία τους (Akkerman & Baker, 2011). Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβεί καθώς ερμηνεύονται διαφορετικά από κάθε πλευρά ενώ παράλληλα έχουν μία κοινή ταυτότητα που είναι αναγνωρίσιμη σε κάθε μία από αυτές (Star, 2010).

Δεδομένου ότι χώρος ανάδειξης των διασυνοριακών αντικειμένων είναι τα σύνορα των επιστημονικών πεδίων, η φύση των διασυνοριακών αντικειμένων παρουσιάζει αμφισημία. Όπως και τα σύνορα έτσι και τα επιστημονικά πεδία δεν ανήκουν σε κανένα από τα διασυνδεόμενα S-T-E-M πεδία (neither-nor) με αυτή την ιδιότητα των διασυνοριακών αντικειμένων να οδηγεί σε μία σειρά από χαρακτηριστικά που εκφράζουν την ενοποίηση των επιστημονικών πεδίων οδηγώντας ακόμα και σε υβριδικές καταστάσεις. Τα διασυνοριακά αντικείμενα κινούνται πέρα από τα σύνορα των επιστημονικών πεδίων, έχοντας έτσι τη δυνατότητα να τα υπερβαίνουν. Παρουσιάζουν μία κοινή, αυτοτελή ταυτότητα που εμφανίζει δική της υπόσταση. Τα διασυνοριακά αντικείμενα μέσα από την ενοποιητική τους δράση εκφράζουν και αναδεικνύουν τις ομοιότητες των επιστημονικών πεδίων. Παράλληλα, ανήκουν σε καθένα από τα επιστημονικά πεδία (both-and). Αυτή τους η ιδιότητα οδηγεί στη διάκριση των επιστημονικών πεδίων μέσα σε μία διεπιστημονική διεργασία, ενώ μας δίνει πληροφορίες για αυτά. Τα χαρακτηριστικά που προκύπτουν από αυτή την ιδιότητα είναι η ενεργοποίηση των συνόρων των πεδίων, κάνοντάς μας σαφή τη συμβολή τους, η έκφραση των διαφορετικών οπτικών και κατ' επέκταση η ανάδειξη των ιδιαιτεροτήτων των πεδίων (Akkerman & Baker, 2011˙ Star, 2010˙ Star & Griesemer, 1989).

Σκοπός, επομένως, της παρούσας εργασίας είναι να εντοπιστούν οι έννοιες, μέθοδοι και τεχνουργήματα που αναγνωρίζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί ως διασυνοριακά αντικείμενα καθώς και τα χαρακτηριστικά που εντοπίζουν σε μία ενότητα Νανοεπιστήμης – Νανοτεχνολογίας (NET) και διαμορφώνονται τα εξής δύο ερευνητικό ερώτημα: α) Ποια χαρακτηριστικά των διασυνοριακών αντικειμένων αναγνωρίζουν μελλοντικοί εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αναφορικά με το αντικείμενο της NET;

2. Μεθοδολογία

Η ενότητα της NET αναπτύχθηκε από το Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού προγράμματος ERASMUS+ "IDENTITIES" και βασίστηκε στο Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης (Duit et al., 2012) και τα θεωρητικά πλαίσια των Klein (2010) για τη διεπιστημονικότητα και Akkerman & Bakker (2011) για τα διασυνοριακά αντικείμενα. Έμφαση δόθηκε στην ανάδειξη ιδιαιτεροτήτων και ασυνεχειών μεταξύ των S-T-E-M πεδίων που εμπλέκονται, καθώς και των μορφών διασύνδεσής τους λαμβάνοντας υπόψη επιστημολογικούς, μεθοδολογικούς και γλωσσολογικούς παράγοντες. Η ενότητα σχεδιάστηκε με σκοπό την ανάδειξη συγκεκριμένων διασυνοριακών αντικειμένων όπως:

α) Βιομιμητισμός,

β) Ρόλος των μοντέλων και προσομοιώσεων (Develaki, 2020),

γ) Όργανα και οργανολογία (Stevens et al., 2009),

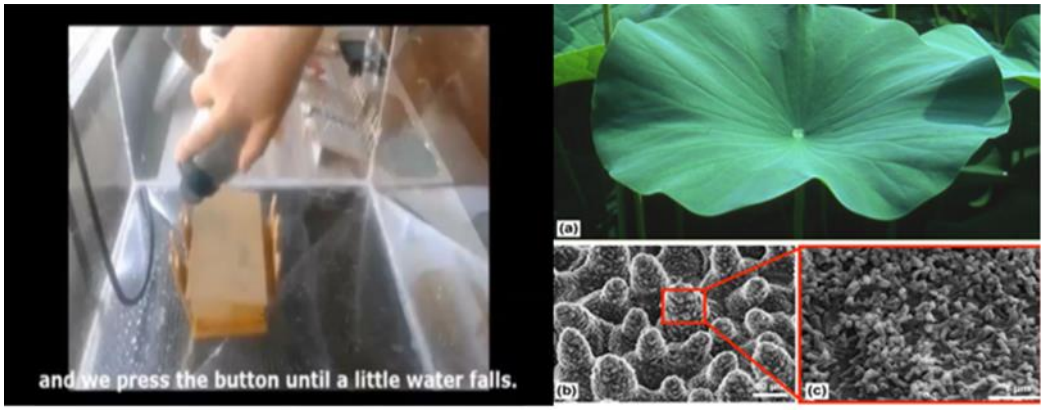
δ) Απόδοση/αποτελεσματικότητα *(efficiency)* (Araya & Collanqui, 2021˙ Lefeber & Viestirisz, 2007).

Πιο συγκεκριμένα η ενότητα αποτελείται από τρεις υποενότητες:

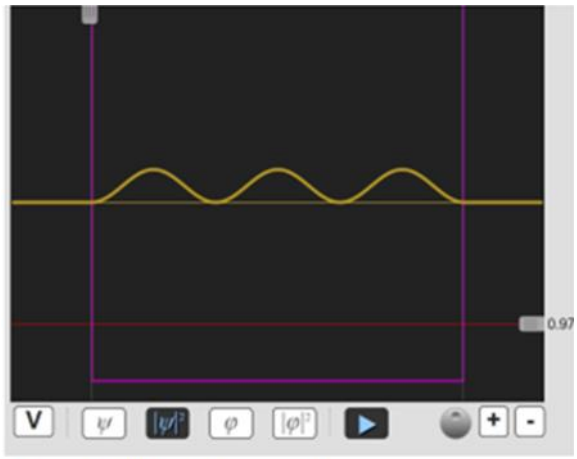
Στην πρώτη υποενότητα οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εισάγονται στο περιεχόμενο της NET και καλούνται να εκφράσουν τις απόψεις τους σχετικά με τη διεπιστημονικότητα των S-T-E-M πεδίων που εμπλέκονται στις εφαρμογές της. Στην υποενότητα αυτή οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εμπλέκονται σε ανοικτές συζητήσεις που αφορούν τα ρεαλιστικά προβλήματα που καλείται να λύσει η NET ενώ συλλέγονται οι αρχικές τους απόψεις πάνω σε έννοιες, μεθόδους ή τεχνουργήματα που εμπεριέχονται στην ενότητα και απαιτούν την εμπλοκή διαφορετικών επιστημονικών πεδίων.

Στη δεύτερη υποενότητα παρουσιάζεται στους/στις μελλοντικούς/κες εκπαιδευτικούς, εκπαιδευτικό υλικό με διαδραστικές STEM δραστηριότητες σχετικές με εφαρμογές της NET. Οι δραστηριότητες αυτές αφορούν έξυπνα σπίτια, εναλλακτικές πηγές ενέργειας, Νανοσωματίδια χρυσού και τις εφαρμογές τους στην ιατρική και τα μικροσκόπια ατομικής

δύναμης. Στην πρώτη και τη δεύτερη δραστηριότητα έγινε διαπραγμάτευση του διασυνοριακού αντικειμένου του βιομιμητισμού μέσα από δραστηριότητες που αφορούν τις υπερυδρόφοβες επιφάνειες μέσω της αντιγραφής των ιδιοτήτων του φύλλου του λωτού (Εικόνα 1) και φωτοβολταϊκών που αξιοποιούν τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Στην τρίτη δραστηριότητα οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί διαπραγματευτήκαν διασυνοριακά αντικείμενα όπως μαθηματικά μοντέλα και προσομοιώσεις (Εικόνα 2) ενώ στην τέταρτη δραστηριότητα εισήχθησαν στα διασυνοριακά αντικείμενα των οργάνων και της οργανολογίας μέσω της αναγκαιότητας της συνεργασίας των επιστημονικών πεδίων για την κατασκευή τους αλλά και την επεξεργασία και ερμηνεία των δεδομένων που συλλέγονται μέσω αυτών (Εικόνα 3).



Εικόνα 1: Το διασυνοριακό αντικείμενο του βιομιμητισμού μέσω των υπερυδρόφοβων επιφανειών



Picture 3: Allowable energy level

$$E = E_g + \frac{h^2}{8mL^2} - \frac{1.786e^2}{\varepsilon\varepsilon' L} - 0.248\frac{13.6}{Mr^2}$$

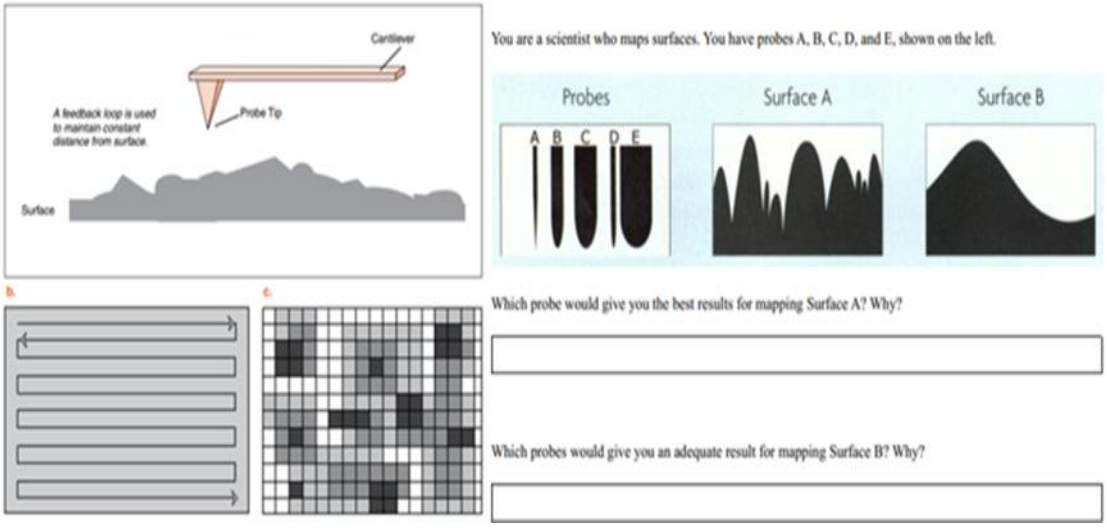
Εικόνα 2: Μαθηματικά Μοντέλα και Προσομοιώσεις

Στη συνέχεια, στην τρίτη υποενότητα εντοπίζουν στις προηγούμενες δραστηριότητες τις διασυνδέσεις που επιτρέπουν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των πεδίων αυτών αναλύοντας το εκπαιδευτικό υλικό από επιστημολογική, μεθοδολογική και γλωσσολογική σκοπιά.

Η ενότητα διάρκειας 14 διδακτικών ωρών, εφαρμόστηκε σε 12 φοιτητές/μελλοντικούς εκπαιδευτικούς δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από τέσσερις χώρες (Ελλάδα, Ιταλία, Γαλλία

και Ισπανία) με υπόβαθρο στα πεδία των Φυσικών Επιστημών, Μαθηματικών και Επιστήμης Υπολογιστών στο πλαίσιο ενός διεθνούς εβδομαδιαίου θερινού σχολείου.

Από την εφαρμογή συλλέχθηκαν δεδομένα όπως, ηχογραφήσεις της εφαρμογής και φύλλα εργασίας που συμπληρώθηκαν από τους συμμετέχοντες στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων της ενότητας. Η ανάλυση των δεδομένων γίνεται με βάση το θεωρητικό πλαίσιο των Akkerman & Bakker (2011) για τα διασυνοριακά αντικείμενα που περιγράφεται παραπάνω, ενώ βασίζεται σε ποιοτικές μεθόδους ανάλυσης περιεχομένου (Mayring, 2015), λόγω του μικρού αριθμού των συμμετεχόντων αλλά και της διερευνητικής φύσης της έρευνας. Η κατηγοριοποίηση που εφαρμόστηκε ήταν τόσο top- down όσο και bottom- up και ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία. Αρχικά εφαρμόστηκαν κατηγορίες που αφορούν την αμφίσημη φύση των διασυνοριακών αντικείμενων και τα χαρακτηριστικά της φύσης αυτής που αναγνωρίζονται ανά διασυνοριακό αντικείμενο πάνω στο οποίο βασίστηκε η ενότητα και ανά ταυτότητα επιστημονικού πεδίου των συμμετεχόντων.



Εικόνα 3: Όργανα και Οργανολογία

3. Αποτελέσματα

Από την παραπάνω ανάλυση διαφαίνεται ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί συζητώντας για ένα διασυνοριακό αντικείμενο αναγνωρίζουν την συμβολή του αντικειμένου αυτού στην αλληλεπίδραση μεταξύ των τεσσάρων S-T-E-M πεδίων. Εντοπίζουν στοιχεία της αμφίσημης φύσης των διασυνοριακών αντικειμένων αφενός μέσω της κοινής ταυτότητας των αντικειμένων αυτών στα επιστημονικά πεδία που αλληλοεπιδρούν, και αφετέρου μέσα από στοιχεία που εκφράζουν τις ιδιαιτερότητες αυτών των αντικειμένων στα πεδία αυτά. Επιπλέον, εμφανίζονται στοιχεία που δείχνουν ότι ορισμένα χαρακτηριστικά των διασυνοριακών αντικειμένων έχουν διαφορετική ερμηνεία ή προτεραιότητα για μελλοντικούς εκπαιδευτικούς με διαφορετικό υπόβαθρο. Φαίνεται οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί να αναγνωρίζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά των διασυνοριακών αντικειμένων ανάλογα με το επιστημονικό πεδίο στο οποίο ανήκουν.

4. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης διαφαίνεται η αναγκαιότητα να δοθεί μεγαλύτερο βάρος στις έννοιες εκείνες που λειτουργούν βοηθητικά ώστε να διασυνδέονται τα S-T-E-M πεδία. Μέσα από την ανάδειξη διασυνδέσεων, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εξοικειώνονται με κεντρικές έννοιες του αντικειμένου της ΝΕΤ, εμβαθύνουν στο περιεχόμενό της και αναγνωρίζουν τη σημασία της συνεργασίας των S-T-E-M πεδίων σε αυτήν. Επιπλέον,

φαίνεται οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί να καταφέρνουν μέσα από την επεξεργασία των διασυνδέσεων ως διασυνοριακά αντικείμενα να εμβαθύνουν στο περιεχόμενο αντικειμένων σύγχρονης έρευνας, και γενικότερα αντικειμένων στα οποία έχουν χαμηλή εξοικείωση και κατ' επέκταση να επιτυγχάνεται η επαγγελματική τους ανάπτυξη (Honey et al., 2014).

5. Βιβλιογραφία

Akkerman, S. F., & Bakker, A. (2011). Boundary crossing and boundary objects. *Review of Educational Research*, *81*(2),132-169. https://doi.org/10.3102/0034654311404435

Araya, R., & Collanqui, P. (2021). Are cross-border classes feasible for students to collaborate in the analysis of energy efficiency strategies for socioeconomic development while keeping CO2 concentration controlled? *Sustainability, 13*(3), 1584. https://doi.org/10.3390/su13031584

Crujeiras-Pérez, B. & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2019). Interdisciplinarity and argumentation in chemistry education. Στο S. Erduran (Επιμ.) *Argumentation in Chemistry Education: Research, Policy and Practice*, σ. 32-61. London: Royal Society of Chemistry. https://doi.org/10.1039/9781788012645-00032

Czerniak, C. M., & Johnson, C. C. (2014). Interdisciplinary science teaching. Στο *Handbook of Research on Science Education*, *Volume II* (σ. 409-425). Routledge. ISBN: 978-0-203-09726-7

Develaki M. (2020) Comparing crosscutting practices in STEM disciplines: Modeling and reasoning in mathematics, science, and engineering. *Science & Education 29*, 949-979. https://doi.org/10.1007/s11191-020-00147-1

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The model of educational reconstruction–A framework for improving teaching and learning science. Στο *Science education research and practice in Europe* (σ. 13-37). Brill. ISBN: 9789460919008

Hobbs, L. (2013). Teaching 'out-of-field' as a boundary-crossing event: Factors shaping teacher identity. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *11*(2), 271-297. https://doi.org/10.1007/s10763-012-9333-4

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Επιμ.) (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington, DC: National Academies Press. ISBN 978-0-309-29796-7

Klein, J. T. (2010). A taxonomy of interdisciplinarity. *The Oxford handbook of interdisciplinarity, 15*(6), 15. ISBN 9780198733522

Lefeber, L., & Vietorisz, T. (2007). The meaning of social efficiency. *Review of Political Economy, 19*(2), 139-164. https://doi.org/10.1080/09538250701256672

Leung, A. (2019). Exploring STEM pedagogy in the mathematics classroom: A tool-based experiment lesson on estimation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *17*(7), 1339-1358. https://doi.org/10.1007/s10763-018-9924-9

Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F. J., & Vílchez-González, J. M. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, *103*(4), 799-822. https://doi.org/10.1002/sce.21522

Mayring, P. (2015). Qualitative content analysis: Theoretical background and procedures. Στο Approaches to qualitative research in mathematics education (σ. 365-380). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_13

Moore, T. J., Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Guzey, S. S. (2015). The need for a STEM road map. Στο C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Επιμ.), *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education* (σ. 3–12). Routledge. ISBN 9781138804234

Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. Στο *Engineering in Pre-College Settings: Synthesizing Research, Policy, and Practices* (σ. 35-60). Purdue University Press. ISBN 9781612493572

Nathan M.J., Srisurichan R., Walkington C., Wolfgram M., Williams C., Alibali M. W. (2013). Building cohesion across representations: A mechanism for STEM integration. *Journal of Engineering Education, 102*(1), 77-116. https://doi.org/10.1002/jee.20000

Roehrig, G. H., Moore, T. J., Wang, H. H., & Park, M. S. (2012). Is adding the E enough? Investigating the impact of K-12 engineering standards on the implementation of STEM integration. *School science and mathematics, 112*(1), 31-44. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00112.x

Star, S. L. (2010). This is Not a Boundary Object: Reflections on the Origin of a Concept. *Science, Technology, & Human Values, 35*(5), 601-617. https://doi.org/10.1177/0162243910377624

Star, S. L., & Griesemer, J. R. (1989). Institutional ecology, 'Translations' and Boundary Objects: Amateurs and Professionals in Berkeley's Museum of Vertebrate Zoology, 1907-39. *Social studies of science, 19*(3), 387-420. https://doi.org/10.1177/030631289019003001

Stevens S. Y., Sutherland L.M., & Krajcik J.S. (2009). *The Big Ideas of Nanoscale Science & Engineering*. NSTA Press. ISBN 978-1-935155-07-2

Thibaut, L., Ceuppens, S., De Loof, H., De Meester, J., Goovaerts, L., Struyf, A., Boeve-de Pauw, J., Dehaene, W., Deprez, J., De Cock, M., Hellinckx, L., Knipprath, H., Langie, G., Struyven, K., Van de Velde, D., Van Petegem, P. & Depaepe, F. (2018). Integrated STEM Education: A Systematic Review of Instructional Practices in Secondary Education. *European Journal of STEM Education, 3*(1), 02. https://doi.org/10.20897/ejsteme/85525

Ιστορικά Επιστημονικά Όργανα στη Μη-τυπική Εκπαίδευση: Οι Απόψεις και ο Ρόλος των Εκπαιδευτικών

Μαρία Παναγοπούλου[1], Κωνσταντίνα Στεφανίδου[2]
[1]Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, [2]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
mariapan1997@gmail.com

Περίληψη

Η εκπαιδευτική αξία της Ιστορίας της Επιστήμης και η αποτελεσματική χρήση της για την ανάδειξη πτυχών της Φύσης της Επιστήμης είναι ευρέως αποδεκτή από την εκπαιδευτική κοινότητα. Σε αυτό το πλαίσιο αναδεικνύεται από τη βιβλιογραφία το εύρος των δυνατοτήτων που προκύπτουν από την αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων τόσο για τη διατήρηση της επιστημονικής κληρονομιάς όσο και για την εκπαίδευση μαθητών και πολιτών σε τυπικά και μη-τυπικά περιβάλλοντα. Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η ανάδειξη του ρόλου των εκπαιδευτικών στην παραγωγή εκπαιδευτικού υλικού βασισμένου στα ιστορικά επιστημονικά όργανα στο πλαίσιο της μη τυπικής εκπαίδευσης.

Abstract

The benefits from the use of History of Science in education and its effectiveness for highlighting aspects of the Nature of Science is widely accepted by the teaching community. In this context a variety of possibilities becomes evident from the literature, concerning the utilization of historical scientific instruments for the preservation of the scientific heritage as well as the education of students and citizens in formal and non-formal teaching environments. In this paper a promotion of the educator's role in the creation of educational material based on historical scientific instruments in the context of non-formal education is attempted.

Λέξεις κλειδιά: Ιστορικά επιστημονικά όργανα, μη-τυπική εκπαίδευση, εκπαιδευτικοί
Key words: Historical scientific instruments, non-formal education, educators

1. Εισαγωγή

Ιστορικά Επιστημονικά Όργανα

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη διατήρηση της επιστημονικής κληρονομιάς (Gargano et al., 2016˙ Gires & Lauginie, 2013˙ Lourenco & Wilson, 2013˙ Soubiran, 2008), σημαντικό μέρος της οποίας αποτελούν τα ιστορικά επιστημονικά όργανα.

Οι Lourenco και Wilson (2013) υποστηρίζουν ότι η επιστημονική κληρονομιά αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι πολλών ερευνητικών και εκπαιδευτικών ιδρυμάτων και επιχειρηματολογούν υπέρ της διατήρησης της και αξιοποίησής της στη τυπική και μη τυπική εκπαίδευση. Η εκπαίδευση μάλιστα θεωρείται πως μπορεί να αποτελέσει το μέσο που θα προωθήσει τη διατήρηση της επιστημονικής κληρονομιάς (Lourenco & Wilson, 2013˙ Soubiran, 2010).

Σύμφωνα με τους Resnick et al. (2000) τα σύγχρονα όργανα αποτελούν «μαύρα κουτιά». Είναι δηλαδή λιγότερο διαφανή και κατανοητά σε σχέση με τα ιστορικά όργανα τα οποία και διαδέχθηκαν. Όμως η άμεση χρήση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων είναι σχεδόν πάντα απαγορευμένη είτε για τη διατήρησή τους στη καλύτερη δυνατή κατάσταση είτε για την ασφάλεια του χρήστη, δημιουργώντας φραγμούς στην εκπαιδευτική αξιοποίηση τους.

Υπάρχουν αρκετές καταγεγραμμένες παρεμβάσεις που προσπαθούν να ξεπεράσουν αυτόν τον περιορισμό με ποικιλία προσεγγίσεων. Σε αυτές συμπεριλαμβάνονται η χρήση κινητών τηλεφώνων (Gallito et al., 2022), η εκτέλεση πειράματος που στη θέση του επιστημονικού οργάνου χρησιμοποιείται μία κατασκευή με απλά υλικά (Gallito et al., 2021), η ανακατασκευή ιστορικών επιστημονικών οργάνων από εκπαιδευτικούς (Riess et al., 2005) και η κατασκευή λειτουργικών εκδόσεων των ιστορικών οργάνων από μαθητές (Heering, 2015). Μία σημαντική πρωτοβουλία αποτελεί επίσης η ίδρυση του Οργανισμού για τη Διατήρηση και Μελέτη Επιστημονικών Οργάνων και Τεχνικών Διδασκαλίας (ASEISTE) που έχει θέσει ως έναν από τους βασικούς του στόχους την υποστήριξη της εκπαιδευτικής αξιοποίησης των ιστορικών επιστημονικών οργάνων (Gires & Lauginie, 2013).

Μη τυπικές μορφές μάθησης

Οι προσπάθειες αυτές επεκτείνονται και στις μη τυπικές μορφές μάθησης. Περιπτώσεις αξιοποίησης ανακατασκευών αποτελούν τα μουσεία του Oldenburg (Heering & Muller, 2002) και του Whipple (Bennett, 1995), όπου οι επισκέπτες τις χρησιμοποιούν για να διεξάγουν πειράματα. Στο άρθρο του Bennett (1995) περιγράφεται μία προσπάθεια πλαισίωσης των ανακατασκευών σε δύο ειδικά σχεδιασμένες αίθουσες. Η μία αντιστοιχούσε στον τρόπο που η επιστήμη παρουσιάζεται στο κοινό και η άλλη στο εργαστήριο των επιστημόνων. Στο Μουσείο Επιστημών Baaken διεξάγεται ποικιλία δραστηριοτήτων που βασίζονται σε ιστορικά επιστημονικά όργανα, ανακατασκευές και ομοιώματά τους.

Η χρήση ιστορικών οργάνων στη μη τυπική εκπαίδευση εφαρμόζεται και σε χώρους της Ελλάδας. Το Μουσείο Επιστημών Χίου διεξάγει ποικιλία δραστηριοτήτων στις οποίες αξιοποιείται η συλλογή ιστορικών επιστημονικών οργάνων του σχολείου της Χίου (Paparou, 2011). Στα μουσεία επιστημών Noesis[1] και Κοτσανά[2] χρησιμοποιούνται ανακατασκευές και ομοιώματα ιστορικών επιστημονικών οργάνων και τεχνολογικών επιτευγμάτων ενώ σε διάφορα μουσεία, όπως στο Μουσείο Ιστορίας του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών[3], το κοινό μπορεί να προσεγγίσει με πιο παραδοσιακό τρόπο συλλογές ιστορικών επιστημονικών οργάνων.

Κάποια παραδείγματα αξιοποίησης ιστορικών επιστημονικών οργάνων από εν ενεργεία ή μελλοντικούς εκπαιδευτικούς στη μη τυπική εκπαίδευση είναι η δημιουργία διαδραστικού θεατρικού δρώμενου για τη ζωή και τις παρατηρήσεις του Γαλιλαίου με το τηλεσκόπιο (Stefanidou & Panagopoulou, 2019) και η δημιουργία βίντεο για κάποια από τα ιστορικά επιστημονικά όργανα του Μαράσλειου Διδασκαλείου (Στεφανίδου κ.α., 2021).

Στην εργασία αυτή αναζητούμε τις απόψεις εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων, στο πλαίσιο της μη τυπικής εκπαίδευσης, και τον ρόλο τους για τη κατασκευή του αντίστοιχου εκπαιδευτικού υλικού. Η κατάρτιση των εκπαιδευτικών στο σχεδιασμό εκπαιδευτικού υλικού και η επίγνωση των περιορισμών που παρουσιάζονται στη τυπική εκπαίδευση σχετικά με την ένταξη της ιστορίας των επιστημών διαμορφώνουν τις προϋποθέσεις εκείνες αναζήτησης νέων τρόπων αξιοποίησης της ιστορίας της επιστήμης μέσω των μη τυπικών μορφών εκπαίδευσης.

Σε αυτό το πλαίσιο προκύπτουν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

1. Ποιες είναι οι απόψεις των εν ενεργεία εκπαιδευτικών για την εκπαιδευτική αξιοποίηση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων για τη διδασκαλία φυσικών φαινομένων που σχετίζονται με τις αρχές λειτουργίας τους, υπό το πρίσμα της σύγκρισής τους με τα σύγχρονα επιστημονικά εκπαιδευτικά όργανα;
2. Σε ποιο βαθμό μπορούν και ποιες δυσκολίες αντιμετωπίζουν οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί στην αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων, για τη διδασκαλία φυσικών φαινομένων που σχετίζονται με τις αρχές λειτουργίας τους, στη μη τυπική εκπαίδευση;

[1] https://www.noesis.edu.gr/arxaia-elliniki-texnologia/
[2] https://kotsanas.com/categories.php
[3] http://www.historymuseum.uoa.gr/to-moyseio.html

3. Σε ποιο βαθμό μπορούν οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί να συμπεριλάβουν το ιστορικό ή/και κοινωνικό-πολιτισμικό πλαίσιο κατά την αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων στη μη τυπική εκπαίδευση;
4. Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τη σημασία και τις δυνατότητες αξιοποίησης των ιστορικών επιστημονικών οργάνων στην εκπαίδευση;

2. Μεθοδολογία

Για την προσέγγιση των παραπάνω ερωτημάτων σχεδιάστηκε μία ημερίδα που απευθυνόταν σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η ημερίδα διήρκησε συνολικά οκτώ ώρες, κατά την οποία οι εκπαιδευτικοί, μετά από μία σύντομη εισαγωγή, αντιστοίχισαν και συνέκριναν ιστορικά επιστημονικά όργανα με τα αντίστοιχα σύγχρονα και συζήτησαν για τις δυνατότητες εκπαιδευτικής αξιοποίησης των ιστορικών επιστημονικών οργάνων. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη διδασκαλία φαινομένων που σχετίζονται με την αρχή λειτουργίας των οργάνων και τη σημασία της ιστορικής πλαισίωσης μιας εκπαιδευτικής δραστηριότητας, που αφορά ιστορικά επιστημονικά όργανα, για την ανάδειξη πτυχών της Φύσης της Επιστήμης.

Οι παραπάνω παρουσιάσεις, συζητήσεις και δραστηριότητες έγιναν με τη χρήση συγκεκριμένων παραδειγμάτων που εστιάζουν σε τρεις κατηγορίες οργάνων. Αυτές περιλάμβαναν τη ζυγαριά (ισορροπίας και ελατηρίου), το θερμόμετρο (θερμοσκόπιο, απλό θερμόμετρο, θερμόμετρο του Breguet, θερμόμετρο του Γαλιλαίου) και το εκκρεμές (απλό εκκρεμές, ρολόι με εκκρεμές, εκκρεμές του Foucault). Βασικό κριτήριο για την επιλογή των οργάνων αποτέλεσαν οι απλές αρχές λειτουργίας τους ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν από όλους τους εκπαιδευτικούς, ανεξαρτήτως γνωστικού υποβάθρου και βαθμίδας. Στο πλαίσιο της ημερίδας οι εκπαιδευτικοί κατασκεύασαν τα δικά τους όργανα (θερμοσκόπιο και εκκρεμές του Foucault) με καθημερινά υλικά, ενώ στο τέλος κλήθηκαν να σχεδιάσουν, σε πρωτόλεια μορφή, μία εκπαιδευτική δραστηριότητα που να αξιοποιεί ένα τουλάχιστον ιστορικό επιστημονικό όργανο στο πλαίσιο ενός σχολικού ομίλου. Η επιλογή του ομίλου έγινε ώστε οι εκπαιδευτικοί να προσανατολιστούν σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο εντός της μη τυπικής εκπαίδευσης για το σχεδιασμό αυτής της δραστηριότητας μέσα στον περιορισμένο χρόνο που διέθεταν.

Εικόνα 1.: Εκπαιδευτικοί κατασκευάζουν το δικό τους εκκρεμές του Foucault με καθημερινά υλικά

Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας σχεδιάστηκαν δύο ερωτηματολόγια ανοιχτών ερωτήσεων. Το ένα εξ αυτών δόθηκε πριν τη διεξαγωγή της ημερίδας και περιλάμβανε ερωτήσεις που αφορούσαν κάποια γενικά στοιχεία και τις απόψεις των εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων. Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου αποτελούσε προϋπόθεση για την εγγραφή τους στην ημερίδα. Από τους τριανταεπτά εκπαιδευτικούς που ολοκλήρωσαν την εγγραφή, οι είκοσι παρευρέθηκαν στην ημερίδα και σχεδίασαν μία δραστηριότητα με τις προδιαγραφές που αναφέρθηκαν. Στο τέλος της ημερίδας συμπλήρωσαν το δεύτερο ερωτηματολόγιο, στο οποίο πέρα από τις απόψεις τους για την αξιοποίηση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων συμπεριλαμβάνονταν και ερωτήσεις που αφορούσαν τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν κατά τον σχεδιασμό της δραστηριότητας και τις δυνατότητες που υπάρχουν για την υλοποίησή της. Εννέα εκ των είκοσι εκπαιδευτικών πήραν μέρος σε ημιδομημένη συνέντευξη τρεις περίπου εβδομάδες μετά την ημερίδα. Κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων εξέφρασαν τη γνώμη τους για την ημερίδα, σχολίασαν τη δραστηριότητα που είχαν σχεδιάσει ως προς διάφορες παραμέτρους (κριτήρια επιλογής ιστορικού οργάνου, προστιθέμενη αξία στην εκπαίδευση των μαθητών), ανέφεραν τις δυσκολίες που παρουσιάστηκαν κατά τον σχεδιασμό της, συνέκριναν τα ιστορικά επιστημονικά όργανα με τα αντίστοιχα σύγχρονα που αξιοποιούνται στην εκπαίδευση και εξέφρασαν την άποψή τους για την αξιοποίηση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων στο πλαίσιο της τυπικής εκπαίδευσης.

Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν μέσω της παραπάνω διαδικασίας (ερωτηματολόγια, σχέδια εκπαιδευτικού υλικού και συνεντεύξεις) θα αναλυθούν με ποιοτικές μεθόδους ανάλυσης περιεχομένου (Gay et al., 2017).

3. Αποτελέσματα

Τα πρώτα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αναμένονται τον Φεβρουάριο 2023.

4. Συμπεράσματα

Τα πρώτα συμπεράσματα της παρούσας έρευνας αναμένονται τον Φεβρουάριο 2023.

5. Βιβλιογραφία

Στεφανίδου, Κ., Λάζος, Τ., Σκορδούλης, Κ. (2021). Η προσέγγιση των φοιτητριών του ΠΤΔΕ/ΕΚΠΑ στην ανάδειξη ιστορικών επιστημονικών οργάνων της συλλογής του Μαρασλείου ή «Όταν ο Edison συνάντησε τον Wheatstone στο Μαράσλειο». Στο Κ. Σκορδούλης, Κ. Στεφανίδου, Α. Μανδρίκας, Η. Μπόικος (Επιμ.), *Ο ρόλος της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες στην κοινωνία του 21ου αιώνα, Πρακτικά 12ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (σ. 240-247). Αθήνα: Εκδόσεις ΕΚΠΑ.

Bennett, J. (1995). Can science museums take history seriously?. *Science as Culture 5*(1), 124-137. https://doi.org/10.1080/09505439509526419

Gallito, A., A., Battaglia O.R., Cavallaro G., Lazzara G., Lisuzzo L., Fazio C. (2022). Exploring Historical Scientific Instruments by Using Mobile Media Devices. *The Physics Teacher 60*, 202-206. https://doi.org/10.1119/5.0032111

Gallito, A., A., Zingales R., Battaglia O.R., Fazio C. (2021). An approach to the Venturi effect by historical instruments. *Physics education 56*(2), 1-9. https://doi.org/10.1088/1361-6552/abc8fa

Gargano, M., Gasperini, A., Cirella, E.O., Smareglia, R., Zanini, V. (2016). The AstroBID: Preserving and Sharing the Italian Astronomical Heritage. Στο: D. Calvanese, D. De Nart, C. Tasso (επιμ.) *Digital Libraries on the Move. IRCDL 2015.* Communications in Computer and Information Science, vol 612. Springer, Cham, 71-74. ISBN: 978-3-319-41938-1.

Gay, L. R., Mills, G. E., & Airasian, P. (2017). *Η εκπαιδευτική έρευνα*. Αθήνα: Εκδόσεις Προπομπός. ISBN: 9786185036300.

Gires, F. & Lauginie, P. (2013). Preserving the scientific and technical Heritage of Education: the ASEISTE. *Museologia e Patrimonio 6* (1), 161-178.

Heering, P. (2015). Make–Keep–Use: Bringing Historical Instruments into the Classroom. *Interchange 46*, 5–18. https://doi.org/10.1007/s10780-015-9228-8

Heering, P., & Müller, F. (2002). Cultures of Experimental Practice – An Approach in a Museum. *Science & Education 11,* 203–214 https://doi.org/10.1023/A:1014483404018

Lourenco, M., C. & Wilson, L. (2013). Scientific heritage: Reflections on its nature and new approaches to preservation, study and access. *Studies in History and Philosophy of Science Part A 44* (4), 744-753. https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2013.07.011

Paparou, F. (2011). 'Shall we Stroll to the Museum?': Educational Proposal for the Exploration of an Historic School Scientific Instrument Collection. Στο F. Seroglou, V. Koulountzos & A. Siatras, (Επιμ.) *Science & Culture: Promise, Challenge and Demand, Proceedings of the 11th International IHPST Conference,* σ. 574–580. Thessaloniki, Greece, 1-5 July 2011.

Resnick, M., Berg, R. & Eisenberg, M. (2000). Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific Investigation. *The Journal of the Learning Sciences 9*(1), 7-30. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0901_3

Riess, F., Heering, P. & Nawrath, D. (2006). Reconstructing Galileo's Inclined Plane Experiments for Teaching Purposes. *Proceedings of the 8th International History, Philosophy, Sociology &Science Teaching Conference, Leeds,* 1-10.

Soubiran, S. (2008). What makes scientific communities think the preservation of their heritage is important? *University Museums and Collections Journal 1*. 1-8. https://doi.org/10.18452/8627

Soubiran, S. (2010). Is research and teaching a key for preserving university collections and museums? *University Museums and Collections Journal 3*. 21-30. https://doi.org/10.18452/8676

Stefanidou, C. & Panagopoulou, M. (2019) Informal Science Education in the Footsteps of Galileo's Dialogue. *Advances in Historical Studies, 8*(5), 175-191. https://doi.org/10.4236/ahs.2019.85013

Ανάπτυξη και Αξιολόγηση Διδακτικού Υλικού με επίκεντρο το «Infographic», για τη STEM Εκπαίδευση στην Κλιματική Αλλαγή

Έλλη Σαμπροβαλάκη[1], Δημήτριος Σταύρου[2]
[1]Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, [2]Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης
ellisabro@gmail.com

Περίληψη

Η αξιοποίηση καινοτόμων τεχνολογικών μέσων ως παιδαγωγικά εργαλεία, βρίσκεται στο επίκεντρο της εκπαιδευτικής έρευνας τα τελευταία χρόνια. Σύμφωνα με αυτήν, η αξιοποίηση των οπτικών διδακτικών υλικών (εννοιολογικοί χάρτες, βίντεο, εικόνες, διαφάνειες παρουσιάσεων και Infographics) έχει αποτελέσει αντικείμενο μεγάλου ενδιαφέροντος, καθώς στο πλαίσιο της εκπαίδευσης αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο για τη μάθηση. Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας, αναπτύχθηκε ένα διδακτικό υλικό για διδασκαλία στην Κλιματική Αλλαγή με επίκεντρο το Infographic, και στη συνέχεια ακολούθησε η αξιολόγηση αυτού από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Από τα αποτελέσματα της έρευνας, προκύπτει πως οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αναγνωρίζουν τις δυνατότητες κατανόησης ταυτόχρονα όμως, και τους περιορισμούς ως προς τη διερεύνηση που προσφέρουν τα διαφορετικά είδη Infographics και οι αναπαραστάσεις που αξιοποιήθηκαν.

Abstract

The utilization of innovative technological means as pedagogical tools has been at the center of educational research in recent years. According to, the use of visual teaching materials (concept maps, videos, images, presentation slides and Infographics) has been the subject of great interest, as in education they are a powerful tools for learning. In the present work, teaching material for teaching Climate Change was developed with an Infographic as its focus, and then it was evaluated by future teachers of Primary Education. From the results of the research, it appears that future teachers recognize the possibilities of understanding, and the limitations in terms of inquiry based learning that is offered by the different types of Infographics and the representations that are used.

Λέξεις κλειδιά: διδασκαλία STEM, ενημερωτικά γραφικά (Infographic), κλιματική αλλαγή
Key words: climate change, informational graphics (Infographics), STEM education

1. Εισαγωγή

Τα Infographics αποτελούν συντομογραφία της φράσης «informational graphics» (ενημερωτικά γραφικά) (Lankow et al., 2012). Πρόκειται για οπτικές αναπαραστάσεις πολύπλοκων δεδομένων με έναν κατανοητό και σύντομο τρόπο (Yildirim, 2016). Αυτό συμβαίνει καθώς συνδυάζουν διάφορα στοιχεία σχεδίασης περιεχομένου όπως χάρτες, διαγράμματα, πίνακες, εικόνες τα οποία χρησιμοποιούνται μεμονωμένα, με σκοπό να επικοινωνήσουν το μήνυμα και να μπορέσει να ερμηνευθεί εύκολα από τους αναγνώστες. Η καινοτομία που φέρνουν τα Infographics και διαχωρίζονται για αυτό από τα άλλα εργαλεία οπτικοποίησης (εννοιολογικοί χάρτες, βίντεο εικόνες, διαφάνειες παρουσιάσεων), είναι ο συνδυασμός διαφόρων οπτικών στοιχείων στην παρουσίαση πληροφοριών και ο τρόπος δόμησης του περιεχομένου (Ozdamli & Ozdal, 2018).

Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης, τα Infographics αποτελούν κατάλληλα εργαλεία μάθησης τα οποία διευκολύνουν την οικοδόμηση της γνώσης από τους μαθητές, καθώς οι ίδιοι

αφιερώνουν λιγότερο χρόνο στη μαθησιακή διαδικασία. Αυτό επιτυγχάνεται καθώς η δομή του Infographic είναι τέτοια, ώστε να παρουσιάζεται ένας συγκεκριμένος όγκος πληροφοριών, επισημαίνοντας τα βασικά σημεία, ενώ ταυτόχρονα γίνεται εμφανής η αναπαράσταση της σχέσης του περιεχομένου (Yildirim, 2016). Η αξιοποίηση των Infographics στην εκπαίδευση γενικότερα είναι μία αρκετά πρόσφατη διαδικασία (Gebre, 2018) ενώ όσον αφορά στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών υπάρχει σημαντική αναγνώριση στην ερευνητική βιβλιογραφία ότι παρέχει κίνητρα, γνωστικά και επικοινωνιακά οφέλη για τους μαθητές (Polman & Gebre, 2015).

Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα εργασία εστιάζει στην ανάπτυξη Infographic στο πλαίσιο διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και πιο συγκεκριμένα για διδασκαλία STEM στην κλιματική αλλαγή, με επικέντρωση στην αύξηση διοξειδίου του άνθρακα. Ειδικότερα, απαντά στο ερώτημα «Πώς θα πρέπει να διαμορφωθεί το διδακτικό υλικό βασισμένο στο Infographic, ώστε να είναι κατάλληλο για εξ αποστάσεως ή/και μικτή διδασκαλία STEM στην κλιματική αλλαγή;».

2. Μεθοδολογία

Βασικές αρχές για την ανάπτυξη Infographic

Η ανάπτυξη Infographic για διδασκαλία STEM στην κλιματική αλλαγή, βασίστηκε κυρίως σε δύο μοντέλα που σχετίζονται: α) με βασικές ιδιότητες παρουσίασης ενός Infographic (Vanichvasin, 2013) και β) με διαφορετικούς τύπους ενός Infographic (Mahmoudi et al., 2017). Η αξιοποίηση του ενός μοντέλου, αφορούσε τη δημιουργία του Infographic αυτήν καθ' αυτήν. Σύμφωνα με τον Vanichvasin (2013), υπάρχουν πέντε (5) βασικές ιδιότητες τις οποίες πρέπει να πληροί ένα Infographic και ένας εκπαιδευτικός οφείλει να λάβει υπόψη κατά τη δημιουργία αυτού:

α) *Αμεσότητα*. Αναφέρεται στην οικειότητα που πρέπει να δημιουργείται στους εκπαιδευόμενους με το διδακτικό υλικό ώστε να ενθαρρύνονται να αναλάβουν δράση.

β) *Προσαρμοστικότητα*. Αναφέρεται στη δυνατότητα του κάθε μαθητή να εφαρμόσει το περιεχόμενο σύμφωνα με τις δικές του ανάγκες και να αλληλεπιδράσει με αυτό.

γ) *Επιτακτικότητα*. Αφορά την ανάγκη προσέλκυσης του ενδιαφέροντος των μαθητών ως προς τη συνέχεια των δραστηριοτήτων (τι θα συμβεί στην πορεία;), ώστε να καταστεί ισχυρά ακαταμάχητο.

δ) *Σημασία*. Αναφέρεται στις απαιτούμενες συνδέσεις που πρέπει να δημιουργεί το Infographic στους μαθητές, μεταξύ του περιεχομένου και διαφόρων εικόνων/ αναμνήσεων.

ε) Συνοχή. Αφορά τη δόμηση και την αξιοπιστία του μηνύματος το οποίο μεταδίδει το Infographic.

Όσον αφορά την πρώτη (αμεσότητα), οι μαθητές εξοικειώνονται με το περιεχόμενο καθώς καλούνται να υπολογίσουν το δικό τους αποτύπωμα άνθρακα. Στο πλαίσιο της δεύτερης κατηγορίας (προσαρμοστικότητα) οι μαθητές αλληλεπιδρούν με το περιεχόμενο καθώς μέρος των αναπαραστάσεων που έχουν αξιοποιηθεί είναι διαδραστικές, ώστε να επιλέγει ο μαθητής αυτό που θα διερευνήσει. Αναφορικά με την επιτακτικότητα, διάφορα μικρά ερωτήματα ενσωματώθηκαν στο υλικό, των οποίων στόχος είναι να ενεργοποιούν τους μαθητές και να τους προβληματίζουν για αυτό που θα ακολουθήσει. Ως προς την τέταρτη κατηγορία (σημασία), οι οπτικές αναπαραστάσεις (διαγράμματα διαφόρων τύπων) που έχουν αξιοποιηθεί και προαναφερθεί έχουν ως στόχο οι εκπαιδευόμενοι να αντιληφθούν σε μεγαλύτερο βαθμό τις μεταβολές των μεταβλητών που μελετούν. Ενδεικτικά στο Infographic «Ανθρωπογενείς δραστηριότητες» (Εικόνα 1), με την αξιοποίηση του χρονοδιαγράμματος (timeline), οι μαθητές συνειδητοποιούν τη δική τους συμβολή στην ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Τέλος, αναφορικά με την συνοχή, η σειρά τόσο των δραστηριοτήτων αλλά και του περιεχομένου σε ένα γενικότερο πλαίσιο είναι λογικά δομημένη, επιπλέον έχουν

αξιοποιηθεί σχετικές με το θέμα εικόνες ενώ στο τέλος των Infographics, γίνεται εμφανής η προέλευση των δεδομένων ώστε να καταστεί σαφής η αξιοπιστία του περιεχομένου.

Ταυτόχρονα, αξιοποιήθηκαν οι διάφοροι τύποι Infographic (Mahmoudi et al., 2017) στους οποίους προσαρμόστηκαν οι διερευνητικές δραστηριότητες. Οι τύποι αυτοί είναι οι παρακάτω:

α) *Διάγραμμα ροής*

β) *Χρονοδιάγραμμα*

γ) *Σύγκρισης/ Αντίθεσης*

ε) *Δεδομένων/ στατιστικών*

στ) *Χάρτες*

Το Infographic για STEM διδασκαλία στην κλιματική αλλαγή

Η ανάπτυξη του περιεχομένου για τα Infographics και πιο συγκεκριμένα οι δραστηριότητες για τη διδασκαλία STEM στην κλιματική αλλαγή βασίστηκαν στο μοντέλο «BSCS 5E» (Bybee et al., 2006). Αρχικά σχεδιάστηκε ένα αρχικό Infographic, το οποίο παρουσιάζει συνοπτικά και συνδυαστικά το περιεχόμενο της κλιματικής αλλαγής που μελετάται σε ένα γενικότερο πλαίσιο και, μερικά επιμέρους τα οποία έχουν ως βάση μερικές από τις Φυσικές έννοιες που προκύπτουν μέσω αυτής και όχι την περιβαλλοντική προσέγγιση του θέματος. Τα επιμέρους Infographics αναφέρονται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Στο Infographic «Φαινόμενο του θερμοκηπίου» έχουν αξιοποιηθεί διάφορα γραμμικά γραφήματα (line-chart) και ραβδογράμματα (bar-graphs), ενώ έγινε αναπαράσταση πειράματος αξιοποιώντας διάγραμμα ροής (flow-chart) για την πορεία διεξαγωγής του πειράματος, ενώ στην τελευταία φάση αυτού, τα αποτελέσματα προβάλλονται συγκριτικά (versus) ως προς το περιεχόμενο των δύο καταστάσεων που προκύπτουν. Όσον αφορά το δεύτερο και όπως φαίνεται ενδεικτικά (Εικόνα 1), πρόκειται για ένα Infographic στο οποίο μελετάται ο τρόπος με τον οποίον ο άνθρωπος ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Για αρχή, αποτυπώνονται μέσω ενός διαδραστικού Ευρωπαϊκού χάρτη οι τομείς ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και οι εκπομπές αυτών, για διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες. Κατόπιν, με την αξιοποίηση ενός χρονοδιαγράμματος (timeline), αποτυπώνονται οι εκπομπές ενός μέσου ατόμου κατά τη διάρκεια της ημέρας και στη συνέχεια, οι ίδιοι οι μαθητές υπολογίζουν το δικό τους αποτύπωμα άνθρακα εξάγοντας τα δικά τους συμπεράσματα. Σε κάθε περίπτωση, καλούνται να προτείνουν ενδεικτικές λύσεις μείωσης των παραπάνω εκπομπών.

Αξιολόγηση των Infographics

Με το πέρας της ανάπτυξης των Infographics, αυτά δόθηκαν σε δεκαέξι (16) μελλοντικούς εκπαιδευτικούς (τριτοετείς φοιτητές Π.Τ.Δ.Ε.) με σκοπό να τα αξιολογήσουν από διδακτικής άποψης. Αρχικά πραγματοποιήθηκε μία συνολική παρουσίαση των υλικών ώστε να αποσαφηνιστούν πιθανές απορίες των φοιτητών και στη συνέχεια, τους δόθηκε χρονικό περιθώριο μίας εβδομάδας με σκοπό να τα μελετήσουν μόνοι τους. Τέλος, ακολούθησαν ατομικές ημι-δομημένες συνεντεύξεις μέσης χρονικής διάρκειας 40 λεπτών και στη συνέχεια η απομαγνητοφώνηση αυτών. Οι ερωτήσεις κατά πλειοψηφία βασίστηκαν σε μερικές από τις ιδιότητες τις οποίες πρέπει να πληροί ένα Infographic (Vanichvasin, 2013). Αναπτύχθηκαν δύο κατευθύνσεις ανάλυσης δεδομένων, η μία είναι αναφορικά με τη διερεύνηση και η δεύτερη με την εννοιολογική κατανόηση σύμφωνα με τους άξονες των Polman & Gebre, (2015). Πιο συγκεκριμένα, οι προαναφερθέντες άξονες οι οποίοι αξιοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία και στους οποίους εστιάζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί είναι η οργάνωση και ο σχεδιασμός του περιεχομένου στο Infographic (Organization and design), οι αναπαραστάσεις (Representations) που ενσωματώθηκαν καθώς επίσης και τα δεδομένα

(Data and sources) που χρησιμοποιήθηκαν. Οι συγκεκριμένοι άξονες στο μοντέλο των Polman & Gebre (2015) αναλύονται μόνο ως προς την εννοιολογική κατανόηση, εφόσον όμως τα δύο Infographics αναπτύχθηκαν για τις ανάγκες διδασκαλίας εννοιών στην κλιματική αλλαγή, οφείλουμε να τα αναλύσουμε και ως προς τη διερευνητική τους πλευρά (Εικόνα 2).

Εικόνα 1: Infographic Ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Άξονες ανάλυσης	Υποκατηγορίες
Οργάνωση και σχεδιασμός περιεχομένου (Organization and design)	❖ Στατικό Διάγραμμα ροής και Σύγκρισης ❖ Στατικό Χρονοδιάγραμμα ❖ Διαδραστικός Χάρτης
Αναπαραστάσεις (Representations)	❖ Μέγεθος ❖ Χρώματα ❖ Αναγνωσιμότητα ❖ Εικόνες ❖ Σκίτσα ❖ Διαδραστικά Διαγράμματα
Δεδομένα (Data and sources)	❖ Ακρίβεια ❖ Συνάφεια ❖ Επάρκεια ❖ Πληρότητα ❖ Αξιοπιστία ❖ Επικαιροποίηση

Εικόνα 2: Άξονες ανάλυσης

3. Αποτελέσματα

Τα Infographics τα οποία αναπτύχθηκαν για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας (Φαινόμενο του Θερμοκηπίου και Ανθρωπογενείς Δραστηριότητες), όπως έχει προαναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια, αποτελούνται από τον συνδυασμό διαφόρων ειδών Infographics (όπως αναφέρονται στον άξονα ανάλυσης «Σχεδιασμός και Οργάνωση»), τα οποία και αξιολογήθηκαν από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς. Συμπερασματικά λοιπόν, προκύπτει, πως όσον αφορά τον πρώτο άξονα ανάλυσης («Σχεδιασμός και Οργάνωση»), ο οποίος εξετάζει τα διάφορα είδη Infographics, οι περισσότερες αναφορές των εκπαιδευτικών σημειώνονται στον διαδραστικό χάρτη και πιο συγκεκριμένα στις δυνατότητες αυτού στην κατανόηση που ενδεχομένως εξυπηρετεί τους/τις μαθητές/τριες. Σχετικά με τον δεύτερο άξονα, αυτόν των «Αναπαραστάσεων», έχουν αναλυθεί κατηγοριοποιημένες σε δύο ομάδες, αυτήν των χαρακτηριστικών και αυτήν των ειδών των αναπαραστάσεων. Σύμφωνα με τις αναφορές των μελλοντικών εκπαιδευτικών προκύπτει πως με εξαίρεση τα διαδραστικά διαγράμματα, όλες οι άλλες ιδιότητες αυτού του άξονα εξυπηρετούν στην κατανόηση του περιεχομένου με ελάχιστες αναφορές στη μάθηση μέσω διερεύνησης. Αντιθέτως, τα διαδραστικά διαγράμματα, φαίνεται να συμβάλλουν κατά πλειοψηφία και με μεγάλη απόκλιση από τα υπόλοιπα, στη διερεύνηση. Τέλος, αναφορικά με τα δεδομένα, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί κατά την αξιολόγηση των Infographics, επικεντρώθηκαν κατά πλειοψηφία σε μόνο δύο κατηγορίες, αυτήν της επάρκειας και αυτήν της πληρότητας.

4. Συμπεράσματα

Στόχος της εμπειρικής έρευνας είναι η δημιουργία διδακτικού υλικού βασισμένο στο Infographic, το οποίο θα προορίζεται τόσο για δια ζώσης όσο και για εξ αποστάσεως διδασκαλία STEM. Οι φοιτητές αξιολόγησαν τα Infographics ως διδακτικά υλικά ως μελλοντικοί εκπαιδευτικοί. Συμπερασματικά, φαίνεται να αναγνωρίζουν τις δυνατότητες που

προσφέρει το Infographic ως προς την κατανόηση των Φυσικών Επιστημών. Πιο συγκεκριμένα, αναγνωρίζουν τις δυνατότητες κατανόησης αλλά και τους περιορισμούς ως προς τη διερεύνηση που προσφέρουν τα διαφορετικά είδη Infographics και οι αναπαραστάσεις που αξιοποιήθηκαν, ταυτόχρονα όμως δίνουν ιδιαίτερη έμφαση στο ρόλο της διαδραστικότητας. Ειδικότερα, για τα διαδραστικά διαγράμματα θεωρούν ότι συμβάλλουν στη διερεύνηση καθώς μέσω αυτών μπορούν και συλλέγουν τα δεδομένα τους, ενώ όσον αφορά τον διαδραστικό χάρτη, θεωρούν ότι συμβάλλει στην κατανόηση του περιεχομένου καθώς ο όγκος των πληροφοριών είναι οργανωμένος και δεν συμπυκνώνεται πάνω στο διδακτικό υλικό προκαλώντας σύγχυση στους εκπαιδευόμενους.

5. Βιβλιογραφία

Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Scotter, P., Powell, J., Westbrook, A., et al., (2006). The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness, and Applications. Colorado Springs: BSCS.

Gebre, E. (2018). Learning with Multiple Representations: Infographics as Cognitive Tools for Authentic Learning in Science Literacy. *Canadian Journal of Learning and Technology, 44(1), pp. 1-24*. https://doi.org/10.21432/cjlt27572

Lankow, J., Ritchie, J., & Crooks, R. (2012). *Infographics: The power of visual storytelling*. Hoboken: John Wiley & Sons. ISBN: 978-1-118-42006-5

Mahmoudi, M. T., Mojtahedi, S., & Shams, S. (2017). AR-based value-added visualization of Infographic for enhancing learning performance. *Computer Applications in Engineering Education 25*(6), 1038-1052. https://doi.org/10.1002/cae.21853

Ozdamli , F., & Ozdal, H. (2018). Developing an Instructional Design for the Design of Infographics and the Evaluation of Infographic Usage in Teaching Based on Teacher and Student Opinions. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *14*(4), 1197-1219. https://doi.org/10.29333/ejmste/81868

Polman , J., & Gebre, E. (2015). Towards Critical Appraisal of Infographics as Scientific Inscriptions. *Journal of Research in Science Teaching*, *52*(6), 868–893. https://doi:10.1002/tea.21225

Vanichvasin, P. (2013). Enhancing the Quality of Learning Through the Use of Infographics as Visual Communication Tool and Learning Tool. *Proceedings ICQA 2013 International Conference on QA Culture: Cooperation or Competition*, pp. 135-142.

Yildirim, S. (2016). Infographics for Educational Purposes: Their Structure, Properties and Reader Approaches. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, *15*(3), pp. 98- 110.

Απόψεις Εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης για Πτυχές της Φύσης της Επιστήμης: η Περίπτωση της Σχέσης των Επιστημονικών Νόμων έναντι των Θεωριών

Γλυκερία Σκεύα[1], Άννα Κλώθου[2], Αναστάσιος Ζουπίδης[3]
[1]Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, [2]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, [3]Επίκουρος Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
glykskev@eled.duth.gr

Περίληψη

Η διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης κρίνεται απαραίτητη για τον επιστημονικό γραμματισμό των μαθητών και η αποτελεσματική διδασκαλία της απαιτεί ενημερωμένους εκπαιδευτικούς. Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η ανίχνευση των απόψεων εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών ΠΕ04 για τη σχέση των επιστημονικών νόμων έναντι των θεωριών. Επιλέχθηκαν η ποσοτική στρατηγική και το ερευνητικό εργαλείο SUSSI (Student Understanding of Science and Scientific Inquiry), που συνδυάζει ερωτήσεις κλειστού και ανοικτού τύπου. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με τα ευρήματα σχετικών διεθνών ερευνών, αναδεικνύοντας ότι οι επιστημονικοί νόμοι έναντι των θεωριών είναι μία πτυχή της ΦτΕ για την οποία οι Έλληνες εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν πολλές παρανοήσεις.

Abstract

The Nature of Science teaching is considered essential for students' scientific literacy and its effective teaching requires informed teachers. In the present study, the detection of Science teachers' views is attempted, regarding the relation between scientific laws and theories. The quantitative strategy was chosen, while the SUSSI (Student Understanding of Science and Scientific Inquiry) questionnaire was used for data collection, as it combines closed and open type tasks. The results are in line with findings of relevant international studies, showing that scientific laws versus theories are an aspect of the Nature of Science about which Greek teachers present many misconceptions.

Λέξεις κλειδιά: η Φύση της Επιστήμης, εκπαιδευτικοί ΠΕ04
Key words: nature of Science, secondary Science teachers

1. Εισαγωγή

Η Φύση της Επιστήμης (ΦτΕ) είναι μια έννοια πολυδιάστατη και προϋποθέτει τη συμβολή διάφορων επιστημονικών περιοχών (Φιλοσοφία, Ψυχολογία, Κοινωνιολογία, κ.ά.) ώστε να συγκροτηθεί και να προσδιοριστεί εννοιολογικά (Lederman et al., 2014). Ταυτόχρονα, η διδασκαλία της ΦτΕ θεωρείται απαραίτητη για τον επιστημονικό γραμματισμό των μαθητών (Höttecke & Allchin, 2020). Πτυχές της ΦτΕ αναπτύσσονται σε προγράμματα σπουδών διάφορων ευρωπαϊκών χωρών, των ΗΠΑ, της Αυστραλίας και της Ν. Αφρικής και προτείνονται από διεθνείς οργανισμούς, όπως ο ΟΟΣΑ, μέσω του προγράμματος αξιολόγησης PISA.

Σύμφωνα με τον McComas (2020), ορισμένες ιδέες που περιγράφουν τη ΦτΕ και μπορούν να τεθούν ως εκπαιδευτικοί στόχοι είναι ότι η επιστημονική γνώση βασίζεται στα εμπειρικά δεδομένα και έχει προσωρινό χαρακτήρα, η επιστήμη έχει υποκειμενικό χαρακτήρα, ενώ η θεωρία και οι νόμοι αποτελούν διακριτά είδη γνώσης.

Ωστόσο, οι μαθητές σπάνια διδάσκονται πτυχές της ΦτΕ, κυρίως γιατί οι εκπαιδευτικοί συναντούν δυσκολίες στην αποτελεσματική διδασκαλία τους (Capps & Crawford, 2013), αλλά και διότι πέρα από ορισμένες σημειώσεις στις εισαγωγές τους δεν υπάρχουν σημαντικές

αναφορές στα σχολικά εγχειρίδια. Αναγνωρίζοντας τον ρόλο των εκπαιδευτικών στον επιστημονικό γραμματισμό των μαθητών, σημαντικός αριθμός ερευνών μελετά τις απόψεις τους για τις πτυχές της ΦτΕ (Lederman et al., 2014). Σε αυτό το θέμα εστιάζει η παρούσα έρευνα ελλείψει σχετικών ερευνών στην Ελλάδα.

2. Μεθοδολογία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε την περίοδο Μαΐου-Ιουνίου 2021 και συμμετείχαν 157 εκπαιδευτικοί ΠΕ04, με τους άντρες να είναι λίγο περισσότεροι από τις γυναίκες. Η διδακτική εμπειρία της πλειονότητας είναι από 12 έως 23 έτη. Όσον αφορά το ανώτερο εκπαιδευτικό τους επίπεδο, οι περισσότεροι έχουν τίτλο μεταπτυχιακών σπουδών και οι μισοί έχουν παρακολουθήσει επιμορφώσεις σχετικές με τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Το ερευνητικό εργαλείο που επιλέχθηκε για τη συλλογή δεδομένων και μεταφράστηκε στα ελληνικά είναι το ερωτηματολόγιο Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI), που δημιουργήθηκε από τους Liang et al. (2008). Τα κριτήρια επιλογής του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου αφορούν την αξιοποίησή του σε άλλες χώρες, όπως οι ΗΠΑ, η Κίνα και η Τουρκία, τον αποδεκτό δείκτη εσωτερικής συνοχής και το γεγονός ότι συνδυάζει ερωτήσεις κλειστού και ανοικτού τύπου, εξασφαλίζοντας σε σημαντικό βαθμό την ανίχνευση των απόψεων των συμμετεχόντων. Ειδικότερα, αξιολογεί τις απόψεις των εκπαιδευτικών σε έξι πτυχές της ΦτΕ: παρατήρηση και συμπερασμός στην επιστημονική έρευνα, αλλαγή των επιστημονικών θεωριών, επιστημονικούς νόμους έναντι των θεωριών, κοινωνικές/πολιτισμικές επιδράσεις στην επιστημονική έρευνα, φαντασία/δημιουργικότητα των επιστημόνων και επιστημονική μεθοδολογία. Για καθεμία από αυτέςτις πτυχές υπάρχουν τέσσερις δηλώσεις κλειστού τύπου σε 5-βαθμη κλίμακα Likert και μία ερώτηση ανοικτού τύπου. Οι ερωτήσεις κλειστού τύπου περιλαμβάνουν δηλώσεις που αντιπροσωπεύουν είτε απλοϊκές απόψεις (naïve views) είτε ενημερωμένες απόψεις (informed views) για τη ΦτΕ (Πίνακας 1). Η εγκυροποίηση του μεταφρασμένου στα ελληνικά ερωτηματολογίου διασφαλίστηκε από δύο ερευνητές της ΔΦΕ, ενώ ο έλεγχος για την αξιοπιστία του έγινε με τον δείκτη Cronbach a, ο οποίος για το σύνολο των ερωτήσεων κλειστού τύπου ήταν 0,762 και κρίθηκε ικανοποιητικός.

3. Αποτελέσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της τρίτης πτυχής της ΦτΕ (επιστημονικοί νόμοι έναντι θεωριών), η οποία, σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία, παρουσιάζει τις περισσότερες παρανοήσεις. Συγκεκριμένα παρουσιάζονται α) τα αποτελέσματα της ανάλυσης δεδομένων από τις ερωτήσεις κλειστού τύπου, 5-βαθμης κλίμακας Likert, β) τα αποτελέσματα της ανάλυσης των ερωτήσεων ανοικτού τύπου, όπου αναζητήθηκαν οι απόψεις των εκπαιδευτικών μέσα από παραδείγματα που διατύπωσαν για τους επιστημονικούς νόμους έναντι των θεωριών, και γ) οι συσχετίσεις των απόψεων των εκπαιδευτικών για τους επιστημονικούς νόμους έναντι των θεωριών με τις απόψεις τους για τις υπόλοιπες από τις έξι πτυχές της ΦτΕ.

Βλέποντας αναλυτικά τα αποτελέσματα των απαντήσεων από τις τέσσερις δηλώσεις κλειστού τύπου, σε 5-βαθμη κλίμακα Likert (Πίνακας 1), παρατηρείται ότι: Στη δήλωση 1 οι κατηγορίες «συμφωνώ» και «συμφωνώ απόλυτα» συγκεντρώνουν την πλειονότητα των απαντήσεων (59,2%), ενώ σχεδόν το ένα τρίτο των συμμετεχόντων (29,3%) διαφωνούν ή διαφωνούν απόλυτα με τη θέση αυτή. Στη δήλωση 2 παρατηρείται μια διάχυση απαντήσεων στις κατηγορίες «διαφωνώ», «δεν είμαι σίγουρος/η» και «συμφωνώ» με αντίστοιχα ποσοστά 39,5%, 20,4% και 28,0%. Στη δήλωση 3 η συντριπτική πλειονότητα των συμμετεχόντων (79,6%) τάσσονται στις κατηγορίες «συμφωνώ» και «συμφωνώ απόλυτα». Τέλος, στη δήλωση 4 οι κατηγορίες «συμφωνώ» και «συμφωνώ απόλυτα» συγκεντρώνουν την πλειονότητα των συμμετεχόντων (63,0%).

Πίνακας 1: Απόψεις των εκπαιδευτικών για τους επιστημονικούς νόμους έναντι των θεωριών (ερωτήσεις κλειστού τύπου)

	ΔΑ*	**Δ**	**ΔΣ**	**Σ**	**ΣΑ**
1. Οι επιστημονικές θεωρίες υπάρχουν στον φυσικό κόσμο και ανακαλύπτονται μέσω επιστημονικών διερευνήσεων (-)**	**13 (8,3%)**	**33 (21,0%)**	**18 (11,5%)**	**79 (50,3%)**	**14 (8,9%)**
2. Σε αντίθεση με τις θεωρίες, οι επιστημονικοί νόμοι δεν υπόκεινται σε αλλαγές (-)	**12 (7,6%)**	**62 (39,5%)**	**32 (20,4%)**	**44 (28,0%)**	**7 4,5%)**
3. Οι επιστημονικοί νόμοι είναι θεωρίες που έχουν επαληθευτεί (-)	**10 (6,4%)**	**12 (7,6%)**	**10 (6,4%)**	**108 (68,8%)**	**17 (10,8%)**
4. Οι επιστημονικές θεωρίες επεξηγούν τους επιστημονικούς νόμους (+)	**4 (2,5%)**	**19 (12,1%)**	**35 (22,3%)**	**82 (52,2%)**	**17 (10,8%)**

*ΔΑ: Διαφωνώ Απόλυτα, Δ: Διαφωνώ, ΔΣ: Δεν είμαι Σίγουρος/η, Σ: Συμφωνώ, ΣΑ: Συμφωνώ Απόλυτα
** (+): ενημερωμένη άποψη (informed view), (-): απλοϊκή άποψη (naïve view)

Στην ανοικτή ερώτηση ανταποκρίθηκαν 34 από τους συμμετέχοντες στην έρευνα (Πίνακας 2) και η πλειονότητα των συμμετεχόντων (47,1%) είχαν απλοϊκές απόψεις για τους επιστημονικούς νόμους έναντι των θεωριών, 23,5% είχαν μεταβατικές απόψεις, το 14,7% είχε μη ταξινομήσιμες απαντήσεις και το 14,7% είχε ενημερωμένες απόψεις.

Σύμφωνα με τη ρουμπρίκα βαθμολόγησης της ανοικτής ερώτησης, για να θεωρηθεί μία απάντηση ως ενημερωμένη θα έπρεπε να αναφερθεί πως οι επιστημονικές θεωρίες είναι καλά τεκμηριωμένες εξηγήσεις φυσικών φαινομένων ή επιστημονικών νόμων και ότι οι επιστημονικοί νόμοι και οι θεωρίες υπόκεινται σε αλλαγές. Πολλοί από τους συμμετέχοντες στην έρευνα, στην ανοικτή ερώτηση υποστήριξαν πως οι επιστημονικές θεωρίες δεν αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου, εάν βασίζονται σε ακριβή πειράματα, με αποτέλεσμα να ταξινομηθούν στις απλοϊκές απόψεις.

Πίνακας 2: Απόψεις των εκπαιδευτικών για τους επιστημονικούς νόμους έναντι των θεωριών (ερώτηση ανοικτού τύπου)

Ανοικτή ερώτηση	**Μη ταξινομήσιμες απόψεις**	**Απλοϊκές απόψεις**	**Μεταβατικές απόψεις**	**Ενημερω-μένες απόψεις**	**Πλήθος συμμετεχόντων**
«Να εξηγήσετε με παραδείγματα τη φύση των επιστημονικών θεωριών και των επιστημονικών νόμων, καθώς και τη διαφορά μεταξύ τους»	**5 (14,7%)**	**16 (47,1%)**	**8 (23,5%)**	**5 (14,7%)**	**34**

Όταν αναζητήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ των έξι πτυχών της ΦτΕ (Πίνακας 3), διαπιστώθηκε ότι υπάρχει συσχέτιση στατιστικώς σημαντική μεταξύ των επιστημονικών νόμων έναντι των θεωριών και της αλλαγής των επιστημονικών θεωριών ($r=0,228$, $p< .05$), καθώς και των κοινωνικών και πολιτισμικών επιδράσεων στην επιστημονική έρευνα ($r=0,207$, $p< .05$).

Πίνακας 3: Συσχέτιση των απόψεων των εκπαιδευτικών μεταξύ των πτυχών της ΦτΕ

		ΦτΕ1	**ΦτΕ2**	**ΦτΕ3**	**ΦτΕ4**	**ΦτΕ5**	**ΦτΕ6**
ΦτΕ1	Συντελεστής συσχέτισης Pearson	1	**0,205***	0,120	**0,322****	**0,172***	0,136
	Τιμή του p-value (sig.)		**0,01**	0,134	**0,000**	**0,032**	0,090
ΦτΕ2	Συντελεστής συσχέτισης Pearson		1	**0,228****	0,100	0,107	0,085
	Τιμή του p-value (sig.)			**0,004**	0,212	0,181	0,289
ΦτΕ3	Συντελεστής συσχέτισης Pearson			1	**0,207****	0,052	0,124
	Τιμή του p-value (sig.)				**0,009**	0,514	0,121
ΦτΕ4	Συντελεστής συσχέτισης Pearson				1	**0,250****	**0,174***
	Τιμή του p-value (sig.)					**0,002**	**0,029**
ΦτΕ5	Συντελεστής συσχέτισης Pearson					1	0,056
	Τιμή του p-value (sig.)						0,483
ΦτΕ6	Συντελεστής συσχέτισης Pearson						1
	Τιμή του p-value (sig.)						

*p<0,05 **p<0,01

ΦτΕ1: Παρατήρηση και *συμπερασμός* στην επιστημονική έρευνα

ΦτΕ2: Αλλαγή των επιστημονικών θεωριών

ΦτΕ3: Επιστημονικοί *νόμοι* έναντι των επιστημονικών *θεωριών*

ΦτΕ4: Κοινωνικές και *πολιτισμικές* επιδράσεις στην επιστημονική έρευνα

ΦτΕ5: Φαντασία και *δημιουργικότητα* στην επιστημονική έρευνα

ΦτΕ6: Μεθοδολογία στην επιστημονική έρευνα

4. Συμπερασματικές επισημάνσεις

Οι πτυχές της ΦτΕ περιέχουν αλληλένδετες μεταξύ τους έννοιες που αφορούν εναλλακτικές απόψεις μαθητών, αλλά και εκπαιδευτικών και παρέχουν κατάλληλο πλαίσιο για την κατανόηση της επιστήμης και των ενεργειών των επιστημόνων (Bell et al., 2016). Στην παρούσα εργασία διερευνήσαμε τις απόψεις εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών σχετικά με μία από τις πτυχές της ΦτΕ και συγκεκριμένα σχετικά με τη σχέση των επιστημονικών νόμων έναντι των θεωριών, καθώς και τη συσχέτιση των απόψεών τους με τις υπόλοιπες πτυχές της ΦτΕ.

Η έρευνα έδειξε πως οι απόψεις των συμμετεχόντων, σχετικά με τη σχέση των επιστημονικών νόμων έναντι των θεωριών, είναι απλοϊκές. Πιο συγκεκριμένα, επικρατεί η απλοϊκή άποψη ότι οι επιστημονικές θεωρίες υπάρχουν στον φυσικό κόσμο και ανακαλύπτονται μέσω επιστημονικών διερευνήσεων και ότι οι επιστημονικοί νόμοι είναι

θεωρίες που έχουν επαληθευτεί. Επομένως, οι εκπαιδευτικοί δεν αναγνωρίζουν τους νόμους και τις θεωρίες ως δύο διακριτά είδη γνώσης, αλλά θεωρούν ότι αποτελούν δύο διαφορετικές μορφές της ίδιας γνώσης. Δηλαδή, υποστηρίζουν την απλοϊκή άποψη που αναφέρουν οι McComas & Olson (1998), πως όταν υπάρχουν αρκετά στοιχεία, δημιουργείται μία αναπτυξιακή διαδικασία, κατά την οποία οι θεωρίες οδηγούνται στην πλήρη αποδοχή ως νόμοι. Έτσι δημιουργείται η πεποίθηση ότι οι νόμοι είναι περισσότερο ασφαλείς από τις θεωρίες. Επιπλέον, σημαντικό μέρος των συμμετεχόντων θεωρεί ότι, σε αντίθεση με τις θεωρίες, οι επιστημονικοί νόμοι δεν υπόκεινται σε αλλαγές. Η συγκεκριμένη άποψη υποδηλώνει ότι οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται να αποδεχτούν την προσωρινότητα της επιστημονικής γνώσης. Παρόλα αυτά, η πλειονότητα των συμμετεχόντων συμφώνησε με την ενημερωμένη άποψη ότι οι θεωρίες επεξηγούν τους επιστημονικούς νόμους, 'πέφτοντας' σε αντιφάσεις και ενισχύοντας τη θέση πως οι απόψεις τους για τους νόμους και τις θεωρίες είναι απλοϊκές.

Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν πολλοί ερευνητές, όπως οι Lederman et al. (2014), Mesci & Schwartz (2017) και Stefanidou & Skordoulis (2017). Μάλιστα οι Mesci & Schwartz (2017) αναφέρουν ότι, μετά από εξάμηνη παρέμβαση, οι εκπαιδευτικοί συνέχιζαν να έχουν την απλοϊκή άποψη ότι οι θεωρίες όταν ωριμάζουν γίνονται νόμοι και ότι οι νόμοι δεν υπόκεινται σε αλλαγές.

Οι απόψεις των εκπαιδευτικών για τους επιστημονικούς νόμους έναντι των θεωριών σχετίζονται με τις απόψεις τους για την αλλαγή των επιστημονικών θεωριών και με τις κοινωνικές και πολιτισμικές επιδράσεις στην επιστημονική έρευνα. Αναμενόμενο, καθώς όταν κανείς αναγνωρίζει την προσωρινότητα της επιστημονικής γνώσης, αλλά και την επίδραση της κοινωνίας και του πολιτισμού στην επιστημονική έρευνα, δέχεται και τις αλλαγές στους επιστημονικούς νόμους.

Θεωρούμε πως αν δεν υπήρχαν οι περιορισμοί της πανδημίας, ο συνδυασμός του ερωτηματολογίου SUSSI με ημιδομημένες συνεντεύξεις, θα έδινε ακόμη καλύτερη 'εικόνα' των απόψεων των συμμετεχόντων στην έρευνα.

5. Βιβλιογραφία

Bell, R. L., Mulvey, B. K., & Maeng, J. L. (2016). Outcomes of nature of science instruction along a context continuum: Preservice secondary science teachers' conceptions and instructional intentions. *International Journal of Science Education*, *38*(3), 493-520. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1151960

Capps, D. K., & Crawford, B. A. (2013). Inquiry-based instruction and teaching about nature of science: Are they happening?. *Journal of Science Teacher Education*, *24*(3), 497-526. https://doi.org/10.1007/s10972-012-9314-z

Höttecke, D., & Allchin, D. (2020). Reconceptualizing nature-of-science education in the age of social media. *Science Education*, *104*(4), 641-666. https://doi.org/10.1002/sce.21575

Lederman, N. G., Antink, A., & Bartos, S. (2014). Nature of science, scientific inquiry, and socio-scientific issues arising from genetics: A pathway to developing a scientifically literate citizenry. *Science & Education*, *23*(2), 285-302. https://doi.org/10.1007/s11191-012-9503-3

Liang, L. L., Chen, S., Chen, X., Kaya, O. N., Adams, A. D., Macklin, M., & Ebenezer, J. (2008). Assessing preservice elementary teachers' views on the nature of scientific knowledge: A dual-response instrument. *Asia-Pacific Forum on science learning and teaching, 9*(1), 1-20. Ανακτήθηκε από: https://www.eduhk.hk/apfslt/download/v9_issue1_files/liang.pdf

McComas, W. F. (Επιμ.) (2020). *Nature of science in science instruction: Rationales and strategies*. Springer Nature. ISBN: 978-3-030-80201-1

McComas, W. F., & Olson, J. K. (1998). The nature of science in international science education standards documents. Στο W. F. McComas (επιμ.) *The nature of science in science education: Rationales and Strategies. Science & Technology Education Library, vol 5.* (σ. 41-52). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/0-306-47215-5_2

Mesci, G., & Schwartz, R. S. (2017). Changing preservice science teachers' views of nature of science: Why some conceptions may be more easily altered than others. *Research in Science Education*, *47*(2), 329-351. https://doi.org/10.1007/s11165-015-9503-9

Stefanidou, C., & Skordoulis, C. (2017). Primary Student Teachers' Understanding of Basic Ideas of Nature of Science: Laws, Theories and Models. *Journal of Studies in Education*, *7*(1), 127-153. http://dx.doi.org/10.5296/jse.v7i1.10599

Εργασίες Υποψηφίων Διδακτόρων

Το Ενεργειακό Αποτύπωμα και η Διερεύνηση του Επιπέδου Κατανόησής του από Μαθητές/τριες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Προσπάθεια για Εννοιολογική Ανάπτυξη και Ενεργό Συμμετοχή τους στη Μείωσή του μέσω Διδακτικής Παρέμβασης

Νικόλαος Γαλάνης[1], Γεώργιος Μαλανδράκης[2]
[1]Υποψήφιος Διδάκτορας, [2]Επίκουρος Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η παρούσα διατριβή έχει ως σκοπό τη διερεύνηση του επιπέδου κατανόησης της έννοιας του ενεργειακού αποτυπώματος (ΕΑ) από μαθητές/τριες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και την προσπάθεια ενεργού συμμετοχής τους στη μείωσή του, μέσω διδακτικής παρέμβασης. Στην πρώτη έρευνα αναπτύχθηκε ερωτηματολόγιο δώδεκα εικόνων που απεικονίζουν καθημερινά προϊόντα ή υπηρεσίες και συμμετείχαν 416 μαθητές/τριες του πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι μαθητές/τριες δεν κατανοούν την έννοια του ΕΑ. Στη δεύτερη έρευνα σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μία Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) διάρκειας 20 ωρών, σε 80 μαθητές/τριες Α΄ Γυμνασίου, με σκοπό την αλλαγή των αντιλήψεων και πρακτικών τους προς την αειφορική χρήση ενέργειας.

Abstract

The present thesis explores the secondary school students' understanding about the energy footprint (EF) concept and the effort of their active participation in its reduction, through intervention. In the first survey, 416 students of the urban complex of Thessaloniki participated by using a developed questionnaire with images, depicting everyday products or services. Results indicate that students do not apprehend the EF concept. While in the second, a Teaching- Learning Sequence (TLS) was designed and implemented with a duration of twenty 20 hours, in 80 7th grade students, with the aim of changing their perceptions and practices towards sustainable energy use.

Λέξεις κλειδιά: ενεργειακό αποτύπωμα (ΕΑ), ερωτηματολόγιο με εικόνες, διδακτική μαθησιακή ακολουθία (ΔΜΑ), μαθητές/τριες Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Key words: energy footprint (EF), questionnaire image tool, secondary school students, teaching learning sequence (TLS)

1. Εισαγωγή

Η έννοια της βιωσιμότητας συνδέεται με τα αποτυπώματα, που αποτελούν περιβαλλοντικούς δείκτες της (O'Gorman & Davis, 2013), και χρησιμοποιούνται και στην εκπαίδευση (Nunes et al., 2013). Το Οικολογικό Αποτύπωμα (ΟΑ) περιλαμβάνει πέντε κατηγορίες κατανάλωσης φυσικών πόρων από τον άνθρωπο (ενέργεια, κατοικίες-υποδομές, ξυλεία-χαρτί, τρόφιμα-ίνες και θαλασσινές τροφές), καθώς και τα παραγόμενα απορρίμματα από την κατανάλωση αυτή (Borucke et al., 2013). Το Ενεργειακό Αποτύπωμα (ΕΑ) αποτελεί τη σημαντικότερη συνιστώσα του ΟΑ, αντιστοιχώντας στο 54% αυτού (Borucke et al., 2013), και το οποίο είναι αποκλειστικά αφιερωμένο σε ένα μόνο απόβλητο, το διοξείδιο του άνθρακα (CO2). Σημειώνεται ότι το ΕΑ, αναφέρεται στη συνολική ποσότητα ανθρωπογενούς CO2 που απαιτείται για την δημιουργία ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας, σε όλο τον κύκλο ζωής τους,

και μετριέται σε παγκόσμια εκτάρια (gha) παραγωγικής γης ή υδάτων τα οποία απαιτούνται για την απορρόφησή του (Fang et al., 2014).

Η κλιματική αλλαγή οφείλεται στις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου (GHGs) (Fang et al., 2014). Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις περιγραφής τους, το ΕΑ και το ανθρακικό αποτύπωμα (ΑΑ). Η διαφορά τους είναι ότι στο ΑΑ υπολογίζονται οι εκπομπές των έξι αεριών του θερμοκηπίου τα οποία περιλαμβάνονται στο Πρωτόκολλο του Κιότο: CO_2, μεθάνιο (CH_4), μονοξείδιο του αζώτου (N_2O), υδροφθοράνθρακες (HFCs), υπερφθοράνθρακες (PFCs) και εξαφθοριούχο θείο (SF_6) (Boruche et al., 2013), ενώ στο ΕΑ μόνο το CO_2. Κατά τη διάρκεια της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και τη δημιουργία του ερευνητικού εργαλείου της πρώτης έρευνας κρίθηκε απαραίτητη η χρήση της έννοιας του ΑΑ έναντι του ΕΑ.

Η πλειοψηφία των μέχρι τώρα ερευνών επικεντρώνεται στη μέτρηση του ΟΑ/ΕΑ/ΑΑ μαθητών/τριών ή εκπαιδευτικών μονάδων (Li et al., 2015), με τη σύγκρισή του και με διοικητικές -και όχι διδακτικές- παρεμβάσεις με σκοπό τη μείωσή του (Collins et al., 2018). Επομένως, δεν υπάρχουν έρευνες για την κατανόηση των εννοιών αυτών από Έλληνες μαθητές/τριες και την έλλειψη αυτή έρχεται να συμπληρώσει η παρούσα διατριβή, σκοπός της οποίας είναι η διερεύνηση της κατανόησης της έννοιας του ΑΑ από μαθητές/τριες Β/θμιας Εκπ/σης και η προσπάθεια για μείωσή του μέσω διδακτικής παρέμβασης.

Τα ερευνητικά ερωτήματα (1-3) και υποερωτήματα (4-5) της πρώτης έρευνας είναι τα εξής:

1. Ποιο είναι το αρχικό επίπεδο κατανόησης της έννοιας του ΑΑ από μαθητές/τριες Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης; (ερωτ. 1α-12α ερωτηματολογίου)
2. Ποια είναι η πιθανή εξέλιξη κατανόησης της έννοιας του ΑΑ ανάμεσα στις διάφορες ηλικιακές ομάδες (τέλος Δημοτικού, τέλος Γυμνασίου και τέλος Λυκείου); (ερωτ. 1α-12α)
3. Ποιος είναι ο βαθμός επίδρασης στο περιβάλλον από τη χρήση ενέργειας, σύμφωνα με τους μαθητές/τριες Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης; (ερωτ. 1β-12β)
4. Ποιες είναι οι πιο αρνητικές και θετικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις της χρήσης ενέργειας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής των προϊόντων ή υπηρεσιών; (ερωτ. 1γ-12γ)
5. Ποιους τρόπους μείωσης της ενέργειας προτείνουν οι μαθητές/τριες Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης; (ερωτ. 13)

Το ερευνητικό ερώτημα της δεύτερης έρευνας είναι το εξής:

1. Σε ποιο βαθμό το επίπεδο κατανόησης των μαθητών/τριών για το ΑΑ μπορεί να βελτιωθεί μετά από σχετική διδακτική παρέμβαση;

2. Μεθοδολογία

Το ερευνητικό μέρος περιλαμβάνει δύο (2) κύριες έρευνες. Στην πρώτη διερευνήθηκε το επίπεδο κατανόησης του ΑΑ 416 μαθητών/τριών Β/θμιας Εκπ/σης του πολεοδομικού συγκροτήματος της Θεσσαλονίκης και ειδικότερα από τις τάξεις Α΄ Γυμνασίου, και Α΄ και Γ΄ Λυκείου. Με τον τρόπο αυτό διερευνήθηκε και η εξέλιξη κατανόησης της έννοιας του ΑΑ ανάμεσα στις διάφορες ηλικιακές ομάδες.

Ερευνητικό εργαλείο αποτέλεσε ένα ερωτηματολόγιο δώδεκα εικόνων που απεικονίζουν καθημερινά προϊόντα ή υπηρεσίες και συνδυάζει τη συλλογή ποιοτικών και ποσοτικών δεδομένων, βασιζόμενο σε αντίστοιχα ανάλογων ερευνών της διεθνούς βιβλιογραφίας (DeWaters & Powers, 2012). Για την αξιοπιστία και εγκυρότητα του εργαλείου ζητήθηκε η συμβολή εκπαιδευτικών Δευτεροβάθμιας και Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης. Διενεργήθηκαν προπαρασκευαστικές συνεντεύξεις με μαθητές/τριες Γυμνασίου, υλοποιήθηκε πιλοτική εφαρμογή του για τον έλεγχο κατανόησης του περιεχομένου και της συμβατότητάς του με την

ηλικία τους. Ο έλεγχος αυτός αφορούσε και στην εσωτερική συνοχή, αντικειμενικότητα, σαφήνεια και πρακτικότητα του. Τέλος, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των δεδομένων.

Οι δώδεκα εικόνες οι οποίες περιλαμβάνονταν στο ερωτηματολόγιο αντιστοιχούσαν στους έξι τομείς του ΑΑ (δύο εικόνες/τομέα), καλύπτοντας όλες τις περιπτώσεις της έννοιάς του (Πίνακας 1). Συγκεκριμένα, οι έξι (6) τομείς του ΑΑ είναι: (i) χρήση ενέργειας από άμεση κατανάλωση ορυκτών καυσίμων (Trappey et al., 2011), (ii) χρήση ενέργειας από έμμεση κατανάλωση ορυκτών καυσίμων (Trappey et al., 2011), (iii) χρήση ενέργειας από μη ορυκτά καύσιμα (Patel, 2006), (iv) χρήση ενέργειας που αντιστοιχεί στο μερίδιο της χώρας από το παγκόσμιο εμπόριο (Galli et al., 2012), (v) αρνητικό ΑΑ (Galli et al., 2012), (vi) μη ύπαρξή του ΑΑ (αυτός ο τομέας δεν υπάρχει στην βιβλιογραφία, αλλά δημιουργήθηκε με σκοπό τον έλεγχο της ικανότητας των συμμετεχόντων να διακρίνουν περιπτώσεις ύπαρξης ή μη του ΑΑ).

Πίνακας 1: Τομείς του ΑΑ σε αντιστοιχία με τις εικόνες του ερωτηματολογίου

Τομείς ΑΑ	**Εικόνες ερωτηματολογίου**
i) Χρήση ενέργειας από άμεση κατανάλωση ορυκτών καυσίμων	1. Φορητός υπολογιστής 2. Κλιματιστικό (θέρμανση- ψύξη)
ii) Χρήση ενέργειας από έμμεση κατανάλωση ορυκτών καυσίμων	3. Εμφιαλωμένο μπουκάλι νερού (αχρησιμοποίητο) 4. Κινητό τηλέφωνο (αχρησιμοποίητο)
iii) Χρήση ενέργειας από μη ορυκτά καύσιμα	5. ΧΥΤΑ (Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων) 6. Μονάδα σταβλισμένης κτηνοτροφίας
iv) Χρήση ενέργειας που αντιστοιχεί στο μερίδιο της χώρας από το παγκόσμιο εμπόριο	7. Μεταφορές 8. Μπανάνες από το Εκουαδόρ (Λατινική Αμερική)
v) Αρνητικό ΑΑ	9. Δέντρο 10. Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
vi) Μη ύπαρξή του ΑΑ	11. Φυσική πηγή νερού 12. Ιαματικές πηγές

Σε κάθε εικόνα αντιστοιχούσαν τρεις ερωτήσεις: (α) Πού χρησιμοποιείται ενέργεια σε όλα τα στάδια ζωής του προϊόντος ή υπηρεσίας (ανοικτού τύπου), (β) Αν η χρησιμοποιούμενη ενέργεια έχει επιπτώσεις στο περιβάλλον (κλίμακα από -4 έως +4), και (γ) Με ποιο τρόπο γίνεται ο επηρεασμός αυτός (ανοικτού τύπου) (Εικόνα 1). Τέλος, υπήρχε και μια ερώτηση η οποία ζητούσε από τους συμμετέχοντες να προτείνουν τρόπους μείωσης της χρησιμοποιούμενης ενέργειας στις προαναφερθείσες δώδεκα περιπτώσεις.

4. Κινητό τηλέφωνο (αχρησιμοποίητο)

4.α. Πού χρησιμοποιείται ενέργεια σε όλα τα στάδια ζωής του;

4.β. Σε όλα τα στάδια της ζωής του, πώς επηρεάζει το περιβάλλον; *(κυκλώστε αυτό που νομίζετε πιο σωστό)*

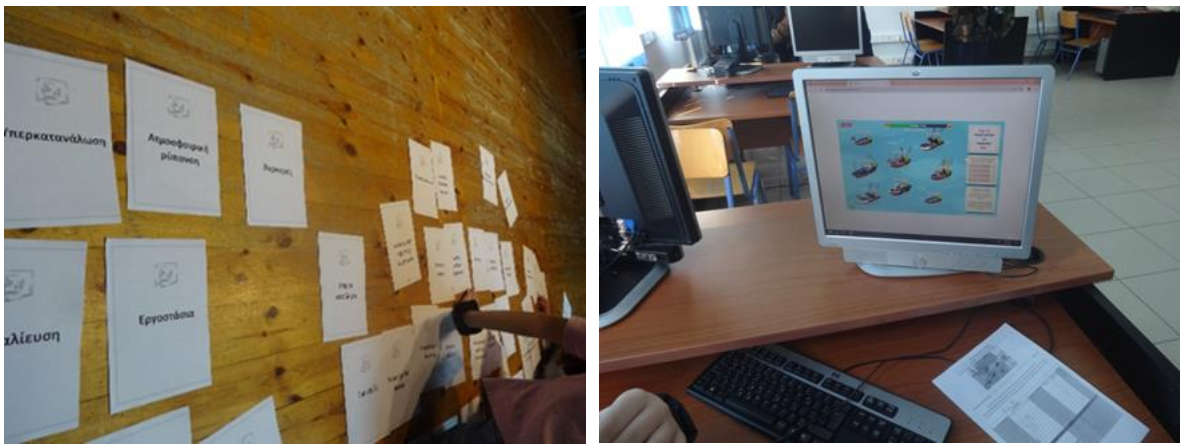
Θετικά:				Είναι ουδέτερο	Αρνητικά:			
Πάρα πολύ	Πολύ	Αρκετά	Λίγο	Καθόλου	Λίγο	Αρκετά	Πολύ	Πάρα πολύ
4	3	2	1	0	1	2	3	4

4.γ. Εξηγήστε πώς γίνεται αυτό *(Δώστε, αν θέλετε, 1-2 παραδείγματα για να εξηγήσετε τη γνώμη σας)*

Εικόνα 1: Παράδειγμα της τέταρτης εικόνας του ερωτηματολογίου με τις αντίστοιχες ερωτήσεις

Στη δεύτερη έρευνα, που ακολούθησε μετά την ανάλυση των δεδομένων της πρώτης, πραγματοποιήθηκε (Μάρτιος- Μάιος 2022) διδακτική παρέμβαση (ΔΜΑ) διάρκειας ~20 διδακτικών ωρών με σκοπό την εννοιολογική ανάπτυξη και ενεργό συμμετοχή των συμμετεχόντων μαθητών/τριών στη μείωση του ΑΑ (Εικόνα 2,3). Οι Διδακτικές Μαθησιακές

Ακολουθίες (ΔΜΑ) αποτελούν διδακτικές παρεμβάσεις, ήτοι δυναμικά εργαλεία για τη βελτίωση της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών (Meheut, 2005).



Εικόνα 2, 3: Δραστηριότητες ΔΜΑ σε αμφιθέατρο και αίθουσα υπολογιστών

Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε ΔΜΑ σε τέσσερα (4) τμήματα της Α΄ Γυμνασίου (~80 μαθητές/τριες) και θα ελεγχθεί η αρχική (pre) και η μετά (post) τη διδακτική παρέμβαση αξιολόγηση της μάθησης των συμμετεχόντων, μέσω της χορήγησης των ίδιων ερευνητικών εργαλείων. Τα ερευνητικά εργαλεία είναι τα εξής: 1) Ερωτηματολόγιο με εικόνες (χρησιμοποιήθηκε και στην πρώτη έρευνα), 2) Εννοιολογικός Χάρτης, 3) Μέτρηση του ΟΑ των συμμετεχόντων/ουσών με τον ελληνικό διαδικτυακό μετρητή ΟΑ (https://greekecologicalfootprint.web.auth.gr/) (Εικόνα 4, 5) και 4) Συνέντευξη.

Εικόνα 4, 5: Ελληνικός διαδικτυακός μετρητής ΟΑ και ΦΕ συμπλήρωσης μέτρησης του

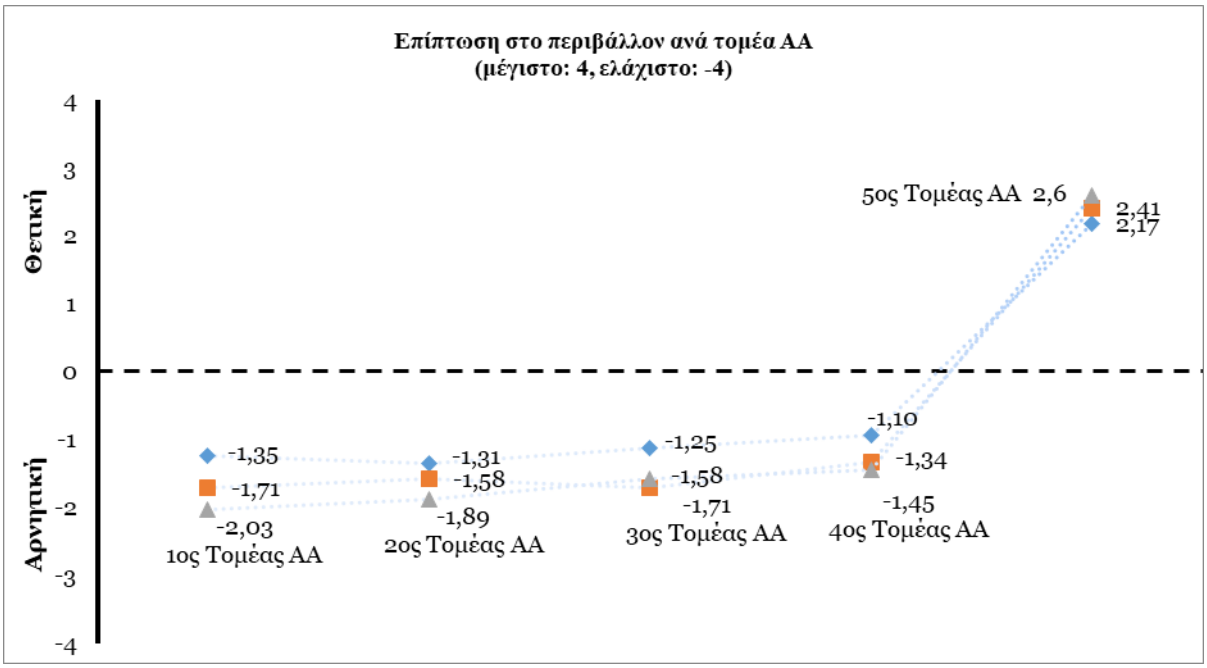
3. Αποτελέσματα

Τα κυριότερα αποτελέσματα που προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων της πρώτης έρευνας είναι τα εξής:

- Οι μαθητές/τριες δεν κατανοούν ότι απαιτείται ενέργεια στα στάδια ζωής πριν (πρώτες ύλες) και μετά (τελική διάθεση) τη χρήση των προϊόντων ή υπηρεσιών και ότι

δύναται να υπάρξει αρνητικό ή καθόλου ΑΑ. Το στάδιο στο οποίο αναγνωρίζουν περισσότερο τη χρήση ενέργειας είναι το στάδιο της χρήσης. Όσο μεγαλύτερη είναι η τάξη φοίτησης τόσο μεγαλύτερο και το ποσοστό αναγνώρισης αυτού του σταδίου (Ερευνητικό ερώτημα 1 και 2 πρώτης έρευνας).

- Ο μέσος όρος επηρεασμού του περιβάλλοντος ήταν -0.74, υποδηλώνοντας ότι οι μαθητές/τριες αναγνωρίζουν μια ελαφρά αρνητική επίδραση στο περιβάλλον από τη χρήση ενέργειας). Στην ερώτηση αυτή δεν συμπεριλήφθηκε ο έκτος τομέας ΑΑ διότι δεν υφίσταται ύπαρξη ΑΑ (Ερευνητικό ερώτημα 3 πρώτης έρευνας)(Γράφημα 1).



Γράφημα 1: Ο βαθμός επίπτωσης στο περιβάλλον ανά Τομέα ΑΑ

- Οι μαθητές/τριες θεωρούν ότι οι σημαντικότεροι αρνητικοί τρόποι επίδρασης στο περιβάλλον εξαιτίας της χρήσης ενέργειας είναι η ίδια η κατανάλωση ενέργειας, η πρόκληση αερίων του θερμοκηπίου, η τελική απόθεση των προϊόντων χωρίς ανακύκλωση, η επιβάρυνση της ανθρώπινης υγείας και η αποψίλωση των δασών. Αντίθετα, οι θετικοί τρόποι επίδρασης είναι η αύξηση της παραγωγής τροφής, η διευκόλυνση της ανθρώπινης ζωής και μεταφοράς (Ερευνητικό υποερώτημα 4 πρώτης έρευνας).
- Η κατανάλωση τροφής και νερού, αν και είναι από τους σημαντικότερους τομείς επιβάρυνσης του ΑΑ, δεν αποτελούν για τους μαθητές/τριες βασικούς προτεινόμενους τομείς μείωσης της χρήσης ενέργειας. Συγκεκριμένα, ο μέσος όρος του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών/τριών και των τριών τάξεων κινούνται προς την κατεύθυνση της εξοικονόμησης ενέργειας (59%) και της μείωσης χρήσης προϊόντων ή υπηρεσιών (46%). Ακολουθούν οι μεταφορές (26,3%) και με πολύ χαμηλά ποσοστά η τροφή (8,3%) και το νερό (6,6%)(Πίνακας 2). Τα ευρήματα της παρούσας έρευνας περί τροφής (8,3%) δεν συμφωνούν με αυτά των Collins et al. (2018) (40%). (Ερευνητικό υποερώτημα 5 πρώτης έρευνας)(Πίνακας 2).

Πίνακας 2: Προτεινόμενοι τρόποι μείωσης της χρήσης ενέργειας στα στάδια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή υπηρεσίας από τους μαθητές/τριες

Τομείς μείωσης	Τάξη	Ποσοστό απαντήσεων	Ενδεικτικοί προτεινόμενοι τρόποι μείωσης της χρήσης ενέργειας (με σειρά συχνότερης εμφάνισης)
Ενέργεια	7η	62%	• Εξοικονόμηση ενέργειας (κλείσιμο φώτων, απενεργοποίηση ηλεκτρικών συσκευών) • Μείωση χρήσης ηλεκτρικών συσκευών, κινητών, υπολογιστών, κλιματιστικού • Χρήση ΑΠΕ (και μείωση λιγνίτη, πετρελαίου) • Χρήση ηλιακών θερμοσιφώνων
	10η	59%	
	12η	56%	
Προϊόντα-υπηρεσίες	7η	45%	• Ανακύκλωση • Μείωση σκουπιδιών • Μείωση χρήσης πλαστικού • Αποφυγή υπερκατανάλωσης
	10η	41%	
	12η	52%	
Μεταφορές /Μετακινήσεις	7η	27%	• Πόδια, ποδήλατο • Μέσα Μαζικής Μεταφοράς αντί αυτοκινήτου • Ηλεκτρικά αυτοκίνητα
	10η	21%	
	12η	31%	
Νερό	7η	13%	• Εξοικονόμηση νερού (κλείσιμο βρύσης κατά το πλύσιμο των δοντιών- ξυρίσματος- πλυσίματος πιάτων, χρήση φίλτρου νερού)
	10η	4%	
	12η	3%	
Τροφή	7η	6%	• Προτίμηση σε εγχώρια, τοπικά προϊόντα • Προτίμηση σε βιολογικά προϊόντα • Προτίμηση σε εποχιακά προϊόντα • Κατανάλωση μικρότερης ποσότητας κρέατος, φρούτων
	10η	13%	
	12η	6%	

Η δεύτερη έρευνα βρίσκεται υπό εξέλιξη. Έχουν ολοκληρωθεί: 1) η μεθοδολογία και ο σχεδιασμός της, 2) η ανάπτυξη του ερευνητικού εργαλείου (ΔΜΑ 20 διδακτικών ωρών), 3) ο προσδιορισμός του πληθυσμού, 4) η εφαρμογή της (03-05/2022) και 5) η συλλογή του ερευνητικού υλικού. Αναμένεται η στατιστική επεξεργασία του και η εξαγωγή των αποτελεσμάτων και συμπερασμάτων της έρευνας.

4. Συμπεράσματα

Η βασική διαπίστωση από την πρώτη έρευνα είναι ότι οι μαθητές/τριες δεν κατανοούν την έννοια του ΑΑ και συγκεκριμένα ότι απαιτείται ενέργεια στα στάδια ζωής πριν (πρώτες ύλες) και μετά (τελική διάθεση) τη χρήση των προϊόντων ή υπηρεσιών και ότι δύναται να υπάρξει αρνητικό ή καθόλου ΑΑ. Επίσης, ο μέσος όρος βαθμού επίπτωσης στο περιβάλλον ανά τομέα ΑΑ, είναι ελαφρά αρνητικός. Ενώ, όσον αφορά την κατανάλωση τροφής και νερού, ως προτεινόμενους τρόπους μείωσης της χρήσης ενέργειας στα στάδια ζωής ενός προϊόντος ή υπηρεσίας από τους μαθητές/τριες, αν και είναι από τους σημαντικότερους τομείς περιβαλλοντικής επιβάρυνσης του ΑΑ, έχουν πολύ χαμηλά ποσοστά. Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκε η δεύτερη έρευνα που σκοπό έχει να καταδείξει σε ποιο βαθμό το επίπεδο κατανόησης των μαθητών/τριών για το ΑΑ μπορεί να βελτιωθεί μετά από σχετική διδακτική παρέμβαση (ΔΜΑ 20 διδακτικών ωρών).

Επειδή, όμως, το ΑΑ είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την επιλογή των κατάλληλων περιβαλλοντικών μέτρων που θα βοηθήσουν στη μείωσή του (Li et al., 2008), προτείνεται η συνέχιση της έρευνας και σε μαθητές/τριες άλλων σχολείων και άλλων πόλεων. Ακόμη, προτείνεται η ενσωμάτωση της διδασκαλίας της έννοιας του ΑΑ στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών και στην ευρύτερη εκπαιδευτική διαδικασία. Κατανοώντας οι μαθητές/τριες την έννοιά του, μπορούν να ευαισθητοποιηθούν και κατ' επέκταση να τροποποιήσουν τις καθημερινές τους συνήθειες, καθιστώντας τις περισσότερο βιώσιμες.

5. Βιβλιογραφία

Borucke, M., Moore, D., Cranston, G., Gracey, K., Iha, K., Larson, J., & Galli, A. (2013). Accounting for demand and supply of the biosphere's regenerative capacity: The National Footprint Accounts' underlying methodology and framework. *Ecological Indicators, 24,* 518-533. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.08.005

Collins, A., Galli, A., Patrizi, N. & Pulselli, F.M. (2018). Learning and teaching sustainability: The contribution of Ecological Footprint calculators. *Journal of Cleaner Production, 174,* 1000-1010. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.024

DeWaters, J. & Powers, S. (2012). Establishing measurement criteria for an energy literacy questionnaire. *The Journal of Environmental Education, 44*(1), 38-55. https://doi.org/10.1080/00958964.2012.711378

Fang, K., Heijungs, R., & De Snoo, G.R. (2014). Theoretical exploration for the combination of the ecological, energy, carbon, and water footprints: Overview of a footprint family. *Ecological Indicators, 36*, 508-518. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.08.017

Galli, A., Kitzes, J., Niccolucci, V., Wackernagel, M., Wada, Y., & Marchettini, N. (2012). Assessing the global environmental consequences of economic growth through the Ecological Footprint: A focus on China and India. *Ecological Indicators, 17,* 99-107. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.022

Li, G. J., Wang, Q, Gu, X. W., Liu, J. X., Ding, Y., & Liang, G. Y. (2008). Application of the componential method for ecological footprint calculation of a Chinese university campus. *Ecological Indicators, 8*(1), 75-78. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.01.007

Li, X., Tan, H. & Rackes, A. (2015). Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China. *Journal of Cleaner Production, 106,* 97-108. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.084

Meheut, M. (2005). Teaching-learning sequences tools for learning and/or research. Στο K. Boersma, M. Goedhart, O. Jong, H. Eijkelhof (επιμ.) *Research and the Quality of Science Education*, σ. 195-207. https://doi.org/10.1007/1-4020-3673-6_16

Nunes, L. M., Catarino, A., Ribau Teixeira, M., Cuesta E. M. (2013). Framework for the Inter-comparison of Ecological Footprint of Universities. *Ecological Indicators, 32,* 276-284. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.04.007

O'Gorman, L., Davis, J. (2013). Ecological Footprinting: Its Potential as a Tool for Change in Preservice Teacher Education. *Environmental Education Research, 19*(6), 779-791. https://doi.org/10.1080/13504622.2012.749979

Patel, J. (2006). Green sky thinking. *Environment Business 122*, 32

Trappey, A., Trappey, C., Hsiao, C. T., Ou, J. & Chang. C. T. (2011). System dynamics modeling of product carbon footprint life cycles for collaborative green supply chains. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 25*(10), 934-945. https://doi.org/10.1080/0951192X.2011.593304

Επιστημολογικές Πτυχές της Φύσης της Επιστήμης και της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης, προς Διδασκαλία σε Μαθητές/τριες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, στο Μάθημα της Φυσικής

Βασίλειος Γκάγκας[1], Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης[2]
[1]Υποψήφιος Διδάκτορας, [2]Καθηγητής
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η αποτίμηση μιας σειράς δραστηριοτήτων στα πλαίσια της διερευνητικής μάθησης πέσω πειραμάτων (experimental inquiry based-learning), με σκοπό να προωθηθεί η επιστημολογική γνώση σε μαθητές/τριες των δυο πρώτων τάξεων του Λυκείου, στα πλαίσια λειτουργίας ενός ομίλου φυσικής (Science Club). Η αξιολόγηση της επιστημολογικής γνώσης έγινε μέσω ενός ποιοτικού εργαλείου αποτίμησης επιστημολογικών στάσεων (VNoS). Τα ευρήματα της έρευνας δείχνουν ότι η επιστημολογική γνώση μπορεί να προωθηθεί με επιτυχία σε μαθητές/τριες των πρώτων δυο τάξεων του Λυκείου και ότι υπάρχει ικανοποιητικό έως σημαντικό επιστημολογικό κέρδος στις πεποιθήσεις των μαθητών/τριών (Hake Gain) το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό.

Abstract

This paper describes the planning, implementation, and evaluation of a series of activities in the context of experimental inquiry based-learning, intending to promote epistemological knowledge in students of the first two upper high school classes, in the context of running a Physics Science Club. The epistemological knowledge was assessed through a qualitative questionnaire (VNoS). The findings of the research show that epistemological knowledge can be successfully promoted to students of the first two classes of upper high school and that there is a proficient to exemplary epistemological gain in the students' beliefs (Hake Gain) which is statistically significant.

Λέξεις κλειδιά: μάθηση μέσω πειραματικών διερευνήσεων, φύση της επιστήμης, φύση της επιστημονικής διερεύνησης

Keywords: experimental inquiry-based learning, nature of science, nature of the scientific inquiry

1. Εισαγωγή

Η Φύση της Επιστήμης (ΦτΕ) (Nature of Science) ορίζεται ως «η επιστημολογία και η κοινωνιολογία της επιστήμης». Ο όρος «επιστημολογία» αναφέρεται στη λειτουργία της επιστήμης ως τρόπος γνώσης και ο όρος «κοινωνιολογία» αναφέρεται στις πεποιθήσεις και αξίες των επιστημόνων καθώς αναπτύσσουν επιστημονική γνώση (Lederman et al., 2002). Με τον όρο Φύση της Επιστημονικής Διερεύνησης (ΦτΕΔ) (Nature of Scientific Inquiry), εννοούμε το σύνολο των συστηματικών διεργασιών-προσεγγίσεων που ακολουθούν οι επιστήμονες με σκοπό να απαντήσουν στα ερευνητικά τους ερωτήματα και να δημιουργήσουν επιστημονικά αποδεκτή γνώση. Η επιστημονική διερεύνηση παρόλο που συνδέεται με τις διαδικασίες της παρατήρησης, πρόβλεψης, μέτρησης, ανάλυσης δεδομένων και εξαγωγής συμπερασμάτων, ωστόσο επεκτείνεται και πέρα από αυτές καθώς εστιάζει περισσότερο στο συνδυασμό τους (τόσο συλλογιστικά όσο και κριτικά) με σκοπό την παραγωγή επιστημονικής

γνώσης (Lederman, 2009). Αυτό σημαίνει ότι η ΦτΕ εστιάζει περισσότερο στην κατανόηση της λειτουργίας της επιστήμης και λιγότερο στις επιστημονικές διαδικασίες οι οποίες αφορούν περισσότερο τη ΦτΕΔ (Lederman N. G. et al., 2014).

Αρκετοί ερευνητές συμφωνούν ότι η επιστημολογική γνώση πρέπει να διδάσκεται στα μαθήματα επιστημών στα σχολεία (Lederman, 2009˙ Mesci, 2016) και τονίζεται η σημασία της τόσο από ανεξάρτητους ερευνητές (Tsai et al., 2011) όσο και από οργανισμούς (National Research Council [NRC], 2012). Η διδασκαλία της επιστημολογίας θεωρείται χρήσιμη επειδή αφενός συμβάλει στην κατανόηση των τρόπων με τους οποίους αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους οι ερευνητικές επιστήμες, αφετέρου συμβάλει στην κατανόηση με τον οποίο ευρύτερα αλληλοεπιδρά η Επιστήμη με το κοινωνικό σύνολο (Κουλαϊδής κ.ά., 2008). Επίσης μέσω της επιστημολογικής γνώσης, οι μαθητές αναμένεται να αποκτήσουν μια περισσότερο ολοκληρωμένη άποψη της Επιστήμης με αποτέλεσμα να συμμετέχουν πιο ενεργά στις σχετικές γνωστικές σχολικές διαδικασίες (Stefanidou & Skordoulis, 2017). Εκτός των ανωτέρω, οι μαθητές αναμένεται να αποκτήσουν και κοινωνικές δεξιότητες, οι οποίες υποστηρίζονται από ατομικές δεξιότητες, με σκοπό να τις χρησιμοποιήσουν αργότερα ως ενήλικες κατέχοντας υπεύθυνους κοινωνικούς ρόλους (Holbrook & Rannikmae, 2007˙ Roth & Lee, 2004).

Μελετώντας τη βιβλιογραφία, συναντώνται αρκετές διδακτικές προσεγγίσεις μέσω των οποίων έχει επιχειρηθεί να προωθηθούν επιλεγμένες πτυχές της επιστημολογικής γνώσης. Σε κάποιες από αυτές η επιστημολογία προωθείται στο πλαίσιο του μαθήματος «Ιστορία των Επιστημών» (Kapucu et al., 2015), άλλες φορές μέσω πειραματικών δραστηριοτήτων (Prima et al., 2018), άλλες μέσω εναλλακτικών δραστηριοτήτων (Afacan & Çanli, 2019) και άλλες μέσω διερευνήσεων (Lubiano & Magpantay, 2021). Ωστόσο, το δείγμα σε ελάχιστες περιπτώσεις άνηκε σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και στα πλαίσια του διερευνητικού μοντέλου μάθησης, δημιουργώντας έτσι ένα ερευνητικό κενό.

Σχετικά με τον τρόπο προώθησης της επιστημολογίας, απαντώνται τρείς προσεγγίσεις: η άρρητη (έμμεση), η ρητή (άμεση) και η ρητή/αναστοχαστική με την πλειονότητα των ερευνητών να θεωρούν την άρρητη προσέγγιση ακατάλληλη (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Κατά την άρρητη διδασκαλία, αναμένεται οι μαθητές/τριες μέσω της εκμάθησης του γνωστικού περιεχομένου των φυσικών επιστημών, να αναπτύξουν μια αυθόρμητη κατανόηση σχετική με τη ΦτΕ. Στη ρητή διδασκαλία, προτείνεται ότι μόνο μέσα από την άμεση και εκ προθέσεως ρητή προσέγγιση μπορεί να διδαχθεί η ΦτΕ (Bell et al., 1998). Στη βιβλιογραφία προτείνονται οι άμεσες προσεγγίσεις (ρητή διδασκαλία) για τη διδασκαλία της επιστημολογικής γνώσης ως οι πιο αποτελεσματικές τόσο σε φοιτητές (Στεφανίδου, 2013) όσο και σε μαθητές, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έχει προταθεί και ο συνδυασμός τους (ρητή-αναστοχαστική διδασκαλία) (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002) σε μαθητές Δημοτικού.

Τα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία επιχειρούνται να απαντηθούν μέσω τους παρόντος άρθρου είναι τα εξής:

1) Ποιες είναι οι βασικές πτυχές της ΦτΕ και της ΦτΕΔ οι οποίες προτείνονται για διδασκαλία από τους περισσότερους ερευνητές, σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης;
2) Ποιες πτυχές της ΦτΕ και της ΦτΕΔ είναι περισσότερο κατάλληλες να προωθηθούν μέσα από πειραματικές διερευνητικές δραστηριότητες σε μαθητές/τριες των πρώτων δυο τάξεων του Λυκείου, στα πλαίσια λειτουργίας ενός ομίλου Φυσικής (Science Club);
3) Πως μεταβάλλονται οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών/τριών οι οποίες προωθούνται μέσω της ρητής-αναστοχαστικής προσέγγισης έπειτα από την εφαρμογή πειραματικών διερευνητικών δραστηριοτήτων;

2. Μεθοδολογία

Βιβλιογραφική Επισκόπηση για τις πτυχές της ΦτΕ & ΦτΕΔ

Διεξήχθη μια βιβλιογραφική ανασκόπηση προκειμένου να εντοπιστούν οι πιο κοινά αποδεκτές πτυχές (λειτουργικοί κανόνες) της ΦτΕ και ΦτΕΔ οι οποίες προκρίνονται από τους

περισσότερους ερευνητές προς διδασκαλία, σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Για την ανασκόπηση, χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων ERIC (https://eric.ed.gov) και η μηχανή αναζήτησης Google Scholar (https://scholar.google.gr). Η αναζήτηση των εγγραφών έγινε με τη λογική Boolean και ο αλγόριθμος είχε μορφή: ("Nature of Science" OR "Nature of Scientific Inquiry") AND ("Inquiry Based Learning" OR "Inquiry"). Το χρονολογικό εύρος της αναζήτησης κυμάνθηκε από το 2000 έως το 2022 και η γλώσσα των επιλεγμένων άρθρων ήταν η Αγγλική ή η Ελληνική. Τα μετέπειτα στάδια της τελικής επιλογής και ανάγνωσης των εγγραφών, ακολούθησαν τη ροή του μοντέλου PRISMA (Moher et al., 2009). Επιπλέον κριτήρια επιλογής των εγγραφών, ήταν αυτές να ήταν ερευνητικά άρθρα, διδακτορικές διατριβές, εργασίες ανασκόπησης και βιβλία με πλήρη πρόσβαση στο κείμενο, τα οποία να αφορούν τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και που το πλαίσιο της διδασκαλίας να ήταν «Inquiry Based».

Αναφορικά με τις επιστημολογικές πτυχές, επιλέχθηκαν ορισμένες από αυτές οι οποίες πληρούσαν συγκεκριμένα κριτήρια. Τα κριτήρια ήταν:

- να είναι κατάλληλες να ενταχθούν σε διερευνητικές πειραματικές δραστηριότητες Φυσικής στα πλαίσια λειτουργίας ενός ομίλου Φυσικής (Science Club),
- να προωθηθούν μέσω ρητού αναστοχασμού με τη βοήθεια ερωτήσεων ανοιχτού τύπου,
- οι επιλεγμένες πτυχές δεν χρειάζεται να κατανοηθούν σε υψηλό φιλοσοφικό επίπεδο από τους μαθητές,
- οι επιλεγμένες πτυχές να μπορούν να ενταχθούν στη θεματολογία της Μηχανικής και του Ηλεκτρισμού των δύο πρώτων τάξεων του Γενικού Λυκείου,
- ο περιορισμένος χρόνος εφαρμογής των δραστηριοτήτων (οι συναντήσεις με τους μαθητές/τριες είχαν διάρκεια 2 διδακτικών ωρών επί συνόλου 20 συναντήσεων),
- οι μαθητές δεν είχαν σημαντικές προηγούμενες γνώσεις ή εμπειρίες σε πειραματικές διερευνήσεις (ειδικά όσο αφορά στο σχεδιασμό πειραμάτων).

Σχεδιαστικές αρχές & δομή των διερευνητικών δραστηριοτήτων

Προκειμένου να σχεδιαστούν οι διερευνητικές δραστηριότητες μελετήθηκε η βιβλιογραφία ώστε αρχικά να καταγραφούν οι διαδικαστικές δεξιότητες στις οποίες εξασκούνται οι μαθητές σύμφωνα με το διερευνητικό μοντέλο μάθησης. Οι δεξιότητες αυτές εντάχθηκαν σε φάσεις οι οποίες αποτελούνταν από στάδια και υποστάδια. Όταν καθορίστηκαν και τα υποστάδια, κατασκευάστηκαν δραστηριότητες στις οποίες παρεχόταν κατάλληλη υποβοήθηση η οποία σιγά σιγά μειωνόταν (Scaffolding) σύμφωνα με τη δομή του διερευνητικού συνεχούς (Du et al. 2005˙ Hackling, 2005). Στα φύλλα εργασίας εντάχθηκαν ερωτήσεις-ασκήσεις οι οποίες είχαν σκοπό να προκαλέσουν τον αναστοχασμό των μαθητών/τριών και που ήταν γόνιμες για ρητή-αναστοχαστική συζήτηση σχετικά με τις επιλεγμένες επιστημολογικές πτυχές.

Με βάση τα κριτήρια που τέθηκαν, επιλέχθηκε να προωθηθούν οι παρακάτω πτυχές:

α. η επιστημονική γνώση βασίζεται σε παρατηρήσεις, συναγόμενα και ερμηνείες (ΦτΕ),
β. οι θεωρίες και οι νόμοι είναι διαφορετικά είδη επιστημονικής γνώσης (ΦτΕ),
γ. οι επιστημονικές έρευνες ξεκινούν με στόχο να απαντηθεί ένα ερώτημα (ΦτΕΔ),
δ. τα συμπεράσματα της έρευνας πρέπει να συμφωνούν με τα δεδομένα της έρευνας (ΦτΕΔ).

Επιλέχθηκε να μην προωθηθεί η πτυχή της υποκειμενικότητας της επιστημονικής γνώσης καθώς παραπέμπει περισσότερο σε ερευνητική μεθοδολογία χωρίς ταυτόχρονα να κυριαρχεί σε κάθε έρευνα. Επίσης, οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να είναι προσεκτικοί ώστε οι μαθητές να μην δημιουργήσουν την εναλλακτική αντίληψη ότι οι επιστήμονες εργάζονται αυθαίρετα σύμφωνα με τη φαντασία τους. Κρίθηκε ότι οι πτυχές της κοινωνικοπολιτισμικής συνιστώσας και της μεταβλητότητας της επιστήμης, ταιριάζουν περισσότερο σε ένα πλαίσιο διδασκαλίας το οποίο συνδέεται με την ιστορία της εξέλιξης των ιδεών των φυσικών επιστημών και λιγότερο με την εργασία των μαθητών σε διερευνητικές δραστηριότητες Φυσικής. Η πτυχή της μη ύπαρξης μοναδικής επιστημονικής μεθόδου αποτελεί ένα δεύτερης τάξης φαινόμενο. Θεωρήθηκε δηλαδή ότι είναι σημαντικότερο να προωθηθεί στους μαθητές το πρώτης τάξης

φαινόμενο, ότι δηλαδή σε κάθε έρευνα ακολουθούνται κάποιες κοινές επιστημονικές διαδικασίες από όλους τους επιστήμονες (όπως π.χ. διατύπωση ερωτημάτων ή υποθέσεων, σχεδίαση ερευνών για τη συλλογή αποδεικτικών στοιχείων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων) και να επισκιαστούν συνειδητά οι όποιες διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφορετικών επιστημονικών κλάδων και ερευνητικών πρακτικών.

Επιλέχθηκε να μην προωθηθεί η πτυχή της ΦτΕΔ σχετικά με το ότι οι ερευνητικές διαδικασίες μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της έρευνας, επειδή σε μια πρώτη ανάγνωση καλύπτεται από την υποκειμενικότητα της επιστήμης όπως επίσης και το ότι οι διαδικασίες της έρευνας καθοδηγούνται από το αρχικό ερώτημα που τέθηκε. Ο κανόνας σχετικά με το ότι τα επιστημονικά δεδομένα δεν είναι το ίδιο πράγμα με τις επιστημονικές αποδείξεις, αποτελεί υπέρλεπτη υφή η οποία καλό είναι να προωθηθεί σε μεταγενέστερα στάδια όταν οι μαθητές αποκτήσουν αυξημένη εμπειρία σε διερευνήσεις. Ο κανόνας σχετικά με το ότι οι εξηγήσεις στις έρευνες αναπτύσσονται από έναν συνδυασμό των δεδομένων και όλων όσων είναι ήδη γνωστά, είναι προτιμότερο να αναπτυχθεί σε ένα μάθημα σχετικό με την ιστορία και εξέλιξη των ιδεών και των πειραματικών διαδικασιών στη Φυσική, και όχι στα στενά πλαίσια ενός μαθήματος Φυσικής.

Οι διερευνητικές δεξιότητες διαδικαστικού τύπου που αναπτύσσονται στους μαθητές/τριες μέσω της εφαρμογής του διερευνητικού μοντέλου μάθησης διακρίνονται σε βασικές (basic) και ολοκληρωμένες (integrated) (Turiman et al., 2012). Αυτές είναι οι: παρατήρηση (observation), πρόβλεψη (making prediction), αναγνώριση μεταβλητών (knowing variables), δημιουργία υποθέσεων (formulating hypotheses), χειρισμός των μεταβλητών (operating variable), σχεδιασμός πειραματικών διαδικασιών (designing experimental procedures), η εκτέλεση του πειράματος (executing experiment), η συγκέντρωση των δεδομένων (collecting data), η ανάλυση των δεδομένων (analyzing data) και η εξαγωγή των συμπερασμάτων (formulating conclusion) (Aulia et al., 2018˙ Nurjanah et. al, 2019). Οι δεξιότητες αυτές, εντάσσονται σε φάσεις (φάσεις της διερεύνησης) οι οποίες αποτελούνται από στάδια (στάδια της διερεύνησης). Στη συνέχεια το κάθε στάδιο αποτελείται από υποστάδια (υποστάδια της διερεύνησης). Οι φάσεις της διερεύνησης είναι πέντε σε πλήθος και είναι οι: Προσανατολισμός, Σχεδίαση έρευνας, Εκτέλεση έρευνας, Αποτίμηση αποτελεσμάτων, Επικοινωνία (Pedaste et al., 2015). Τα στάδια της διερεύνησης καθορίζονται σε έντεκα και αυτά είναι τα: Παρατηρήσεις & συναγόμενα (observations & inferences), Σκοπός της έρευνας, Στόχος/οι της έρευνας, Σχεδιασμός ερευνητικής διαδικασίας, Εξοπλισμός, Συνθήκες έρευνας, Δεδομένα, Ανάλυση δεδομένων, Διαπιστώσεις, Συμπεράσματα, Πειραματική εργασία (Χατζηκρανιώτης & Μολοχίδης, 2017).

Οι παραπάνω δεξιότητες δεν αναπτύχθηκαν όλες μαζί σε ένα φύλλο εργασίας, αλλά σταδιακά όπου σε κάθε παρέμβαση προωθήθηκαν ορισμένες μόνον διαδικαστικές δεξιότητες σύμφωνα με την αρχή της υποβοηθούμενης μάθησης (scaffold), οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο τους μαθητές από μια κλειστού είδους διερεύνηση (confirmation inquiry) προς μια ανοιχτή διερεύνηση (open inquiry).

Το εργαλείο ανίχνευσης των επιστημολογικών πεποιθήσεων μαθητών/τριων

Μελετήθηκαν ποιοτικά και ποσοτικά εργαλεία ανίχνευσης επιστημολογικών πεποιθήσεων και κάποια από αυτά επιλέχθηκαν και προσαρμόστηκαν στις ανάγκες της έρευνας. Έτσι κατασκευάστηκε ένα ανοιχτού τύπου ερωτηματολόγιο επιστημολογικών πεποιθήσεων (VNoS) το οποίο χορηγήθηκε στο δείγμα των μαθητών/τριών (pre test). Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν οι πειραματικές δραστηριότητες διερευνητικής φύσης, στο τέλος των οποίων χορηγήθηκε και πάλι το ερωτηματολόγιο (post test). Η αξιολόγηση των πεποιθήσεων των μαθητών, έγινε μέσω της κατάταξης των απαντήσεων τους σχετικά με την επιστημονική τους ορθότητα, σε τρία επίπεδα με τη βοήθεια μιας ρουμπρίκας. Στο χαμηλότερο επίπεδο (επίπεδο Ε0) κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών που είτε δεν υπήρχαν είτε ήταν ασαφείς, στο μεσαίο επίπεδο (επίπεδο Ε1) κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών οι οποίες βρίσκονταν μακριά από την επιστημονική γνώση ή αποτελούσαν παρερμηνείες, τέλος στο ανώτερο

επίπεδο (επίπεδο Ε2) κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών οι οποίες προσέγγιζαν σε ικανοποιητικό βαθμό την επιστημονική γνώση.

Το δείγμα

Το δείγμα της έρευνας ήταν (n=19) μαθητές/ριες (14 μαθητές/τριες της Α Λυκείου και 5 μαθητές/τριες της Β Λυκείου) που φοιτούσαν σε ιδιωτικό φροντιστήριο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης του Νομού Λάρισας και ταυτόχρονα σε δημόσια σχολεία. Οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε τέσσερα γκρουπ ανάλογα με την τάξη και το τμήμα του φροντιστηρίου στο οποίο φοιτούσαν. Οι επιδόσεις τους στο μάθημα της Φυσικής ήταν ανάμεικτες με απολυτήριους βαθμούς από την προηγούμενη τάξη που κυμαίνονταν από το βαθμό 10 έως και το βαθμό 20.

3. Αποτελέσματα

Οι πτυχές της ΦτΕ και της ΦτΕΔ

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση αναγνωρίστηκαν 359 εγγραφές (ερευνητικά άρθρα, διδακτορικές διατριβές, εργασίες ανασκόπησης και βιβλία) τα οποία πληρούσαν τους όρους αναζήτησης. Έπειτα από την ανάγνωση τους τελικά συμπεριλήφθηκαν 18 εγγραφές, σύμφωνα στις οποίες αναδεικνύονται έξι γενικοί πτυχές-κανόνες της ΦτΕ (Afacan & Çanli, 2019˙ Kapucu et al., 2015˙ Lederman et al., 2002˙ Prima et. al., 2018˙ Sampson et al., 2017˙ Shaakumeni, 2019):

1. *Η επιστημονική γνώση βασίζεται σε παρατηρήσεις, συναγόμενα και ερμηνείες (observations, inferences & explanations).* Οι φυσικές επιστήμες βασίζονται στην εμπειρική παρατήρηση του κόσμου. Στη συνέχεια ακολουθούνται νοητικές διαδικασίες οι οποίες οδηγούν σε συναγόμενες ιδέες-υποθέσεις ώστε με τον μετέπειτα συνδυασμό τους με θεωρητικά πλαίσια και πειραματικά δεδομένα να προταθούν ερμηνείες.
2. *Οι θεωρίες και οι νόμοι είναι διαφορετικά είδη επιστημονικής γνώσης (Theories & Laws).* Οι επιστημονικές θεωρίες αποτελούν εσωτερικά συνεπή συστήματα εξηγήσεων και προβλέψεων τα οποία είναι καθιερωμένα και τεκμηριωμένα. Οι επιστημονικοί νόμοι περιγράφουν το πως λειτουργεί ένα φυσικό φαινόμενο υπό ορισμένες συνθήκες.
3. *Η επιστημονική γνώση μπορεί να μεταβληθεί σε σχέση με το χρόνο (Tentativeness of Knowledge).* Η επιστημονική γνώση αν και διαθέτει μεγάλη εγκυρότητα ωστόσο δεν διαθέτει υψηλή σταθερότητα και συχνά μεταβάλλεται από νέα αποδεικτικά στοιχεία.
4. *Η επιστήμη διαθέτει κοινωνικοπολιτισμική συνιστώσα (Social & Cultural Embeddedness of Science).* Η επιστήμη λειτουργεί, επηρεάζει και επηρεάζεται από το εκάστοτε κοινωνικό και πολιτισμικό καθεστώς.
5. *Δεν υπάρχει μονοδιάστατος τρόπος να κάνει κάποιος επιστήμη ο οποίος αποκαλείται επιστημονική μέθοδος (No Single Scientific Method).* Δεν υπάρχει μία αυστηρά μονοσήμαντη αλληλουχία βημάτων η οποία να οδηγεί κατευθυντικά τους επιστήμονες στη γνώση, αλλά εξαρτάται εν πολλοίς από το πεδίο της επιστήμης.
6. *Η επιστημονική γνώση είναι υποκειμενική (Subjective Aspect).* Διαφορετικοί επιστήμονες εκτελώντας τις ίδιες διαδικασίες έρευνας ενδεχομένως να μην καταλήξουν στα ίδια συμπεράσματα είτε επειδή οι πεποιθήσεις και οι γνώσεις τους επηρεάζουν τον τρόπο που εργάζονται, είτε επειδή οι παρατηρήσεις τους επηρεάζονται από τις ανθρώπινες αισθήσεις και τα επιστημονικά όργανα που χρησιμοποιούν.

Επίσης, απαντώνται οχτώ πτυχές-κανόνες της ΦτΕΔ (Lederman J. S. et al., 2014), δύο εκ των οποίων επικαλύπτονται από τις πτυχές της ΦτΕ (No Single Scientific Method, Subjective Aspect), καταλήγοντας στις παρακάτω έξι:

1. *Οι διαδικασίες της έρευνας καθοδηγούνται από την αρχική ερώτηση που τέθηκε.* Οι επιστήμονες αν και χρησιμοποιούν διαφορετικές προσεγγίσεις τόσο εντός όσο και μεταξύ των επιστημονικών κλάδων και πεδίων, ωστόσο το ερευνητικό ερώτημα καθορίζει και τελικά οδηγεί την προσέγγιση και όχι το αντίθετο.

2. *Οι επιστημονικές έρευνες ξεκινούν πάντα με ένα ερώτημα προς διερεύνηση αλλά δεν είναι απαραίτητο όλες να ελέγχουν μια υπόθεση.* Για να ξεκινήσει μια επιστημονική έρευνα πρέπει να εκφραστεί ένα ερώτημα σχετικά με το φυσικό κόσμο, αν κάποιες έρευνες περιλαμβάνουν μια επίσημα δηλωμένη υπόθεση ωστόσο αυτό δεν είναι απαραίτητο.
3. *Τα συμπεράσματα της έρευνας θα πρέπει να συμφωνούν με τα δεδομένα της έρευνας.* Κάθε ερευνητικό συμπέρασμα πρέπει να υποστηρίζεται από αποδεικτικά στοιχεία. Η ισχύς ενός ισχυρισμού πρέπει να αντικατοπτρίζεται από τα συλλεχθέντα δεδομένα.
4. *Οι ερμηνείες αναπτύσσονται από το συνδυασμό των δεδομένων και όλων όσων είναι ήδη γνωστά.* Οι τελικές εξηγήσεις, προέρχονται από τα εμπειρικά δεδομένα, από τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών και από τη γενικότερη επιστημονική γνώση. Οι επιστήμονες αναγνωρίζουν πότε τα συμπεράσματα τους διαφέρουν από την κοινή αποδεκτή επιστημονική γνώση και ανάλογα κατασκευάζουν ερμηνείες.
5. *Τα επιστημονικά δεδομένα δεν είναι το ίδιο πράγμα με τις επιστημονικές αποδείξεις.* Τα επιστημονικά δεδομένα είναι οι παρατηρήσεις που συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας και μπορούν να λάβουν διάφορες μορφές (αριθμοί, περιγραφές, φωτογραφίες, ήχοι, φυσικά δείγματα κ.λπ.). Οι επιστημονικές αποδείξεις είναι προϊόν των διαδικασιών της ανάλυσης των δεδομένων και της επακόλουθης ερμηνείας τους.
6. *Οι ερευνητικές διαδικασίες ενδέχεται να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της έρευνας.* Ο έλεγχος των μεταβλητών, οι μέθοδοι και ο τρόπος συλλογής των δεδομένων επηρεάζουν τα αποτελέσματα κάθε έρευνας.

Αποτελέσματα προσδιορισμού επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών/τριών

Τα εργαλεία που επιλέχθηκαν ως περισσότερο κατάλληλα για τις ανάγκες τις έρευνας ήταν τα ποιοτικά εργαλεία VNOS & VASI (Lederman N. G. et al., 2002˙ 2014a), τα οποία αναπροσαρμόστηκαν κατάλληλα (ερωτηματολόγιο VNoS). Το ερωτηματολόγιο αποτελούταν από τέσσερις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου οι οποίες βρίσκονταν σε αντιστοιχία με τις τέσσερις επιλεγμένες επιστημολογικές πτυχές, όπου η πρώτη από αυτές (παρατηρήσεις, συναγόμενα & ερμηνείες) χωρίστηκε σε τρεις ερωτήσεις, συνθέτοντας έτσι το παρακάτω ερωτηματολόγιο:

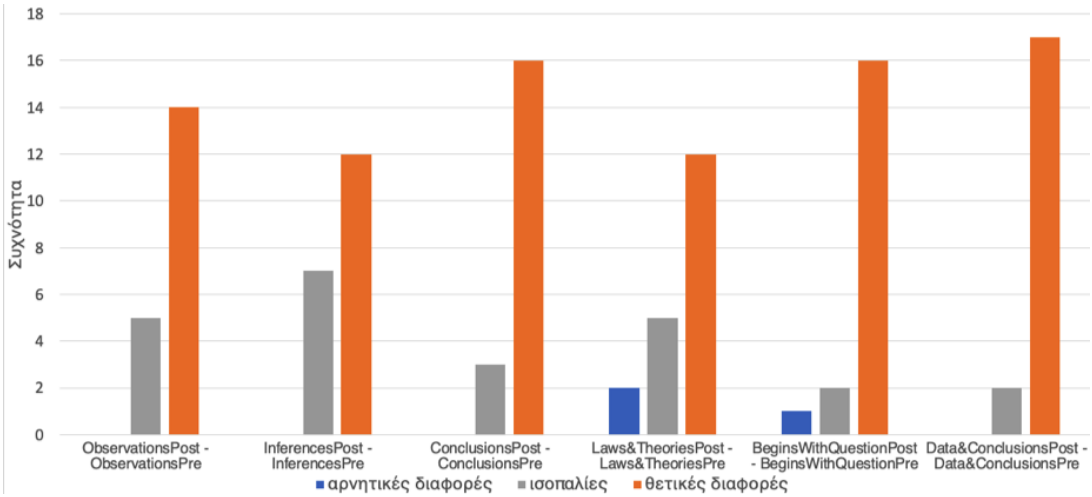
α. *Τι θεωρείς ότι είναι οι παρατηρήσεις σε μια έρευνα; Τι θεωρείς ότι είναι τα συμπεράσματα από τις παρατηρήσεις μας; Τι θεωρείς ότι είναι οι ερμηνείες στο τέλος της έρευνας;*
β. *Θεωρείς ότι οι Νόμοι και οι Θεωρίες στη Φυσική διαφέρουν μεταξύ τους ή είναι το ίδιο πράγμα; Εάν διαφέρουν ποια είναι η διαφορά τους; Αιτιολόγησε την άποψη σου.*
γ. *Πως θεωρείς ότι ξεκινούν οι περισσότερες επιστημονικές έρευνες;*
δ. *Έχουν σχέση τα δεδομένα (ευρήματα) μιας έρευνας με τα τελικά της συμπεράσματα ή όχι; Αιτιολόγησε την απάντηση σου.*

Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών αξιολογήθηκαν και επεξεργάστηκαν στατιστικά με το πρόγραμμα SPSS (ver. 28). Ο έλεγχος εσωτερικής αξιοπιστίας Cronbach's alpha προέκυψε ικανοποιητικός και ίσος με α=.777. Ο έλεγχος Shapiro-Wilk για την κανονικότητα της μέσης τιμής των διαφορών των μέσων όρων (pre &post), αποκάλυψε ότι οι διαφορές δεν υπάκουαν στην κανονική κατανομή. Έτσι εφαρμόστηκε το μη παραμετρικό κριτήριο Wilcoxon Signed Rank Test σύμφωνα με το οποίο αναδείχθηκαν θετικές διαφορές στις διαμέσους όλων των επιστημολογικών πτυχών οι οποίες ήταν στατιστικά σημαντικές ($p<.05$) (σχήμα 1).

Ο δείκτης μέσου κέρδους (Hake gain) αποκάλυψε υποδειγματικό κέρδος (exemplary gain) ($g_{ave}\geq.5$) σε όλες τις επιστημολογικές πτυχές εκτός από την πτυχή Θεωρίες & Νόμοι στο οποίο το κέρδος ήταν ικανό (proficient gain) ($.3<g_{ave}<.5$).

4. Συμπεράσματα

Δεν μπορούν να επιλεγούν προς διδασκαλία όλες οι επιστημολογικές πτυχές της ΦτΕ & ΦτΕΔ που απαντώνται στη βιβλιογραφία, στο μάθημα της Φυσικής, είτε λόγω της θεματολογίας είτε λόγω της φύσης των διερευνητικών δραστηριοτήτων. Η εφαρμογή της ρητής αναστοχαστικής διδασκαλίας σε επιλεγμένες επιστημολογικές πτυχές που εντάχθηκαν σε πειραματικές



Σχήμα 1: Αποτελέσματα του Wilcoxon Signed Rank Test για το δείγμα των n=19 μαθητών/τριών

διερευνητικές δραστηριότητες Φυσικής, και εφαρμόστηκαν σε δείγμα n=19 μαθητών/τριων των πρώτων δυο τάξεων του Λυκείου, μέσω ρητού αναστοχασμού, έδειξε ότι οι μαθητές/τριες αποκτούν σημαντικό γνωστικό επιστημολογικό κέρδος το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό. Περαιτέρω έρευνα κρίνεται απαραίτητη σε νέο δείγμα μαθητών/τριών ώστε ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της παρούσας έρευνας να τεκμηριωθεί ότι προσφέρει αξιόπιστα αποτελέσματα.

5. Βιβλιογραφία

Κουλαϊδής, Β., Αποστόλου, Α. & Καμπουράκης, Κ. (2008) (επιμ.). *Η Φύση των Επιστημών Διδακτικές Προσεγγίσεις*. Βάρη, Αθήνα: Child Services. ISBN: 978-960-98209-0-5. Ανακτήθηκε στις 20 Απριλίου 2022, από: https://www.geitonas.edu.gr/uploads/2/7/2/9/27298113/nosbook.pdf

Στεφανίδου, Κ. (2013). *Ο ρόλος της ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης της φύσης της επιστήμης: νόμοι-μοντέλα-θεωρίες-μέσα από την ιστορία του ηλεκτρισμού*. Διδακτορική διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). http://hdl.handle.net/10442/hedi/35609

Χατζηκρανιώτης Ε., Μολοχίδης Α. (2017). Εισάγοντας μαθητές Γυμνασίου σε πειραματικές διερευνητικές δραστηριότητες. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη & Α. Κοκολάκη (επιμ.). *Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, 7-9 Απριλίου 2017 (σσ. 689-697)*. Ρέθυμνο: Εκδόσεις GUTENBERG. ISBN:978-960-86978-3-6, http://synedrio2017.enephet.gr/images/Praktika-10ou-Synedriou_Teliko.pdf

Afacan, Ö., & Çanli, D. S. (2019). Application of" The Nature of Science" Box Event Examples to Middle School Seventh Grade Students. *International Journal of Evaluation and Research in Education, 8*(2), 221-228. https://doi.org/10.11591/ijere.v8i2.18858

Aulia, E. V., Poedjiastoeti, S., & Agustini, R. (2018). The effectiveness of guided inquiry-based learning material on students' science literacy skills. *Journal of Physics: Conference Series, 947* (1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012049

Bell, R. L., Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Implicit versus Explicit Nature of Science Instruction: An Explicit Response to Palmquist and Finley. *Journal of Research in Science Teaching, 35*(9), 1057-1061. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199811)35:9<1057::AID-TEA6>3.0.CO;2-C

Du, W. Y., Furman, B. J., & Mourtos, N. J. (2005). On the ability to design engineering experiments. In *Proc. 8th UICEE Annual Conference on Engineering Education* (pp. 331-336). Ανακτήθηκε στις 20/4/2022, από: https://www.sjsu.edu/people/nikos.mourtos/docs/UICEE%2005%20Jamaica-2.pdf

Hackling, M. W. (2005). Working scientifically: Implementing and assessing open investigation work in science. *Western Australia Department of Education and Training*. Ανακτήθηκε στις 20

Απριλίου 2022, από: https://myscience.com.au/wp-content/uploads/2019/12/Working-Scientifically_by-Mark-Hackling-2005.pdf

Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of science education, 29*(11), 1347-1362. https://doi.org/10.1080/09500690601007549

Kapucu, M. S., Cakmakci, G., & Aydogdu, C. (2015). The influence of documentary films on 8th grade students' views about nature of science. *Educational Sciences: Theory & Practice*, *15*(3). https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1067420.pdf

Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching 39*(7), 551-578. https://doi.org/10.1002/tea.10036

Lederman, J. S. (2009). Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guided, and opened-ended levels. *National geographic science: Best practices and research base, 8*. Ανακτήθηκε από: http://www.ngspscience.com/profdev/monographs/scl22-0439a_sci_am_lederman_lores.pdf

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014b). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry - The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of research in science teaching, 51*(1), 65-83. https://doi.org/10.1002/tea.21125

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(6), 497-521. https://doi.org/10.1002/tea.10034

Lederman, N. G., Antink, A., & Bartos, S. (2014). Nature of science, scientific inquiry, and socio-scientific issues arising from genetics: A pathway to developing a scientifically literate citizenry. *Science & Education, 23*(2), 285-302. https://doi.org/10.1007/s11191-012-9503-3

Lubiano, M. L. D., & Magpantay, M. S. (2021). Enhanced 7E Instructional Model towards enriching science inquiry skills. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES), 7*(3), 630-658. https://doi.org/10.46328/ijres.1963

Mesci, G. (2016). *Preservice science teachers' pedagogical content knowledge for nature of science and nature of scientific inquiry: A successful case study*. PhD dissertation, Western Michigan University, USA. http://scholarworks.wmich.edu/dissertations/1606

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine, 151*(4), 264-269. https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academy Press. ISBN:978-0-309-21742-2.

Nurjanah, A., Utari, S., Ramalis, T. R., & Rusdiana, D. (2019). Apply model of teaching levels of inquiry for identifying experimental skills on solar system matter in the middle school. *Journal of Physics: Conference Series*, *1280*(5), 1-5. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/5/052022

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli C. C., Zacharia Z. N, & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, *14*, 47-61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Prima, E.C., Utari, S., Chandra, D.T., Hasanah, L., & Rusdiana, D. (2018). Heat and temperature experiment designs to support students' conception on nature of science. *Journal of Technology and Science Education, 8*(4), 453-472. https://doi.org/10.3926/jotse.419

Roth, W. M., & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science education, 88*(2), 263-291. https://doi.org/10.1002/sce.10113

Sampson, V., Hutner, T. L., FitzPatrick, D., LaMee, A., & Grooms, J. (2017). *Argument-driven inquiry in physics: volume 1: mechanics lab investigations for grades 9-12*. Arlington, Virginia: NSTA Press. ISBN 9781681403762 (e-book).

Shaakumeni, S. N. (2019). Exploring the factorial validity of the beliefs about nature of science questionnaire. *Science Education International, 30*(1), 38-44.

Stefanidou, C., & Skordoulis, C. (2017). Primary Student Teachers' Understanding of Basic Ideas of Nature of Science: Laws, Theories and Models. *Journal of Studies in Education, 7*(1), 127-153. http://dx.doi.org/10.5296/jse.v7i1.10599

Tsai, C. C., Ho, H. N. J., Liang, J. C., & Lin, H. M. (2011). Scientific epistemic beliefs, conceptions of learning science and self-efficacy of learning science among high school students. *Learning and Instruction*, *21*(6), 757-769. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.05.002

Turiman, P., Omar, J., Daud, A. M., & Osman, K. (2012). Fostering the 21st century skills through scientific literacy and science process skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 59*, 110-116. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.253

Η Συμβολή της Φορητής Μάθησης και της Παιχνιδοποίησης στον Νανο-εγγραμματισμό Παιδιών Πρώιμης Ηλικίας

Πανδώρα Δορούκα[1], Μιχαήλ Καλογιαννάκης[2]
[1]Υποψήφια Διδάκτορας, [2]Αναπληρωτής Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Η εργασία επικεντρώνεται στη νανο-διδασκαλία που απευθύνθηκε σε μικρά παιδιά, βασίστηκε σε ψηφιακές συσκευές και αξιοποίησε μηχανισμούς παιχνιδοποίησης. Τα παιδιά κατανόησαν ποιοτικά το μέγεθος με αφορμή την υγειονομική κρίση. Σκοπός ήταν ο συνδυασμός της τεχνικής διδασκαλίας που αξιοποιεί ταμπλέτες και Η/Υ με την παιχνιδοποίηση, ώστε να προσελκύσει περισσότερο τα παιδιά προκειμένου να εισαχθούν στο νανο-εγγραμματισμό. Μέσω μιας οιονεί πειραματικής ερευνητικής μεθόδου, 150 μαθητές Β' τάξης δημοτικών του Ηρακλείου χωρίστηκαν στην 1η πειραματική ομάδα με Η/Υ, την 2η πειραματική ομάδα με ταμπλέτες και την ομάδα ελέγχου για να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα μάθησης εννοιών νανοτεχνολογίας με ατομικές ημιδομημένες συνεντεύξεις.

Abstract

The paper focuses on nano-teaching aimed at young children, that was based on digital devices and employed gamification mechanisms. Children gained a qualitative understanding of size, a concept that was motivated by the health crisis. The goal was to combine teaching methodologies that utilize tablets and desktop computers with an array of gamification concepts in order to engage children and introduce them to nano-literacy. Through a quasi-experimental research method, 150 second grade primary school students of Heraklion were divided into the 1st experimental group with PCs, the 2nd experimental group with tablets and the control group in order to investigate the effectiveness of learning nanotechnology concepts through individual semi-structured interviews.

Λέξεις κλειδιά: ιός, νανοτεχνολογία, πρώιμη παιδική ηλικία, φορητή μάθηση, ψηφιακές εφαρμογές

Key words: virus, nanotechnology, early childhood, mobile learning, digital applications

1. Εισαγωγή

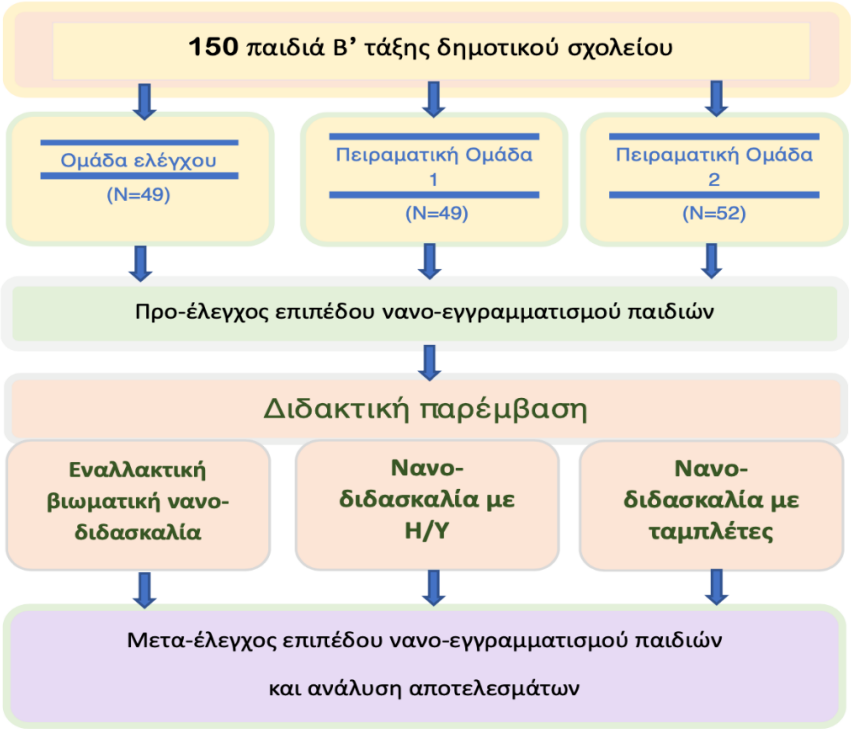
Με την πρόοδο της τεχνολογίας και τις σύγχρονες εξελίξεις, οι φορητές συσκευές έχουν γίνει αναπόσπαστο μέρος της καθημερινής μας ζωής. Ερευνητές, εκπαιδευτικοί και γονείς δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στην ψηφιακή εκπαίδευση των παιδιών. Οι βασικοί παράγοντες για την ψηφιακή μάθηση περιλαμβάνουν το περιεχόμενο, τις μεθόδους και τις τεχνικές για τη χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών, οι οποίες καθιστούν το περιεχόμενο πιο ενδιαφέρον και ελκυστικό. Αρκετές είναι οι έρευνες που έχουν εξετάσει την αποτελεσματικότητα των ψηφιακών τεχνολογιών στη μαθησιακή διαδικασία (Dorouka et al., 2021a˙ Kalogiannakis et al., 2021) σε ένα πλαίσιο σύγκρισης με τις ευκαιρίες μάθησης που παρέχουν στα μικρά παιδιά οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας. Εξαιτίας των ριζικών αλλαγών που έχουν συντελεστεί σε στοιχεία της μορφής των τεχνολογιών (Dorouka et al., 2020), πολλοί ερευνητές έχουν προχωρήσει σε ονομαστικό διαχωρισμό, κάνοντας λόγο για παλιές (για παράδειγμα επιτραπέζιοι υπολογιστές) και νέες τεχνολογίες (για παράδειγμα ταμπλέτες (Dorouka et al., 2021a˙2021b˙ Kanaki et al., 2022˙ Kanaki & Kalogiannakis, 2023a).

Η εκπαιδευτική αξιοποίηση των ψηφιακών τεχνολογιών προσφέρει νέες ευκαιρίες στα παιδιά πρώιμης παιδικής ηλικίας για την αποτελεσματική ενασχόλησή τους με μαθηματικές έννοιες (Papadakis et al., 2016). Στην έρευνά τους οι Rogowsky et al. (2018) χρησιμοποίησαν τις ταμπλέτες για να ελέγξουν πώς αυτές επιδρούν στην ανάπτυξη της αριθμητικής ικανότητας

παιδιών προσχολικής ηλικίας λόγω της ευκολίας χρήσης τους, σε αντίθεση με το ποντίκι και το πληκτρολόγιο που χρησιμοποιούμε στους κλασικούς υπολογιστές και τα οποία δημιουργούν προβλήματα συντονισμού χεριών-ματιών στα μικρά παιδιά. Επίσης, οι Papadakis et al. (2016) διερεύνησαν την επίδραση των νέων και των παραδοσιακών τεχνολογιών στη διδασκαλία των Μαθηματικών, και διαπίστωσαν τη μοναδικότητα των χαρακτηριστικών των νέων ψηφιακών συσκευών τύπου ταμπλέτας που τις καθιστά αναπτυξιακά καταλληλότερες και μαθησιακά αποτελεσματικότερες για τα μικρά παιδιά σε σχέση με τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αυτών των συσκευών στο πλαίσιο της αξιοποίησής τους από τα μικρά παιδιά είναι τα μοναδικά χαρακτηριστικά τους, όπως το μέγεθος, η φορητότητα και η έλλειψη περιφερειακών συσκευών, που εκτός από αναπτυξιακά κατάλληλες, τις καθιστούν και ιδιαίτερα ελκυστικές για τα μικρά παιδιά (Kalogiannakis & Papadakis, 2020).

Όμως, υπάρχουν τομείς γνώσης στους οποίους δεν έχει ακόμη διερευνηθεί ο αντίκτυπος των ψηφιακών τεχνολογιών στα μικρά παιδιά. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της N-ET (Dorouka et al., 2021b). Η N-ET είναι ένα νέο επιστημονικό πεδίο έρευνας που έχει αναπτυχθεί ραγδαία σε ολόκληρο τον κόσμο τις τελευταίες δύο δεκαετίες. Συνδυάζει γνώσεις από τις Φυσικές Επιστήμες, την Τεχνολογία, την Μηχανική, την Τέχνη και τα Μαθηματικά. Είναι ένας σημαντικός τομέας ανάπτυξης (Mandrikas et al., 2021), καθώς η ύλη σε αυτή την κλίμακα μεγέθους εμφανίζει ιδιότητες με σπουδαίες δυνατότητες που μπορεί να φέρουν επανάσταση σε διάφορους τομείς όπως η ενέργεια, το περιβάλλον και η ιατρική (Dorouka et al., 2021b).

Λαμβάνοντας λοιπόν υπόψη ότι η N-ET αφορά σε στοιχεία που δεν μπορούν να παρατηρηθούν με γυμνό μάτι (Mandrikas et al., 2021), αναμφίβολα η κατανόησή τους από τα μικρά παιδιά απαιτεί κατάλληλους τρόπους διδασκαλίας. Αυτές οι ξεχωριστές πτυχές της N-ET ευθυγραμμίζονται καλά με τις δυνατότητες των έξυπνων φορητών συσκευών, το βασικό χαρακτηριστικό των οποίων είναι η ικανότητά τους να εμφανίζουν διαδραστικές και τρισδιάστατες προσομοιώσεις. Μέσω της οπτικοποίησης, τα παιδιά μπορούν εύκολα να αντιληφθούν τη σχετική διαφορά διαφορετικών αντικειμένων στο μέγεθος (Delgado et al., 2015˙ Dorouka et al., 2020).



Εικόνα 1: Η διαδικασία της πειραματικής έρευνας που σχεδιάστηκε

Ανεξάρτητα όμως από το περιεχόμενο μάθησης, το να έχει κανείς κίνητρα στη μάθηση συσχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την αποτελεσματικότητα της μάθησης. Ένα ισχυρό κίνητρο επιτρέπει στα παιδιά να επικεντρώνονται σε εργασίες για μεγάλο χρονικό διάστημα και να βυθίζονται εύκολα στη ροή της εμπειρίας. Ένας από τους λόγους για τους οποίους η παιχνιδοποίηση έχει γίνει δημοφιλής είναι ότι τα παιχνίδια θεωρούνται ως κίνητρα. Η παιχνιδοποίηση μπορεί να απεικονίσει τους στόχους και τη σημασία τους, να ωθήσει τους χρήστες μέσα από καθοδηγούμενα μονοπάτια, να δώσει άμεση ανατροφοδότηση, να ενισχύσει την απόδοση και να απλοποιήσει το περιεχόμενο σε διαχειρίσιμα καθήκοντα. Επιπλέον, μηχανισμοί της παιχνιδοποίησης επιτρέπουν στους χρήστες να επιλέγουν μεταξύ διαφορετικών μονοπατιών προόδου, να υποστηρίζουν ο ένας τον άλλον και να εργάζονται για ένα κοινό στόχο, ενώ το σύστημα μπορεί να προσαρμόζει την πολυπλοκότητα στις ικανότητες του εκάστοτε χρήστη (Kalogiannakis et al., 2021).

2. Μεθοδολογία

Αξιοποιώντας ψηφιακές εφαρμογές που τρέχουν σε ταμπλέτες και σε Η/Υ και βασίζονται στο προγραμματιστικό περιβάλλον Scratch 3, εισήχθησαν βασικά στοιχεία εννοιών Ν-ΕΤ σε 150 παιδιά πρώτης σχολικής ηλικίας που φοιτούσαν στη Β' τάξη δημόσιων δημοτικών σχολείων της πόλης του Ηρακλείου Κρήτης κατά το σχολικό έτος 2021-2022 (Kanaki & Kalogiannakis, 2023b). Σχεδιάστηκε η κάθε ομάδα να έχει περίπου 50 παιδιά (βλ. Εικόνα 1). Πιο συγκεκριμένα, η έρευνά μας εξέτασε και συνέκρινε τα αποτελέσματα της νανο-διδασκαλίας που χρησιμοποίησε αναπτυξιακά κατάλληλες εκπαιδευτικές εφαρμογές που απηχούσαν στους μηχανισμούς της παιχνιδοποίησης (βλ. Εικόνα 2) και εκτελούνταν σε Η/Υ και σε έξυπνες φορητές συσκευές σε σχέση με την εναλλακτική βιωματική νανο-διδασκαλία για την εισαγωγή των μικρών παιδιών στην ποιοτική κατανόηση του μεγέθους.

Εικόνα 2: Στοιχεία και μηχανισμοί της παιχνιδοποίησης στις νανο-εφαρμογές της Π.Ο.1 και Π.Ο.2

Για τη διεξαγωγή της έρευνας τηρήθηκαν όλοι οι κανόνες δεοντολογίας της έρευνας (Petousi & Sifaki, 2020). Οι ερευνητικές υποθέσεις διαμορφώθηκαν ως εξής:

1η ερευνητική υπόθεση: Η τεχνική διδασκαλίας που βασίζεται σε ταμπλέτες για την κατανόηση στοιχείων Ν-ΕΤ από τα μικρά παιδιά και η τεχνική διδασκαλίας που βασίζεται σε Η/Υ είναι πιο αποτελεσματικές από την αντίστοιχη τεχνική διδασκαλίας που δεν αξιοποιεί καθόλου τεχνολογίες, με την πρώτη τεχνική να προηγείται.

2η ερευνητική υπόθεση:

i. Οι επιδόσεις των δύο πειραματικών ομάδων θα διαφέρουν σημαντικά μετά την παρέμβαση, ανάλογα με την τεχνική διδασκαλίας ακόμα και μετά τον έλεγχο του φύλου των παιδιών.

ii. Οι επιδόσεις των δύο πειραματικών ομάδων θα διαφέρουν σημαντικά μετά την παρέμβαση, ανάλογα με την τεχνική διδασκαλίας ακόμα και μετά τον έλεγχο της εθνικότητας των παιδιών.

iii. Οι επιδόσεις των δύο πειραματικών ομάδων θα διαφέρουν σημαντικά μετά την παρέμβαση, ανάλογα με την τεχνική διδασκαλίας ακόμα και μετά τον έλεγχο του επιπέδου της μη λεκτικής νοητικής ικανότητας των παιδιών.

iv. Οι επιδόσεις των δύο πειραματικών ομάδων θα διαφέρουν σημαντικά μετά την παρέμβαση, ανάλογα με την τεχνική διδασκαλίας ακόμα και μετά τον έλεγχο του αρχικού επιπέδου νανο-εγγραμματισμού των παιδιών.

Για την διερεύνηση των ερευνητικών υποθέσεων πραγματοποιήθηκε μια διδακτική παρέμβαση στη διάρκεια μιας εβδομάδας. Ειδικότερα, δημιουργήθηκαν τρεις ομάδες οι οποίες προσέγγισαν θεμελιώδη στοιχεία της Ν-ΕΤ. Η ομάδα με την εναλλακτική βιωματική διδασκαλία (ομάδα ελέγχου) και οι άλλες δύο, δηλαδή η πρώτη πειραματική ομάδα με την χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού μέσω υπολογιστή και η δεύτερη πειραματική ομάδα με τη χρήση του ίδιου εκπαιδευτικού λογισμικού που τρέχει και σε έξυπνες φορητές συσκευές (ταμπλέτες). Πριν και μετά το τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων, εξετάστηκαν και οι τρεις ομάδες προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπήρχαν διαφορές ως προς το επίπεδο νανο-εγγραμματισμού των παιδιών. Ειδικότερα, η κάθε ομάδα πέρασε από τρεις φάσεις. Η πρώτη και τρίτη φάση περιελάμβανε ατομική ημι-δομημένη συνέντευξη με τις ίδιες ερωτήσεις για κάθε παιδί, ενώ η δεύτερη φάση ήταν αυτή της διδασκαλίας στοιχείων Ν-ΕΤ. Στο πλαίσιο της συνέντευξης δόθηκε στα παιδιά ένα κατάλληλα διαμορφωμένο τεστ (βλ. Εικόνα 3) το οποίο μετρούσε τις γνώσεις τους στη σύγκριση, σειροθέτηση και ομαδοποίηση στοιχείων του μακρόκοσμου, του μικρόκοσμου και του νανό-κοσμου (TENANO) (Δορούκα κ.ά., 2021˙ Dorouka et al., 2021b) και δημιουργήθηκε μετά από ενδελεχή ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (Delgato et al, 2015˙ Magana et al., 2012˙ Peikos et al., 2020). Επιπλέον, εξετάστηκε η κατανόηση των παιδιών αναφορικά με την αλληλεπίδραση των τριών κόσμων και η εξήγησής της. Κατ' αυτόν τον τρόπο συγκρίνουμε με ακρίβεια τον βαθμό της αποτελεσματικότητας των παραδοσιακών και νέων τεχνολογιών στην εκμάθηση στοιχείων Ν-ΕΤ από τα μικρά παιδιά με εστίαση στην πρώτη Μεγάλη Ιδέα της Ν-ΕΤ (Stevens et al., 2009).

3. Αποτελέσματα

Στην παρούσα μελέτη τα δεδομένα πληρούσαν τις προϋποθέσεις για παραμετρικές δοκιμές και αναλύθηκαν με τη χρήση του λογισμικού IBM SPSS 26.0, ενώ το επίπεδο σημαντικότητας που υιοθετήθηκε ήταν 5% ($p < 0,05$).

Για τον έλεγχο της ισοδυναμίας των φύλων μεταξύ των τριών ομάδων διενεργήθηκε έλεγχος χ^2. Δεν διαπιστώθηκε διαφορά σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο μεταξύ του αριθμού των αγοριών και των κοριτσιών, $x^2(2) = 0,30$, $p > 0,05$. Προκειμένου να ανακαλυφθούν οι διαφορές των ομάδων ως προς την εθνικότητα, το επίπεδο μη λεκτικής νοητικής ικανότητας και τις βαθμολογίες του TENANO πριν από τη διδακτική παρέμβαση, υπολογίστηκε ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (ANOVA). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι πειραματικές ομάδες και η ομάδα ελέγχου δεν διέφεραν ως προς την εθνικότητα ($F(2, 149)=2.85$, $p>.05$), ούτε ως προς το επίπεδο μη λεκτικής νοητικής ικανότητας ($F(2, 149) = 2.62$, $p > .05$), ούτε ως προς τις επιδόσεις στο TENANO πριν την παρέμβαση ($F(2, 149) = 1.62$, $p > .05$), σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο (βλ. Πίνακα 1).

ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΡΩΤΗΣΗΣ	ΕΡΩΤΗΣΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΠΑΙΔΙΩΝ ΠΡΙΝ ΤΗΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΠΑΙΔΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ	ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	ΕΠΙΠΕΔΟ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ ΝΑΝΟ-ΚΛΙΜΑΚΑΣ
1	Ποιο είναι το πιο μικρό πράγμα που μπορείς να σκεφτείς;	Τα γράμματα του Θοδωρή		1η κατηγορία: Οντότητα της μακρο-κλίμακας	Επίπεδο 0
		Μυρμήγκι, ψίχουλο, κόκκος από άμμο, ψείρα			
		μικρόβια	κύτταρο	2η κατηγορία: Οντότητα της μικρο-κλίμακας	Επίπεδο 1
			Ιός, κορωνοϊός	**3η κατηγορία: Οντότητα της νανο-κλίμακας**	**Επίπεδο 2**
2	Βάλε σε μια σειρά αυτά που δείχνουν οι εικόνες από το πιο μεγάλο στο πιο μικρό.	άνθρωπος<μπάλα<κόκκινο κύτταρο<άσπρο κύτταρο<ιός<μυρμήγκι		1η κατηγορία: Οντότητες της μακρο-κλίμακας λάθος σειροθετημένες	Επίπεδο 0
		άνθρωπος<μπάλα<μυρμήγκι< άσπρο κύτταρο<ιός<κόκκινο κύτταρο		2η κατηγορία: Οντότητες της μακρο-κλίμακας σωστά σειροθετημένες	Επίπεδο 1
			άνθρωπος<μπάλα<μυρμήγκι<κόκκινο κύτταρο<άσπρο κύτταρο< ιός	3η κατηγορία: Οντότητες μακρο/νανο-κλίμακας σωστά σειροθετημένες	Επίπεδο 2
			άνθρωπος<μπάλα<μυρμήγκι<άσπρο κύτταρο<κόκκινο κύτταρο<ιός	**4η κατηγορία: Οντότητες της μακρο/μικρο/νανο-κλίμακας σωστά σειροθετημένες**	**Επίπεδο 3**
3	Βάλε σε ομάδες τις εικόνες με τα πράγματα που μοιάζουν στο πόσο μικρά ή πόσο μεγάλα είναι. - Αν κάποιο είναι κομματάκι από κάποιο άλλο βάλε αυτά τα 2 σε 2 διαφορετικές ομάδες.	{άνθρωπος, μπάλα}, {μυρμήγκι, άσπρο κύτταρο}, {κόκκινο κύτταρο, ιός}		1η κατηγορία: Λάθη σε οντότητες μακροκλίμακας	Επίπεδο 0
		{άνθρωπος, μπάλα} {μυρμήγκι} {άσπρο κύτταρο, κόκκινο κύτταρο, ιός}		2η κατηγορία: Οντότητες της μακροκλίμακας σωστά ομαδοποιημένες και λάθος ομάδες σε οντότητες των άλλων δύο κλιμάκων	Επίπεδο 1
			{άνθρωπος, μπάλα, μυρμήγκι} {κόκκινο κύτταρο, άσπρο κύτταρο, ιός}	**3η κατηγορία: Οντότητες μακρο/μικρο/νανο-κλίμακας σωστά ομαδοποιημένες**	Επίπεδο 2
			{άνθρωπος, μπάλα, μυρμήγκι} {άσπρο κύτταρο, κόκκινο κύτταρο}, {ιός}		
4	Δύο αδερφάκια είχαν βήχα και πυρετό και δεν πήγαν σχολείο μια εβδομάδα. Όταν γύρισαν πίσω στο σχολείο οι συμμαθητές τους ρώτησαν γιατί δεν ήρθαν σχολείο. Τι θα απαντούσες αν ήσουν στη θέση τους;	*-Δεν φόρεσα ζακέτα.* *-Δεν έπλυνα τα χέρια.*		1η κατηγορία: Εξήγηση βασισμένη σε οντότητες της μακρο-κλίμακας	Επίπεδο 0
		-Αρρώστησα. *-Είχα βήχα και πυρετό.* *-Έπαθα ίωση.*			
			-Είχαμε πυρετό και δεν μπορούσαμε να έρθουμε για να μην σας κολλήσουμε και ένας ιός μπήκε μέσα μας.	2η κατηγορία: Εξήγηση βασισμένη στην αλληλεπίδραση των οντοτήτων μακρο/μικρο-κλίμακας ή μακρο/νανο-κλίμακας	Επίπεδο 1
			-Αρρώστησα και δεν μπορούσα να έρθω στο σχολείο μπήκε ο ιός μέσα μου και έκανε το ταξίδι του και κρυβόταν μέσα στα κόκκινα κύτταρα και έκανε και άλλους φίλους σαν και αυτόν, αλλά τον είδαν τα άσπρα τα κύτταρα και τον πολέμησαν και έγινα καλά.	**3η κατηγορία: Εξήγηση βασισμένη στην αλληλεπίδραση των οντοτήτων μακρο/μικρο/νανο-κλίμακας**	**Επίπεδο 2**

Εικόνα 3: Εργαλείο συλλογής δεδομένων ΤΕΝΑΝΟ

Πίνακας 1: Μέσοι όροι (*M*), τυπικές αποκλίσεις (*Sd*) του τεστ νανο-εγγραμματισμού ανά ομάδα πριν την διδακτική παρέμβαση και αποτελέσματα της ανάλυσης ANOVA

Ομάδα παιδιών	Επίπεδο νανο-εγγραμματισμού		
	M	Sd	
Πειραματική 1 (Η/Υ)	.836	1.23	ANOVA
Πειραματική 2 (ταμπλέτες)	.634	.990	$F(2, 149) = 1.62, p > .05$
Ομάδα ελέγχου	.428	1.13	

Πρώτος σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνηθεί εάν αυξήθηκαν σημαντικά οι επιδόσεις των παιδιών στο επίπεδο νανο-εγγραμματισμού, όπως καταγράφηκε από την επίδοσή τους στο κριτήριο αξιολόγησης/TENANO, έπειτα από την εφαρμογή των τεχνικών της διδασκαλίας με τη χρήση υπολογιστών και της διδασκαλίας με τη χρήση ταμπλετών. Όπως φαίνεται στον πίνακα 2, η ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (ANOVA) έδειξε ότι η κύρια επίδραση της ανεξάρτητης μεταβλητής (τύπος ομάδας) στην επίδοση των παιδιών στο TENANO μετά τη διδακτική παρέμβαση βρέθηκε στατιστικά σημαντική, ($F(2, 149) = 299.74$, $p < 0{,}001$). Με άλλα λόγια, οι βαθμολογίες μετά το τεστ ήταν σημαντικά διαφορετικές λόγω των διαφορετικών πειραματικών μαθησιακών διαδικασιών (Dorouka et al., 2024).

Πίνακας 2: Μέσοι όροι *(M)* , τυπικές αποκλίσεις (*sd*) του ΤΕστ NANO-εγγραμματισμού (TENANO) μετά την διδακτική παρέμβαση ανά ομάδα και αποτελέσματα της ανάλυσης ANOVA

Ομάδα παιδιών	***Επίπεδο νανο-εγγραμματισμού***		
	M	Sd	
Πειραματική 1 (Η/Υ)	7.653	1.182	ANOVA
Πειραματική 2 (ταμπλέτες)	8.480	8.480	$F(2, 149) = 299.7, p < .05$
Ομάδα ελέγχου	2.183	1.922	

Σε κάθε πειραματική ομάδα και στην ομάδα ελέγχου πραγματοποιήθηκε η σύγκριση των επιδόσεων των παιδιών στο επίπεδο νανο-εγγραμματισμού πριν και μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής παρέμβασης στο κριτήριο TENANO, μέσω του στατιστικού κριτήριου *t* για εξαρτημένα δείγματα με την προσαρμογή του Bonferroni. Στον πίνακα 3 παρουσιάζονται οι μέσοι όροι (*M*), οι τυπικές αποκλίσεις (*sd*) των επιδόσεων των μικρών παιδιών στο επίπεδο νανο-εγγραμματισμού τους στις δύο χορηγήσεις του TENANO, και τα αποτελέσματα του κριτηρίου *t* για κάθε πειραματική ομάδα και για την ομάδα ελέγχου. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 3, τόσο στις δύο πειραματικές ομάδες όσο και στην ομάδα ελέγχου αυξήθηκαν οι επιδόσεις των παιδιών στο TENANO έπειτα από την ολοκλήρωση της πειραματικής παρέμβασης. Η διαφορά των επιδόσεων των παιδιών σε κάθε ομάδα ανάμεσα στις δύο μετρήσεις είναι στατιστικά σημαντική. Τα μαθησιακά επιτεύγματα των μαθητών της δεύτερης πειραματικής ομάδας (ταμπλέτες) ήταν σημαντικά καλύτερα από εκείνα των μαθητών της πρώτης πειραματικής ομάδας (υπολογιστές) και των μαθητών της ομάδας ελέγχου.

Πίνακας 3: Μέσοι όροι (*M*) , τυπικές αποκλίσεις (*sd*) των επιδόσεων των παιδιών στο επίπεδο νανο-εγγραμματισμού στο TENANO και τα αποτελέσματα της ανάλυσης του κριτηρίου *t* ανά ομάδα

Ομάδα παιδιών	***Επίπεδο νανο-εγγραμματισμού***			
	Φάση έρευνας	**M**	**SD**	*t-test*
Πειραματική 1 (Η/Υ)	Προέλεγχος	.836	1.230	t= -29.76 df = 48, p<0.05
	Μετέλεγχος	7.653	1.182	
Πειραματική 2 (ταμπλέτες)	Προέλεγχος	.634	.990	t=-41.50 df = 51, p<0.05
	Μετέλεγχος	8.480	.896	
Ομάδα ελέγχου	Προέλεγχος	.428	1.136	t= -6.97 df = 48, p<0.05
	Μετέλεγχος	2.183	1.922	

Επομένως, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η μαθησιακή προσέγγιση για τη διδασκαλία στοιχείων Ν-ΕΤ με τη χρήση ταμπλετών είχε σημαντικό αντίκτυπο στη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων των μαθητών. Αντίστοιχα, διαπιστώθηκε ότι τα μαθησιακά επιτεύγματα των μαθητών της πρώτης πειραματικής ομάδας ήταν σημαντικά καλύτερα από εκείνα των μαθητών της ομάδας ελέγχου.

4. Συμπεράσματα

Παρόλο που η βιβλιογραφία δεν έχει προτείνει τη φορητή μάθηση σε συνδυασμό με την τεχνική της παιχνιδοποίησης ως τρόπο προσέγγισης των εννοιών Ν-ΕΤ από μικρά παιδιά, η μελέτη αυτή προχωρά στην εμπειρική διερεύνηση του εν λόγω θέματος. Η παρούσα μελέτη αποτελεί μέρος διδακτορικής έρευνας για τη διδασκαλία Φυσικών Επιστημών στην εκπαίδευση των μικρών παιδιών (Dorouka & Kalogiannakis, 2023).

5. Χρηματοδότηση

Η ερευνητική εργασία υποστηρίχτηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) στο πλαίσιο της «3ης Προκήρυξης ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για Υποψήφιους/ες Διδάκτορες» (Αριθμός Υποτροφίας: 5503).

6. Βιβλιογραφία

Δορούκα, Π., Παπαδάκης, Σ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2021). Η αναγκαιότητα της αξιοποίησης ψηφιακών εφαρμογών μέσα από το παράδειγμα της υγειονομικής κρίσης: Νανο-εγγράμματα τα παιδιά πρώιμης παιδικής ηλικίας του 21ου αιώνα. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, (81): 66-80. Ανακτήθηκε στις 22/11/2022, από: https://www.lib.uoi.gr/serp/

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. https://doi.org/10.1515/ntrev-2014-0023

Dorouka, P. & Kalogiannakis, M. (2023). Teaching Nanotechnology Concepts in Early-Primary Education: An Experimental Study Using Digital Games, *International Journal of Science Education*. https://doi.org/10.1080/09500693.2023.2286299

Dorouka, P., Kalogiannakis, M. & Blonder, R. (2024) Tablets and Apps for Promoting Nanoliteracy in Early Childhood Education: Results from an Experimental Study, *Journal of Science Education and Technology*. https://doi.org/10.1007/s10956-024-10132-w

Dorouka, P., Papadakis, S. & Kalogiannakis, M. (2020). Tablets and apps for promoting robotics, mathematics, STEM education and literacy in early childhood education, *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, *14*(2), 255–274. https://doi.org/10.1504/IJMLO.2020.106179

Dorouka, P., Papadakis, St. & Kalogiannakis, M. (2021a). Nanotechnology and Mobile Learning: Perspectives and Opportunities in Young Children's Education, *International Journal of Technology Enhanced Learning*, *13*(3), 237-252. https://doi.org/10.1504/IJTEL.2021.115975

Dorouka, P., Papadakis, St. & Kalogiannakis, M. (2021b). The contribution of the health crisis to young children's nano-literacy through STEAM education, *Hellenic Journal of STEM Education*, *2*(1), 1-7. https://doi.org/10.51724/hjstemed.v2i1.18

Kalogiannakis, M., & Papadakis, S. (2020). The Use of Developmentally Mobile Applications for Preparing Pre-Service Teachers to Promote STEM Activities in Preschool Classrooms. Στο S. Papadakis, & M. Kalogiannakis (Επιμ.), *Mobile Learning Applications in Early Childhood Education* (σ. 82-100). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1486-3.ch005

Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A. I. (2021). Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature, *Education Sciences*, *11*(1), 22. https://doi.org/10.3390/educsci11010022

Kanaki, K., & Kalogiannakis, M. (2023a). Fostering computational thinking and environmental awareness via robotics in early childhood education: A scoping review. *Research on Preschool and Primary Education, 1*(2), 39-50. https://doi.org/10.55976/rppe.12023217739-50

Kanaki, K., & Kalogiannakis, M. (2023b). Sample design challenges: An educational research paradigm, *International Journal of Technology Enhanced Learning*, *15*(3), 266-285, https://doi.org/10.1504/IJTEL.2023.10055808

Kanaki, K., Kalogiannakis, M., Poulakis, E., & Politis, P. (2022). Employing mobile technologies to investigate the association between abstraction skills and performance in environmental studies in early primary school. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (i-JIM), 16*(6), 241-248. https://doi.org/10.3991/ijim.v16i06.28391

Magana, A., Brophy, S., & Bryan, L. A. (2012). An integrated knowledge framework to characterize and scaffold size and scale cognition (FS2C). *International Journal of Science Education*, *34*(14), 2181–2203. https://doi.org/10.1080/09500693.2012.715316

Mandrikas, A., Michailidi, E., & Stavrou, D. (2021). In-service teachers' needs and mentor's practices in applying a teaching–learning sequence on nanotechnology and plastics in primary education, *Journal of Science Education and Technology*, *30*(5), 630-641. https://doi.org/10.1007/s10956-021-09908-1

Papadakis, S., Kalogiannakis, M., & Zaranis, N. (2016). Comparing tablets and PCs in teaching mathematics: An attempt to improve mathematics competence in early childhood education. *Preschool and Primary Education*, *4*(2), 241-253. https://doi.org/10.12681/ppej.8779

Peikos, G., Spyrtou, A., Pnevmatikos, D., & Papadopoulou, P. (2020). Nanoscale science and technology education: primary school students' preconceptions of the lotus effect and the concept of size, *Research in Science & Technological Education*, 1-18. https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1841149

Petousi, V., & Sifaki, E. (2020). Contextualizing harm in the framework of research misconduct. Findings from a discourse analysis of scientific publications, *International Journal of Sustainable Development, 23*(3/4), 149-174, https://doi.org/10.1504/IJSD.2020.10037655

Rogowsky, B. A., Terwilliger, C. C., Young, C. A., & Kribbs, E. E. (2018). Playful learning with technology: the effect of computer-assisted instruction on literacy and numeracy skills of preschoolers. *International Journal of Play*, *7*(1), 60-80. https://doi.org/10.1080/21594937.2017.1348324

Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering*. NSTA press. ISBN 978-1-935155-07-2

Σχεδιασμός και Ανάπτυξη Μεθοδολογίας για την Κατασκευή Εφαρμογών Προσαρμοστικής Παιχνιδοποίησης στις Φ.Ε.

Αλκίνοος Ιωάννης Ζουρμπάκης[1], Μιχαήλ Καλογιαννάκης[2]
[1]Υποψήφιος διδάκτορας, [2]Αναπληρωτής Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Η εκπαίδευση στις Φ.Ε είναι απαραίτητη για την απόκτηση επιστημονικού γραμματισμού. Όμως, οι επιστημονικές έννοιες είναι συχνά δυσκολονόητες και μπορεί να οδηγήσουν τους μαθητές στην ανάπτυξη εναλλακτικών αντιλήψεων. Μία ταχεία αναπτυσσόμενη τάση στην ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση είναι η προσαρμοστική παιχνιδοποίηση. Οι τεχνολογικές εφαρμογές που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση θα πρέπει να σχεδιάζονται σε συσχέτιση με το μαθησιακό περιεχόμενο, παιδαγωγικές προσεγγίσεις, στρατηγικές μάθησης και χαρακτηριστικά για την κατασκευή της γνώσης των μαθητών. Η παρούσα μελέτη έχει ως σκοπό την ανάπτυξη μιας μεθοδολογίας προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης που θα βασίζεται συσχετιζόμενες θεωρίες ψυχολογίας και κινήτρων, ενσωματώνοντας προσαρμοστικά κριτήρια, στρατηγικές μάθησης, στοιχεία παιχνιδιού και όλες τις ζωτικές πτυχές της μαθησιακής διαδικασίας που σχετίζονται με την εκπαίδευση στις Φ.Ε.

Abstract

Science education is necessary for the acquisition of scientific literacy. Nonetheless, scientific concepts are often difficult to understand and can lead students to develop alternative concepts. A rapidly growing trend in the integration of new educational technologies is adaptive education. The technological applications utilized in education should be designed in relation to the student content, pedagogical approaches, learning strategies and characteristics for the construction of students' knowledge. This study aims to develop an adaptive pedagogy methodology based on related theories of psychology and motivation, integrating adaptive criteria, learning strategies, game features and all the crucial learning process related to science education.

Λέξεις κλειδιά: Διδασκαλία Φυσικών Επιστήμων, Μεθοδολογία, Προσαρμοστική Παιχνιδοποίηση

Key words: Adaptive Gamification, Methodology, Science education

1. Εισαγωγή

Η εμπλοκή των μαθητών στην τάξη ήταν πάντα πρωταρχικό μέλημα των εκπαιδευτικών (Amado & Roleda, 2020). Δεδομένης της μετασχηματιστικής δύναμης και των δυνατοτήτων της τεχνολογίας, τα νέα περιβάλλοντα μάθησης πρέπει να σχεδιαστούν ώστε να εξυπηρετούν τις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα των μαθητών (Wara et al., 2018). Οι φυσικές επιστήμες (Φ.Ε) είναι απαραίτητες για την καλλιέργεια επιστημονικά εγγράμματων πολιτών με κοινωνική και περιβαλλοντική συνείδηση (National Research Council [NRC], 2012). Ωστόσο, η κατανόηση επιστημονικών εννοιών αποτελεί ζητούμενο για τους μαθητές όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων (Alesandrini & Heron, 2020). Μια τρέχουσα τάση που έχει προσελκύσει την προσοχή τόσο των εκπαιδευτικών όσο και των μαθητών αποτελεί η παιχνιδοποίηση, δηλαδή «η χρήση λειτουργιών, αισθητικής και μηχανισμών παιχνιδιών σε εφαρμογές που δεν σχετίζονται με παιχνίδια» (Kapp, 2012). Παρόλα αυτά, η μη προσαρμογή των επιμέρους στοιχείων των παιχνιδιών, η χρήση κατάλληλων διδακτικών προσεγγίσεων στις ανάγκες του κάθε μαθητή ξεχωριστά, καθώς και η συχνή παρουσίαση παρόμοιων και επαναλαμβανόμενων στοιχείων των παιχνιδιών, αυξάνουν σε βάθος χρόνου τα επίπεδα εγκατάλειψης (Hassan et al., 2019). Η προσαρμοστική παιχνιδοποίηση, δηλαδή η προσαρμογή και υιοθέτηση

διαφορετικών μηχανισμών παιχνιδιού και χαρακτηριστικών παιχνιδιών με βάση τις ενέργειες, τις προτιμήσεις και τα χαρακτηριστικά κάθε χρήστη/μαθητή (Codish & Ravid, 2014), βρίσκεται ακόμα στα αρχικά της στάδια. Αν και μερικές πρώιμες μεθοδολογίες μπορούν να βρεθούν στη βιβλιογραφία, λίγα είναι ακόμα γνωστά σχετικά με την προσαρμογή των στοιχείων του παιχνιδιού, ποια πρότυπα και κριτήρια προσαρμοστικότητας ταιριάζουν καλύτερα όταν εφαρμόζονται σε ψηφιακά περιβάλλοντα (Klock et al., 2020), ειδικά λαμβάνοντας υπόψη συγκεκριμένα πλαίσια, όπως οι Φ.Ε και οι στρατηγικές μάθησης που εφαρμόζονται σε αυτές (Kalogiannakis et al., 2021).

Τα κίνητρα εμφανίζονται με ποικίλους τρόπους σε κάθε άνθρωπο. Διαφορετικά στοιχεία αλληλοεπιδρούν σε διαφορετικό βαθμό με τον κάθε ένα, και κατά συνέπεια, σε ένα περιβάλλον παιχνιδοποίησης, οι αλληλεπιδράσεις των μηχανισμών του παιχνιδιού μπορεί να έχουν αρκετά διαφορετικό αντίκτυπο (Botte et al., 2020). Έτσι, η κατανόηση και η ενσωμάτωση μιας συγκεκριμένης θεωρίας κινήτρων είναι θεμελιώδης κατά το σχεδιασμό μιας εφαρμογής παιχνιδοποίησης. Μία ολιστική και περιεκτική προσέγγιση, η οποία ασχολείται με τα εσωτερικά και τα εξωτερικά κίνητρα, τους δεσμούς μεταξύ τους, αλλά και με την παιχνιδοποίηση, είναι η θεωρία αυτοδιάθεσης (self-determination theory) (Richter et al., 2015˙ Zainuddin et al., 2020). Επίσης, μία τυπολογία χωρισμού των χρηστών, η οποία βασίζεται στη θεωρία αυτοδιάθεσης είναι η κατηγοριοποίηση Hexad (Tondello et al., 2019). Αναπτύχθηκε από τους Tondello et al. (2016) με βάση τους εσωτερικούς και εξωτερικούς παράγοντες κινήτρων και τις αλληλεπιδράσεις τους με το περιβάλλον του παιχνιδιού. Επιπλέον, η χρήση σύγχρονων παιδαγωγικών στρατηγικών μάθησης που σχετίζονται με την εκπαίδευση των Φ.Ε, όπως η διερευνητική μάθηση, έχει τη δυνατότητα να ενισχύσουν τα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών (Tsai, 2018). Εξαιτίας, όμως, της διερευνητικής φύσης των Φ.Ε αλλά και της προώθησης ενεργών μαθησιακών πρακτικών, η μάθηση μέσω διερεύνησης και μάθησης μέσω επίλυσης προβλημάτων χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά σε περιβάλλοντα παιχνιδοποίησης (Kalogiannakis et al., 2021).

Ο εκπαιδευτικός αποτελεί μια ιδιαίτερη σημαντική πτυχή της μαθησιακής διαδικασίας. Ο ρόλος του έχει αλλάξει τα τελευταία χρόνια, καθώς στις μέρες μας καλείται να παρέχει υποστήριξη στους μαθητές βοηθώντας τους να γίνουν αυτό-κατευθυνόμενοι (self-directed), δηλαδή να διαμορφώσουν τον τρόπο μάθησής τους (UNESCO, 2008). Η παρακολούθηση της προόδου των μαθητών και καθοδήγησής τους κατά τη διάρκεια μιας εφαρμογής παιχνιδοποίησης (Sánchez-Rivas et al., 2019) ή, ευρύτερα, κατά τη διάρκεια ενός μαθησιακού πλαισίου με χρήση ΤΠΕ (Rodríguez-Triana et al., 2017) μπορεί να έχει πολλά πλεονεκτήματα για τη μαθησιακή διαδικασία. Στις Φ.Ε, οι εκπαιδευτικοί έχοντας μεγαλύτερη επίγνωση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών τους σχετικά με τα φαινόμενα και, ως εκ τούτου, βοηθούν τους μαθητές κάνοντας επιπλέον ερωτήσεις. Επιπρόσθετα, οι μαθητές μπορούν να «χαθούν» μέσα σε ένα περιβάλλον μάθησης ανοιχτού κόσμου (Huang et al., 2010˙ Ijaz et al., 2017). Ως εκ τούτου, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να παρέχουν υποστήριξη και καθοδήγηση σε αυτές τις περιπτώσεις. Επίσης, ο εκπαιδευτικός μπορεί να συμβάλει θετικά στην αξιολόγηση της μαθησιακής διαδικασίας. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε ένα μοντέλο προσαρμοστικής μάθησης καθώς διασφαλίζεται ότι όλοι οι μαθητές βρίσκονται σε παρόμοιο επίπεδο και έχουν επιτύχει τους στόχους του μαθήματος.

Σκοπός της δημιουργίας της παρούσας μεθοδολογίας είναι η κατασκευή περιβαλλόντων προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης που περιλαμβάνει στοιχεία και μηχανισμούς παιχνιδιού που βασίζονται σε μια θεωρία κινήτρων, παιδαγωγικές στρατηγικές μάθησης και μηχανισμών παιχνιδιών άμεσα συνδεδεμένες με τις Φ.Ε (Kalogiannakis et al., 2021) και σχετικά γνωστές στους εν ενεργεία και μελλοντικούς εκπαιδευτικούς προκειμένου να μπορούν να εκπαιδευτούν και να ενσωματώσουν τα περιβάλλοντα αυτά στη διδασκαλία.

2. Μεθοδολογία

Η προσέγγιση που προτείνουμε σχετικά με το σχεδιασμό βασίζεται σε δύο παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας είναι το μοντέλο του παίκτη. Ταξινομούμε τις προτιμήσεις των μαθητών

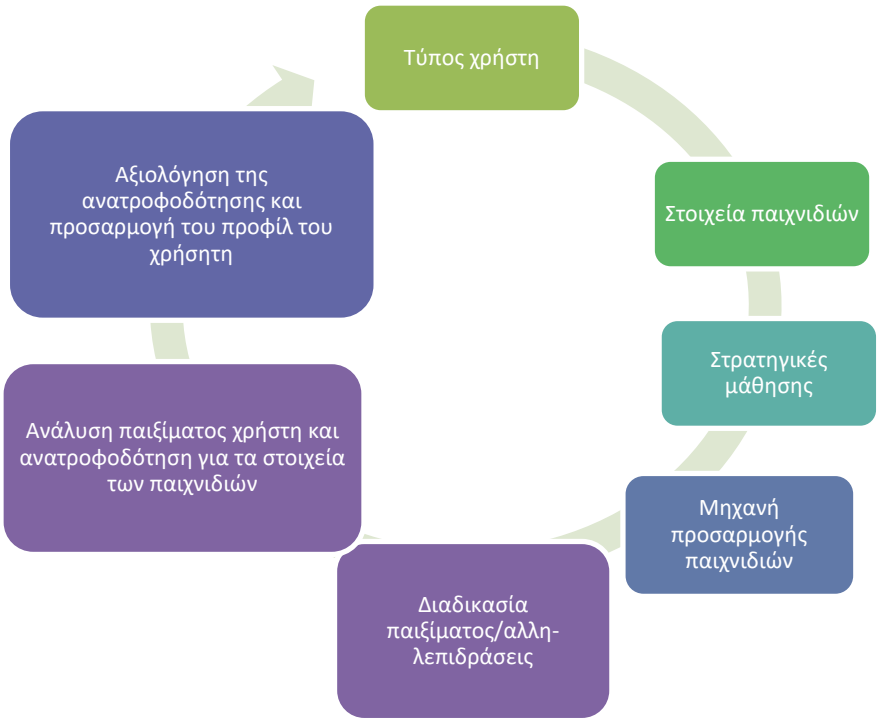
για τον τρόπο παιξίματος και τα στοιχεία παιχνιδιού σε έξι κατηγορίες με βάση το μοντέλο Hexad (Lavoue et al., 2019˙ Mora et al., 2018). Οι κατηγορίες είναι (Tondelo et al., 2016):

- Κατορθωτής/Επιτευκτής (Achiever): Υποκινούνται κυρίως από την ικανότητα (competence). Τους αρέσει να δοκιμάζουν νέα πράγματα και να ολοκληρώνουν προκλήσεις για να αποδείξουν τον εαυτό τους.
- Παίκτης (Player): Υποκινούνται κυρίως από τις ανταμοιβές (εξωτερικά κίνητρα). Η συμπεριφορά τους επηρεάζεται από τις ανταμοιβές που τους δίνονται κατά την διάρκεια του παιχνιδιού, ακόμα κι αν είναι άσχετες με την κύρια πρόοδο/πλοκή.
- Φιλάνθρωπός (ή αλτρουιστής) (Philanthropist): Υποκινούνται κυρίως από το σκοπό. Θα προσφέρουν τη βοήθειά τους στους άλλους χωρίς να περιμένουν αντάλλαγμα.
- Διαταράκτης (Disruptor): Υποκινούνται κυρίως από την αλλαγή. Τείνουν να προσπαθούν να δοκιμάσουν τα όρια του συστήματος, είτε με αρνητικό αντίκτυπο (π.χ χαλώντας το παιχνίδι για τους άλλους) είτε με θετικό (ανακαλύπτοντας ελαττώματα και βελτιώνοντας το σύστημα).
- Κοινωνικοποιητές (Socializer): Υποκινούνται κυρίως από την ικανότητα την σχετικότητα (relatedness). Τείνουν να έχουν εγγενή κίνητρα αλληλοεπιδρώντας με άλλους παίκτες και δημιουργώντας σχέσεις μαζί τους (κοινωνική συγγένεια).
- Ελεύθερα πνεύματα (ή Αυτόνομοι) (Free spirits): Υποκινούνται κυρίως από την αυτονομία (autonomy) και την αυτοέκφραση. Δεν τους αρέσει να ελέγχονται και προτιμούν να εξερευνούν οι ίδιοι το σύστημα/περιβάλλον.

Ο δεύτερος παράγοντας αφορά τις στρατηγικές μάθησης. Οι στρατηγικές μάθησης επηρεάζουν τους στόχους, τους σκοπούς, τη διαδρομή και τα στάδια της μάθησης. Συνεπώς, επειδή η εναλλαγή στρατηγικών μάθησης μπορεί να επιβαρύνει ιδιαίτερα τη διαδικασία προσαρμογής αλλά και εξαιτίας της φύσης της διδασκαλίας των Φ.Ε, προτιμήθηκαν μόνο δύο στρατηγικές μάθησης. Επίσης, αυτές οι στρατηγικές έχουν πολλές κοινές πτυχές κάτι που ευνοεί την μείωση του φόρτου εργασίας που απαιτείται και την εξοικείωση των μαθητών και με τις δύο στρατηγικές μάθησης, εφόσον υπάρχει ανάγκη προσαρμογής.

Η προτεινόμενη προσέγγιση βασίζεται σε δύο διαδικασίες προσαρμογής. Στην προσαρμογή των στοιχείων του παιχνιδιού και της μαθησιακής διαδικασίας. Σχετικά με τη προσαρμογή των στοιχείων του παιχνιδιού, υπάρχουν τρία βασικά σημεία: (α) η ανατροφοδότηση του χρήστη, (β) η δημιουργία προφίλ και (γ) η προσαρμογή. Σε πρώτη φάση, στην αρχή της εφαρμογής, ο χρήστης απαντά σε ένα ερωτηματολόγιο, με βάση το μοντέλο Hexad, για να δημιουργήσει το προφίλ του παίκτη. Στη συνέχεια, το σύστημα επιλέγει τα στοιχεία παιχνιδιού και τα εφαρμόζει στο περιβάλλον σύμφωνα με το προφίλ του παίκτη. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος, το προφίλ του παίκτη ενημερώνεται. Αυτό γίνεται με τη χρήση προσεκτικά κατάλληλων σχεδιασμένων διαλόγων εντός της εφαρμογής προκειμένου να μετρηθεί η γνώμη του χρήστη σχετικά με τα στοιχεία παιχνιδιών. Στο τέλος της διδασκαλίας, τίθενται ερωτήσεις στον χρήστη, με βάση του ενημερωμένου προφίλ του, σχετικά με την προσαρμογή στοιχείων παιχνιδιού και επιλέγει ένα στοιχείο παιχνιδιού από την δεύτερη και τρίτη κατηγορία παίκτη, σύμφωνα με την κατάταξη, τα οποία θα συμπεριληφθούν. Παρακάτω παρουσιάζεται η βασική αρχιτεκτονική της προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης που προτείνουμε (Εικόνα 1).

Με βάση τις παραπάνω κατευθυντήριες γραμμές και μεθοδολογία, δημιουργήσαμε χρησιμοποιώντας τη μηχανή παιχνιδιών Unity3D, μία εφαρμογή παιχνιδοποίησης με τίτλο «Κύκλος του νερού». Ο «Κύκλος του Νερού» περιλαμβάνει τη διδασκαλία φαινομένων που σχετίζονται με τον κύκλο του νερού. Πιο συγκεκριμένα, το φαινόμενο της τήξης, της πήξης, του βρασμού και της εξάτμισης.



Εικόνα 1: Η αρχιτεκτονική του περιβάλλοντος προσαρμοστικής παιχνιδιοποίησης

Σύμφωνα με τη μεθοδολογία μας, το περιβάλλον της εφαρμογής είναι ένα περιβάλλον προσομοίωσης ανοιχτού κόσμου που χρησιμοποιεί avatar, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2. Στο ξεκίνημα, αφού ο χρήστης συμπληρώσει το ερωτηματολόγιο και δημιουργηθεί το προφίλ του, του παρουσιάζεται ένα κείμενο που περιγράφει την ιστορία του παιχνιδιού με βάση το προφίλ του χρήστη και τη στρατηγική μάθησης που θα χρησιμοποιηθεί. Εάν εφαρμοστεί η διερευνητική μάθηση, ο χρήστης ενημερώνεται ότι έχει το ρόλο ενός φίλου της Αστυνομικού με σκοπό να την βοηθήσει να διερευνήσει κάποια φυσικά φαινόμενα. Αντιθέτως, εφαρμόζοντας τη μάθηση μέσω επίλυσης προβλήματος, ο χρήστης αποκτά το ρόλο του βοηθού της αστυνομικού και είναι επιφορτισμένος με την επίλυση ορισμένων υποθέσεων. Η Εικόνα 2 δείχνει ότι ο χρήστης έχει όλη την ελευθερία να κινηθεί μέσα στην εφαρμογή, όπου μπορεί να συνομιλήσει και να αλληλοεπιδράσει με χαρακτήρες που δεν είναι παίκτες, να συλλέξει υλικά, να εκτελέσει πειράματα αλλά και να δει και να ακούσει μερικά πραγματικά φαινόμενα και ήχους.

Σχετικά με τους μηχανισμούς παιχνιδιού, αυτά διαφοροποιούνται σύμφωνα με το δεδομένο προφίλ του χρήστη όταν αυτός εισέρχεται σε κάθε ενότητα. Για παράδειγμα, στην εικόνα 3 ο βασικός τύπος του χρήστη είναι «ο Παίχτης» ενώ το ο δεύτερος και τρίτος τύπος είναι ο «Κατορθωτής» και το Ελεύθερο πνεύμα». Επάνω αριστερά έχει εμφανιστεί το επίπεδο και οι πόντοι του παίκτη ενώ κάτω αριστερά έχουμε ένα σύστημα χρημάτων και συνδέονται με το παιχνίδι και την πρόοδο εντός του μαθήματος. Όταν ο παίκτης απαντάει σωστά σε ερωτήσεις κατά τη διάρκεια των αποστολών λαμβάνει πόντους που επηρεάζουν επίσης το επίπεδό του. Η ολοκλήρωση των αποστολών δίνει επιπλέον πόντους ανάλογα με το χρόνο (πρόκληση) που χρησιμοποίησε για να το πετύχει. Επίσης, αποκτά νομίσματα με την ολοκλήρωση κάποιων αποστολών, που στη συνέχεια μπορεί να χρησιμοποιήσει στον πωλητή προκειμένου να αγοράσει διάφορα ρούχα και να προσαρμόσει τον χαρακτήρα του. Ακόμα, ο παίκτης με την ολοκλήρωση των κύριων αποστολών κερδίζει εμβλήματα. Επιπλέον, μετά την εκπλήρωση της τελευταίας αποστολής ο παίκτης παίρνει προαγωγή από την αστυνομικό δίνοντας του το ανάλογο έμβλημα. Σε κάποια συγκεκριμένα σημεία του παιχνιδιού, για παράδειγμα μετά την ολοκλήρωση των πειραμάτων, ο χρήστης ερωτάται έμμεσα για την γνώμη του σχετικά με τα στοιχεία παιχνιδιού που είναι ενεργοποιημένα. Προκειμένου να μην κουράσουμε ή

αποσπάσουμε τη προσοχή του χρήστη, οι ερωτήσεις δεν ξεπερνούν τις 2 για κάθε στοιχείο παιχνιδιού. Η ανατροφοδότηση γίνεται σε πεντάβαθμη κλίμακα Likert.

Εικόνα 2: Τρισδιάστατο περιβάλλον προσαρμοστικής παιχνιδιοποίησης

Εικόνα 3: Περιβάλλον με προσαρμοσμένα στοιχεία παιχνιδιών

Οι στρατηγικές μάθησης που εφαρμόζονται σε κάθε μάθημα είναι η διερευνητική μάθηση και η μάθηση μέσω της επίλυσης προβλήματος. Η μάθηση με βάση την επίλυση προβλήματος ακολουθεί μια πορεία μάθησης βασισμένη στην ιστορία. Στον χρήστη παρουσιάστηκε ο ρόλος του βοηθού αστυνομικού που έχει επιφορτιστεί να λύσει μυστήρια που σχετίζονται με έννοιες τους κύκλου του νερού, όπως η πήξη. Του παρουσιάζονται σιγά σιγά και πληροφορίες σχετικά με την υπόθεση/προβληματική κατάσταση. Στη συνέχεια, μέσω διαλόγων, αναλύει τα αρχικά

στοιχεία της υπόθεσης, κάνει περαιτέρω υποθέσεις, διεξάγει έρευνες προκειμένου να αποκτήσει πρόσθετες πληροφορίες. Έπειτα, συγκεντρώνει υλικά για τη διεξαγωγή πειραμάτων σχετικά με το πρόβλημα και αφού τα εκτελέσει τα αναλύει. Προχωρώντας, φτάνει σε κάποια συμπεράσματα μέσω των διαλόγων και λύνει την υπόθεση. Τέλος, επανεξετάζει τη διαδικασία που ακολούθησε με την αστυνομικό συζητώντας τη, αναλύοντάς την και επισημαίνοντας πιθανά βήματα που μπορεί να μην έκανε.

Στην περίπτωση της διερευνητικής μάθησης, οι χρήστες αναλαμβάνουν να βοηθήσουν τη φίλη τους την αστυνομικό με κάποιους προβληματισμούς που έχει σχετικά με κάποια φαινόμενα, δηλαδή «τι συμβαίνει όταν βάζουμε νερό στην κατάψυξη;». Στη συνέχεια, οι μαθητές κάνουν υποθέσεις σχετικά με αυτές τις ερωτήσεις και συγκεντρώσουν υλικά που είναι απαραίτητα για τη διεξαγωγή πειραμάτων για τον έλεγχο αυτών των υποθέσεων. Τα πειράματα πραγματοποιούνται, παρατηρούν και απαντούν σε ερωτήσεις που θα τους βοηθήσουν να οργανώσουν τα δεδομένα τους και να τα αναλύσουν. Τέλος, αξιολογούν και ερμηνεύουν τα δεδομένα τους και συγκρίνουν το αποτέλεσμά τους με τις αρχικές τους υποθέσεις.

3. Αποτελέσματα

Η έρευνά μας βρίσκεται στο στάδιο της επεξεργασίας και δεν υπάρχουν ακόμα δημοσιεύσημα αποτελέσματα. Βρισκόμαστε στο τελευταίο στάδιο της δημιουργίας του λογισμικού που κατασκευάζουμε με βάση το προτεινόμενο μοντέλο για μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Ιδιαίτερη προσοχή έχει δοθεί στην φιλικότητα του περιβάλλοντος και στην αποφυγή σφαλμάτων εντός της εφαρμογής.

4. Συμπεράσματα

Η παραπάνω προσέγγιση αναφέρεται σε διάφορες έννοιες που περιλαμβάνονται και συνδέονται μεταξύ τους σχετικά με την παιχνιδοποίηση και τις Φ.Ε. Συγκεκριμένα, η μεθοδολογία μας προέρχεται από ένα συγκεκριμένο ψυχολογικό θεωρητικό μοντέλο, το θεωρία αυτοδιάθεσης που βασίζεται σε πτυχές των κινήτρων των ατόμων, την «καρδιά» της παιχνιδοποίησης. Στη συνέχεια, σύμφωνα με μία συγκεκριμένη θεωρία κινήτρων επιλέγονται τα στοιχεία των παιχνιδιών και οι κατηγορίες των χρηστών. Ακόμα, λαμβάνοντας υπόψη τη διδασκαλία Φ.Ε, επιλέχθηκαν συσχετιζόμενες στρατηγικές μάθησης. Αυτό το μοντέλο στοχεύει να βοηθήσει τόσο τους εκπαιδευτικούς όσο και τους προγραμματιστές λογισμικού καθιερώνοντας μια κατευθυντήρια γραμμή για τον συστηματικό σχεδιασμό ενός εκπαιδευτικού περιβάλλοντος προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης για τη διδασκαλία Φ.Ε και να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς να ενσωματώσουν αυτό το προσαρμοστικό περιβάλλον στις τάξεις τους.

Σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα μας, στο προσεχές διάστημα θα οριστικοποιηθεί μία πρώτη έκδοση του πρωτότυπου περιβάλλοντος προσαρμοστικής παιχνιδοποίησης σχετικά με τη διδασκαλία εννοιών του κύκλου του νερού. Στη συνέχεια, θα εκπαιδευτούν εκπαιδευτικοί προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιήσουν την εφαρμογή στην διδασκαλία τους στις αρχές του επόμενου έτους.

5. Βιβλιογραφία

Alesandrini, A. T., & Heron, P. R. (2020). Types of explanations students use to explain answers to conceptual physics questions. Στο Y. Cao, S. Wolf, M. B. Bennett (επιμ.) *Physics Education Research Conference 2019* (σ. 21-25). Provo, UT. https://doi.org/10.1119/perc.2019.pr.Alesandrini

Amado, C. M., & Roleda, L. S. (2019). Student Engagement in a Gamified Physics Course. Στο *Proceedings of the International Conference on Future of Education, 2*(1), 85-95. https://doi.org/10.17501/26307413.2019.2109

Botte, B., Bakkes, S., & Veltkamp, R. (2020). Motivation in gamification: constructing a correlation between gamification achievements and self-determination theory. Στο *International Conference on Games and Learning Alliance* (σ. 157-166). Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-63464-3_15

Codish, D., & Ravid, G. (2014). Personality based gamification-Educational gamification for extroverts and introverts. Στο *Proceedings of the 9th CHAIS Conference for the Study of Innovation and Learning Technologies: Learning in the Technological Era* (Vol. 1, σ. 36-44). Ra'anana: The Open University of Israel.

Hassan, M. A., Habiba, U., Majeed, F., & Shoaib, M. (2019). Adaptive gamification in e-learning based on students' learning styles. *Interactive Learning Environments*, 1-21. https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1588745

Huang, H-M., Rauch, U., & Liaw, S.-S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education, 55*(3), 1171-1182. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.05.014

Ijaz, K., Bogdanovych, A., & Trescak, T. (2017). Virtual worlds vs books and videos in history education. *Interactive Learning Environments, 25*(7), 904-929. https://doi.org/10.1080/10494820.2016.1225099

Kalogiannakis, M., Papadakis, S., & Zourmpakis, A. I. (2021). Gamification in Science Education. A Systematic Review of the Literature, *Education Sciences, 11*(1), 22. https://doi.org/10.3390/educsci11010022

Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. Wiley. ISBN: 978-1-118-09634-5

Klock, A. C. T., Gasparini, I., Pimenta, M. S., & Hamari, J. (2020). Tailored gamification: A review of literature. *International Journal of Human-Computer Studies*, *144*, 102495 https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2020.102495

Lavoué, E., Monterrat, B., Desmarais, M., & George, S. (2018). Adaptive gamification for learning environments. *IEEE Transactions on Learning Technologies, 12* (1), 16-28. https://doi.org/10.1109/TLT.2018.2823710

Mora, A., Tondello, G. F., Nacke, L. E., & Arnedo -Moreno, J. (2018). Effect of personalized gameful design on student engagement. Στο *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON 2018-April* (σ. 1925–1933). Santa Cruz de Tenerife, Spain. https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363471.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academy Press. ISBN:978-0-309-21742-2.

Richter, G., Raban, D. R., & Rafaeli, S. (2015). Studying Gamification: The Effect of Rewards and Incentives on Motivation. Στο T. Reiners, L. C. Wood (Επιμ.), *Gamification in Education and Business* (σ. 21-46). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10208-5_2

Rodríguez - Triana, M. J., Prieto, L. P., Vozniuk, A., Boroujeni, M. S., Schwendimann, B. A., Holzer, A., & Gillet, D. (2017). Monitoring, awareness and reflection in blended technology enhanced learning: a systematic review. *International Journal of Technology Enhanced Learning, 9* (2-3), 126-150. https://doi.org/10.1504/IJTEL.2017.084489

Sánchez-Rivas, E., Ruiz-Palmero, J., & Sánchez-Rodríguez, J. (2019). Gamification of assessments in the natural sciences subject in primary education. *Educational Sciences: theory & practice, 19* (1). 95-111. Ανακτήθηκε από: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1215208.pdf

Tondello, G. F., Wehbe, R. R., Diamond, L., Busch, M., Marczewski, A., & Nacke, L. E. (2016). The gamification user types hexad scale. Στο CHI PLAY '16: *Proceedings of the 2016 annual symposium on computer-human interaction in play* (σ. 229-243). https://doi.org/10.1145/2967934.2968082

Tondello, G. F., Mora, A., Marczewski, A., & Nacke, L. E. (2019). Empirical validation of the gamification user types hexad scale in English and Spanish. *International Journal of Human-Computer Studies, 127,* 95-111. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2018.10.002

Tsai, F. H. (2018). The development and evaluation of a computer-simulated science inquiry environment using gamified elements. *Journal of Educational Computing Research*, *56*(1), 3-22.

http://dx.doi.org/10.1177/0735633117705646

UNESCO (2008). ICT Competency Standards for Teachers: Competency Standards Modules. Ανακτήθηκε από: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000156207

Wara, E., Aloka, P. J., & Odongo, B. C. (2018). Relationship between emotional engagement and academic achievement among Kenyan secondary school students. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies, 7* (1), 107-118. https://doi.org/10.2478/ajis-2018-0011

Zainuddin, Z., Chu, S. K. W., Shujahat, M., & Perera, C.J. (2020). The impact of gamification on learning and instruction: A systematic review of empirical evidence. *Educational Research Review, 30,* 100326. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100326

Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες: Διερεύνηση της Επίδρασης Γνωστικών Μεταβλητών στη Συνεκτικότητα της Γνώσης των Παιδιών

Ελένη Κανελλιά[1], Δημήτριος Σταμοβλάσης[2]
[1]Υποψήφια Διδάκτωρ, [2]Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήμα Φιλοσοφίας και Παιδαγωγικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να συνεισφέρει στην κατανόηση της φύσης της γνώσης των παιδιών πριν υιοθετήσουν την επιστημονική άποψη. Συγκεκριμένα, θα διερευνηθεί εάν οι προϋπάρχουσες αντιλήψεις για τα φυσικά φαινόμενα είναι συνεκτικές ή κατακερματισμένες, εάν η διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής αποτελεί γραμμική ή μη-γραμμική διαδικασία και σε ποιο βαθμό αυτή μπορεί να εξηγηθεί από την επίδραση γνωσιακών μεταβλητών της Νεο-Πιαζέτειας Θεωρίας. Επιπλέον, θα εφαρμοστούν προχωρημένες μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης προκειμένου να αναδειχθούν ισχυρά επιστημονικά αποτελέσματα. Η παρούσα έρευνα αποτελεί μία καινοτόμο προσπάθεια, καθώς συμπεριλαμβάνει πιθανές προγνωστικές μεταβλητές και επανεξετάζει το συγκεκριμένο κρίσιμο ζήτημα με νέα μεθοδολογικά εργαλεία.

Abstract

The purpose of this study is to contribute to the understanding of the nature of children's knowledge before adopting the scientific point of view. Specifically, it will be investigated whether pre-existing conceptions of physical phenomena are coherent or fragmented, whether the process of conceptual change is a linear or non-linear process, and to what extent it can be explained by the influence of cognitive variables in Neo-Piagetian Theory. In addition, advanced methods of statistical analysis will be applied in order to bring out strong scientific results. The present research is an innovative effort, as it includes possible prognostic variables and re-examines this critical issue with new methodological tools.

Λέξεις κλειδιά: εννοιολογική αλλαγή, Νεο-Πιαζέτεια Θεωρία, προχωρημένοι μέθοδοι στατιστικής ανάλυσης, συνεκτική και κατακερματισμένη γνώση

Keywords: conceptual change, Neo-Piagetian Theory, advanced methods of statistical analysis, coherent and fragmented knowledge

1. Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες, στην έρευνα αναφορικά με την κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές και τη φύση της γνώσης τους πριν την κατάκτηση της επιστημονικής άποψης, έχουν διατυπωθεί δύο κυρίαρχες θεωρητικές προοπτικές, οι οποίες, παρότι βρίσκονται σε πλήρη αντίθεση, υποστηρίζονται εξίσου από εμπειρικά δεδομένα. Η πρώτη αντιμετωπίζει τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις ως ενιαία *θεωρία πλαισίου* με επεξηγηματική ισχύ (Vosniadou, 1994), ενώ η δεύτερη ως ένα σύνολο ημι-ανεξάρτητων *τμημάτων γνώσης* (DiSessa, 1993). Δεδομένου ότι καθεμία από αυτές προσεγγίζει τη δομή και την ανάπτυξη της επιστημονικής γνώσης (δηλαδή τη διαδικασία που είναι γνωστή ως *εννοιολογική αλλαγή*) με διαφορετικό τρόπο, η διασαφήνιση του ζητήματος έχει μεγάλη θεωρητική σημασία και επηρεάζει ουσιαστικά τις προτεινόμενες διδακτικές προσεγγίσεις.

Στη συντριπτική πλειονότητα των σχετικών ερευνών, η ερμηνεία του φαινομένου της μάθησης επιχειρείται εξετάζοντας μόνο το μαθησιακό αποτέλεσμα, χωρίς να ενσωματώνονται ανεξάρτητες ψυχομετρικές μεταβλητές, οι οποίες είναι γνωστό από άλλες μελέτες ότι

διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην κατάκτηση της γνώσης (Efklides, 2008˙ Metallidou & Platsidou, 2008). Η παρατήρηση αυτή είναι αξιοσημείωτη, καθώς η προσπάθεια συσχέτισης προβλεπτικών μεταβλητών με τη συνεκτικότητα της γνώσης θα διεύρυνε το πεδίο της εννοιολογικής αλλαγής, ώστε να επέλθει η θεωρητική συναίνεση. Παράλληλα, μια τέτοια μετατόπιση θα ενίσχυε την ανάπτυξη και την επίλυση των επιστημολογικών ζητημάτων που έχουν ανακύψει, παρέχοντας τη δυνατότητα εφαρμογής προχωρημένων στατιστικών μεθόδων για τον έλεγχο των σχετικών υποθέσεων (DiSessa, 2006˙ 2013).

2. Θεωρητικό πλαίσιο

Στην παρούσα πρόταση υπάρχουν τρία βασικά θεωρητικά ερείσματα που καθοδηγούν την έρευνα και αναλύονται εκτενώς παρακάτω.

Συνεκτική ή Κατακερματισμένη γνώση

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν επικρατήσει δύο ανταγωνιστικές θεωρητικές προοπτικές αναφορικά με τη φύση των ιδεών και αντιλήψεων των μαθητών πριν την κατάκτηση της επιστημονικής άποψης. Η πρώτη προσέγγιση αντιλαμβάνεται τις προϋπάρχουσες ιδέες ως δομές *συνεκτικές* και σταθερές και τις χαρακτηρίζει ως *παρόμοιες με θεωρία* (theory-like). Σύμφωνα με αυτή, οι μαθητές, με το πέρασμα των ετών, οικοδομούν ένα σύνολο εννοιολογικών δομών, οι οποίες χαρακτηρίζονται ρητά ως *συνεκτικά νοητικά μοντέλα* (coherent mental models) και συγκροτούν μία *θεωρία πλαισίου* (framework theory). Το σημαντικότερο στοιχείο της θεωρίας πλαισίου είναι ότι έχει επεξηγηματική ισχύ, καθώς αξιοποιείται από τα παιδιά με συνέπεια στην προσπάθεια ερμηνείας μίας ποικιλίας φαινομένων (Vosniadou & Brewer, 1992˙ 1994).

Η εναλλακτική προοπτική υποστηρίζει πως οι αντιλήψεις των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα, μέχρι αυτοί να κατακτήσουν την επιστημονική άποψη, δεν είναι συνεκτικές και σταθερές, αλλά αποτελούνται από ανεξάρτητα τμήματα που οργανώνονται κατ' απαίτηση όποτε υπάρχει κάποια νοητική δοκιμασία. Οι υπέρμαχοι αυτής της θέσης χαρακτηρίζουν τις προϋπάρχουσες ιδέες των παιδιών ως *γνώση σε κομμάτια* (knowledge in pieces) ή *κατακερματισμένη γνώση* (fragmented knowledge) (DiSessa, 1993˙ DiSessa et al., 2004). Σε αυτό το πλαίσιο, οι αντιλήψεις τους αντιμετωπίζονται ως ένα σύνολο ημιανεξάρτητων στοιχείων, τα οποία συνδυάζονται από το παιδί με διάφορους τρόπους, ώστε να απαντήσει στην εκάστοτε ερώτηση (Clark, 2006˙ Özdemir & Clark, 2007).

Η Νεο-Πιαζέτεια Θεωρία στο πεδίο της εννοιολογικής αλλαγής

Στην παρούσα έρευνα προτείνεται η υιοθέτηση της Νεο-Πιαζέτειας Θεωρίας (ΝΠΘ), που αποτελεί εξέλιξη της Θεωρίας του Piaget. Συγκεκριμένα, θα αξιοποιηθούν ορισμένες βασικές μεταβλητές όπως η Λογική Σκέψη, η Συγκλίνουσα/ Αποκλίνουσα Σκέψη και η Εξάρτηση/ Ανεξαρτησία από το Πεδίο.

Η *Λογική Σκέψη* ή *Τυπική Συλλογιστική* αναφέρεται στην ικανότητα του ατόμου να χρησιμοποιεί λογική που αντιστοιχεί κυρίως στο στάδιο των τυπικών ή αφηρημένων συλλογισμών (Lawson, 1978˙ 1985). Η *Συγκλίνουσα/ Αποκλίνουσα Σκέψη* είναι ένα γνωστικό ύφος που διαφοροποιεί κάποιες διαστάσεις της νοημοσύνης (Child & Smithers, 1973). Η *Εξάρτηση/ Ανεξαρτησία από το Πεδίο* είναι ένα ακόμη γνωστικό ύφος και σχετίζεται με την ικανότητα ενός ατόμου να εντοπίζει μια σχετική πληροφορία μέσα σε ένα πολύπλοκο πλαίσιο (Witkin & Goodenough, 1981). Σημαντικός αριθμός ερευνών έχει αναδείξει τη συσχέτισή τους με την επίδοση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (π.χ. Kypraios et al., 2014˙ Lawson & Thompson, 1988).

Η μη-γραμμική δυναμική στο πεδίο της εννοιολογικής αλλαγής

Η διευκρίνιση της φύσης της εννοιολογικής αλλαγής (δηλαδή εάν αυτή είναι μια συνεχής, με γραμμικό τρόπο, εξέλιξη διαμέσου διακριτών σταδίων ή μπορεί να εμπεριέχει και ασυνεχείς,

μη-γραμμικές, μεταβολές) είναι άμεσα συνυφασμένη με την αναζήτηση της φύσης της γνώσης και, κατά συνέπεια, με την υπόθεση των συνεκτικών νοητικών μοντέλων. Σύμφωνα με την προσέγγιση των νοητικών μοντέλων, η μετάβαση από το ένα νοητικό μοντέλο στο επόμενο αντιμετωπίζεται ως γραμμική, ομαλή, προοδευτική-βηματική αλλαγή (Vosniadou & Brewer, 1992). Αντιθέτως, η προοπτική της κατακερματισμένης γνώσης (DiSessa, 1993) αφήνει περιθώρια για την ανάδυση της κατανόησης μέσω της αλληλεπίδρασης κάποιων αρχετυπικών στοιχείων (p-prims) με μη-γραμμικό τρόπο. Ωστόσο, και για τις δύο θεωρητικές παραδοχές δεν υπάρχει έως τώρα καμιά σχετική εμπειρική μαρτυρία.

Στην παρούσα εργασία, θα εξεταστεί το φαινόμενο της εννοιολογικής αλλαγής στην έννοια της Δύναμης διότι οι προηγούμενες σχετικές έρευνες του πεδίου έχουν οδηγηθεί σε αντιφατικά αποτελέσματα (DiSessa et al., 2004˙ Ioannides & Vosniadou, 2002˙ Stamovlasis et al., 2013˙ Vaiopoulou et al., 2017).

3. Μεθοδολογία

Στην παρούσα έρευνα θα συλλεχθούν δεδομένα για την εννοιολογική αλλαγή κυρίως μέσω κλειστών ερωτηματολογίων. Για την έννοια της Δύναμης θα αξιοποιηθεί, το Force-RQ (Force Representations Questionnaire), ένα ερωτηματολόγιο πολλαπλής επιλογής, το οποίο περιλαμβάνει 10 ερωτήσεις και 4 προδιατυπωμένες απαντήσεις, κάθε ερώτηση συνοδεύεται από μια επεξηγηματική εικόνα και αναφέρεται σε διάφορες καταστάσεις της Δύναμης. Για τον έλεγχο ορισμένων επιπλέον ερωτημάτων, θα χρησιμοποιηθεί το Force-RoQ (Force Representations open Questionnaire), το οποίο αποτελείται από τα ίδια ακριβώς ερωτήματα με το κλειστό ερωτηματολόγιο, αλλά τα παιδιά μπορούν να αιτιολογήσουν την άποψή τους με ανοιχτού τύπου γραπτή απάντηση. Τέλος, για τις γνωστικές μεταβλητές θα χρησιμοποιηθούν τα αντίστοιχα ψυχομετρικά τεστ. Πιο συγκεκριμένα, η Λογική Σκέψη θα μετρηθεί με το γραπτό τεστ του Lawson (1978), ο βαθμός Εξάρτησης/ Ανεξαρτησίας από το Πεδίο θα αξιολογηθεί μέσω του τεστ των Witkin et al. (1971) και η επίδοση στην Αποκλίνουσα Σκέψη θα μετρηθεί με το τεστ του Bahar (1999).

Η ανάλυση των εμπειρικών δεδομένων

Μια κατάλληλη μέθοδος για την ανάλυση των δεδομένων είναι η *Ανάλυση Λανθανουσών Τάξεων* (Latent Class Analysis – LCA). Η LCA είναι μία προχωρημένη πολυμεταβλητή μέθοδος, η οποία χρησιμοποιεί Bayesian στατιστική και είναι σε θέση να εντοπίσει διακριτές ομάδες (clusters) ατόμων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (προφίλ). Η LCA έχει ήδη χρησιμοποιηθεί στην έρευνα για τα νοητικά μοντέλα των παιδιών και τα πρώτα ευρήματα είναι πολύ ενδιαφέροντα (Pluess et al., 2018˙ Schneider & Hardy, 2013˙ Stamovlasis et al., 2013), ενώ η δυνατότητα να συμπεριληφθούν εξωτερικές μεταβλητές (ως ανεξάρτητες ή εξαρτημένες) την καθιστά πολύτιμο εργαλείο σε αυτό το πεδίο.

Επιπλέον, θα πραγματοποιηθεί ποιοτική ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων από ανοιχτού τύπου ερωτήσεις, οι οποίες θα κατηγοριοποιηθούν με το λογισμικό ποιοτικής ανάλυσης Atlas.ti 7.5. Τέλος, για την υπόθεση που σχετίζεται με τη γραμμική ή μη-γραμμική αλλαγή των νοητικών αναπαραστάσεων, ο εμπειρικός έλεγχος για ασυνεχείς μεταβολές θα πραγματοποιηθεί με στατιστικά μοντέλα της Θεωρίας Καταστροφών.

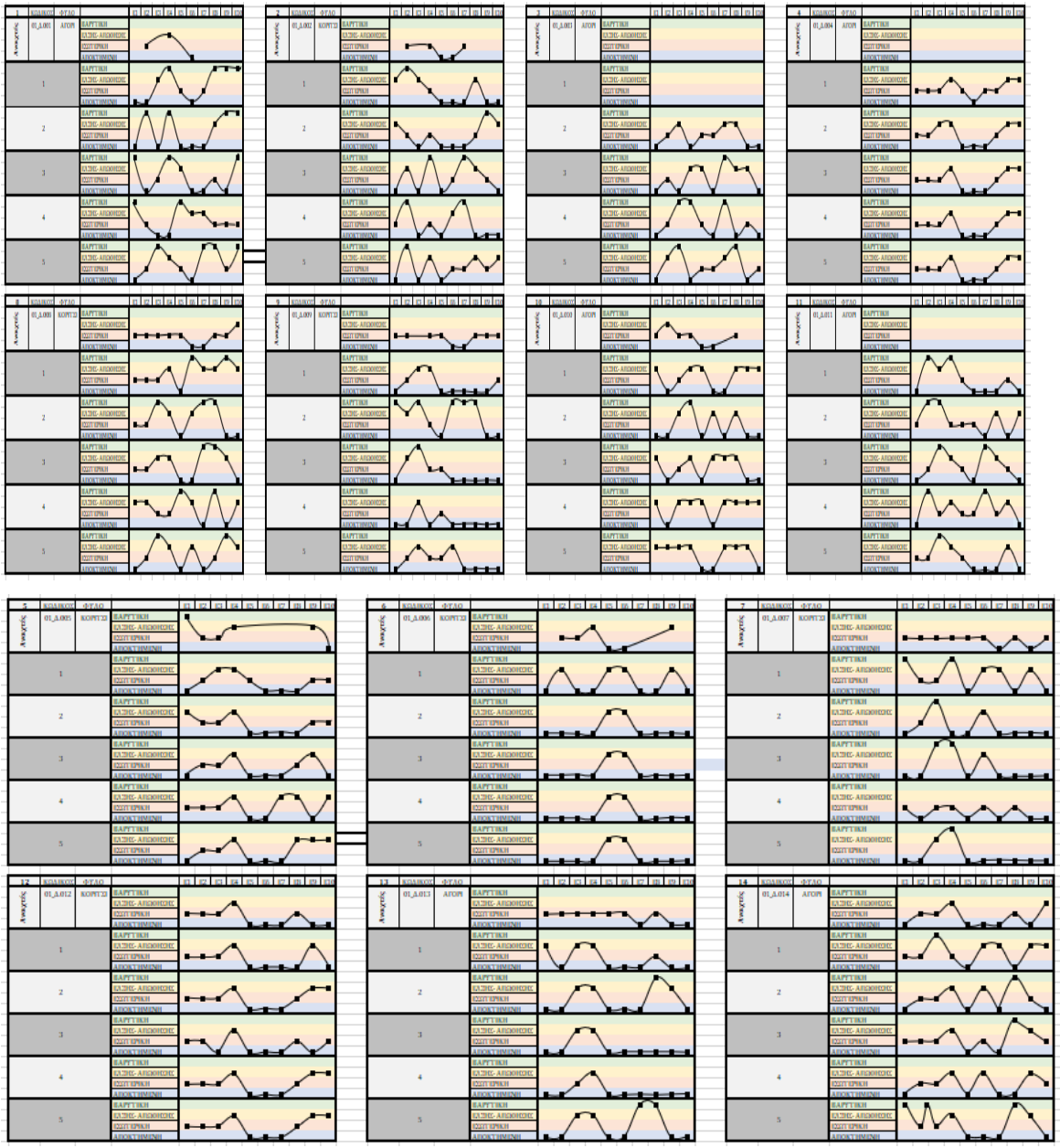
Τα αναμενόμενα αποτελέσματα έχουν σημαντική θεωρητική συνεισφορά, η οποία περαιτέρω θα στηρίξει την ανάπτυξη των διδακτικών πρακτικών στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

4. Προκαταρκτικά αποτελέσματα

Για να εξεταστεί η συνέπεια των μοτίβων των απαντήσεων πραγματοποιήθηκε μια πιλοτική έρευνα, η οποία στόχευε και στον εντοπισμό της συνέπειας στον χρόνο. Συγκεκριμένα, χορηγήθηκε το Force-RQ σε ένα μικρό δείγμα 14 μαθητών (Δ’ Δημοτικού) πέντε φορές με

χρονική απόσταση μίας εβδομάδας. Την πρώτη φορά συμπλήρωσαν και το Force-RoQ. Θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι δεν πρόκειται για την εφαρμογή ενός αυστηρά οργανωμένου πειραματικού σχεδιασμού, αλλά για μία αρχική καταγραφή επαναληπτικών μετρήσεων στο πεδίο των νοητικών μοντέλων, καθώς θα μπορούσε να οδηγήσει σε ορισμένα ενδιαφέροντα ευρήματα.

Όπως φαίνεται από το Διάγραμμα 1, δεν παρουσιάζονται απαντήσεις πλήρως συνεπείς ως προς κάποιο υποθετικό νοητικό μοντέλο, αλλά ούτε και ως προς το επιστημονικό. Ορισμένες αξιοσημείωτες ενδείξεις που προκύπτουν από την παρατήρηση του Διαγράμματος είναι ότι οι απαντήσεις των παιδιών 4 και 12 ταλαντώνονται συστηματικά μεταξύ τριών μοντέλων και του παιδιού 6 μεταξύ δύο μοντέλων, ωστόσο, είναι πολύ ενδιαφέρον ότι στα υπόλοιπα παιδιά τα μοτίβα των απαντήσεων είναι εντελώς διαφορετικά, με αποτέλεσμα να μην εντοπίζονται συνεκτικά νοητικά μοντέλα. Οι ενδείξεις αυτές δεν συνηγορούν στην ύπαρξη σταθερών και συνεκτικών γνωστικών δομών που συμπεριφέρονται γενικά με συνέπεια και ειδικά στον χρόνο.



Διάγραμμα 1: Δύναμη - Συνέπεια απαντήσεων στο χρόνο

5. Βιβλιογραφία

Bahar, M. (1999). *Investigation of biology students' cognitive structure through word association tests, mind maps and structural communication grids*. University of Glasgow.

Child, D., & Smithers, A. (1973). An attempted validation of the Joyce-Hudson scale of convergence and divergence. *British Journal of Educational Psychology, 43*(1), 57–62. https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1973.tb00738.x

Clark, D. B. (2006). Longitudinal Conceptual Change in Students' Understanding of Thermal Equilibrium: An Examination of the Process of Conceptual Restructuring. *Cognition and Instruction, 24*(4), 467–563. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2404_3

DiSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction, 10*(2–3), 105–225. https://doi.org/10.1080/07370008.1985.9649008

DiSessa, A. A. (2006). A History of Conceptual Change Research: Threads and fault lines. Στο R. K. Sawyer (Επιμ.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (σ. 88–108). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.007

DiSessa, A. A. (2013). A Bird's-Eye View of the "Pieces" vs. "Coherence" Controversy (from the "Pieces" side of the Fence). Στο S. Vosniadou (Επιμ.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (σ. 31–48). Routledge. https://doi.org/10.4324/9780203154472.ch2

DiSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science, 28*(6), 843–900. https://doi.org/10.1016/j.cogsci.2004.05.003

Efklides, A. (2008). Metacognition. *European Psychologist, 13*(4), 277–287. https://doi.org/10.1027/1016-9040.13.4.277

Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2002). The Changing Meanings of Force. *Cognitive Science Quarterly, 2*(1), 5–61.

Kypraios, N., Papageorgiou, G., & Stamovlasis, D. (2014). The Role of Some Individual Differences in Understanding Chemical Changes: A Study in Secondary Education. *International Journal of Environmental and Science Education, 9*(4), 413–427.

Lawson, A. E. (1978). The development and validation of a classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching, 15*(1), 11–24. https://doi.org/10.1002/tea.3660150103

Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching, 22*(7), 569–617. https://doi.org/10.1002/tea.3660220702

Lawson, A. E., & Thompson, L. D. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching, 25*(9), 733–746. https://doi.org/10.1002/tea.3660250904

Metallidou, P., & Platsidou, M. (2008). Kolb's Learning Style Inventory-1985: Validity issues and relations with metacognitive knowledge about problem-solving strategies. *Learning and Individual Differences, 18*(1), 114–119. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.11.001

Özdemir, G., & Clark, D. B. (2007). An overview of conceptual change theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 3*(4), 351–361. https://doi.org/10.12973/ejmste/75414

Pluess, M., Assary, E., Lionetti, F., Lester, K. J., Krapohl, E., Aron, E. N., & Aron, A. (2018). Environmental sensitivity in children: Development of the Highly Sensitive Child Scale and identification of sensitivity groups. *Developmental Psychology, 54*(1), 51–70. https://doi.org/10.1037/dev0000406

Schneider, M., & Hardy, I. (2013). Profiles of inconsistent knowledge in children's pathways of conceptual change. *Developmental Psychology, 49*(9), 1639–1649. https://doi.org/10.1037/a0030976

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*(4), 485–495. https://doi.org/10.1039/C3RP00042G

Vaiopoulou, J., Stamovlasis, D., & Papageorgiou, G. (2017). New Perspectives for Theory Development in Science Education: Rethinking Mental Models of Force in Primary School. Στο R. V Nata (Επιμ.), *Progress in Education*, Vol. 47 (σ. 1–16). Nova Science Publishers, Inc

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction, 4*(1), 45–69. https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology, 24*(4), 535–585. https://doi.org/10.1016/0010-0285(92)90018-W

Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the Day / Night Cycle. *Cognitive Science, 18*(1), 123–183. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1801_4

Witkin, H. A., & Goodenough, D. R. (1981). Cognitive styles: essence and origins. Field dependence and field independence. *Psychological issues, 51*, 1-141. International University Press.

Witkin, H. A, Oltman, P. K., Raskin, E., & Karp, S. A. (1971). *Embedded figures test, children's embedded figures test, group embedded figures test: Manual*. Consulting Psychologists Press.

Ανάπτυξη Ψηφιακών Περιβαλλόντων Μάθησης για Διδασκαλία STEM Αντικειμένων στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση

Νικόλαος Καπελώνης[1], Δημήτριος Σταύρου[2]
[1]Υποψήφιος Διδάκτορας, [2]Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα στοχεύει στο να μελετήσει την ανάπτυξη και εφαρμογή ψηφιακού περιβάλλοντος μάθησης για διδασκαλία STEM αντικειμένων στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Στη παρούσα φάση η έρευνα επικεντρώνεται στη θεματική της «Κλιματικής Αλλαγής», όπου σχετικό υλικό θα ψηφιοποιηθεί, θα δομηθεί σε μαθησιακά αντικείμενα και θα αναρτηθεί σε σύστημα διαχείρισης μαθησιακών δραστηριοτήτων. Η εφαρμογή του παραγόμενου υλικού θα γίνει σε φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, όπου θα διερευνηθούν οι ανάγκες και οι αντιλήψεις σχετικά με τη διαχείριση και επεξεργασία του ψηφιοποιημένου STEM διδακτικού υλικού. Η έρευνα βρίσκεται στη φάση ενσωμάτωσης των μαθησιακών αντικειμένων στην πλατφόρμα δραστηριοτήτων, και αναμένεται η εφαρμογή της το επόμενο χρονικό διάστημα.

Abstract

The research aims to study the development and application of a digital learning environment for teaching STEM issues, like the Climate Change topic, in higher education. Related material will get digitized, structured in learning objects and posted on a learning activity management system. The developed digital material will be applied to higher education students, investigating the students' needs and perceptions regarding the management and processing of the produced STEM digital material. The research is ongoing, and in particular, the learning objects are being uploaded on a platform, in order to be applied in the next period.

Λέξεις κλειδιά: μαθησιακό αντικείμενο, περιβάλλον μάθησης, τριτοβάθμια εκπαίδευση, ψηφιοποίηση

Key words: digitalization, higher education, learning object, management system

1. Εισαγωγή

Η πανδημία COVID19 και ο αντίκτυπος της σε όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης, με την υποχρεωτική και άμεση μετατροπή των μαθημάτων σε διαδικτυακά έφερε στην επιφάνεια την επιτακτική ανάγκη για ανάπτυξη κατάλληλων ψηφιακών εργαλείων και μέσων καθώς και εικονικών περιβαλλόντων μάθησης με τρόπο που να ανταποκρίνονται στις σύγχρονες εκπαιδευτικές προσεγγίσεις (Babinčáková & Bernard, 2020). Ειδικότερα, στην εκπαίδευση σε STEM πεδία παρουσιάστηκαν επιπλέον ζητήματα μιας και υπήρχε δυσκολία στην υλοποίηση της εργαστηριακής/πρακτικής εκπαίδευσης των εκπαιδευομένων σε ψηφιακά περιβάλλοντα, καθώς στα μαθήματα STEM απαιτείται οι εκπαιδευόμενοι να αναπτύξουν, εκτός από τη γνώση του επιστημονικού περιεχομένου, δεξιότητες και ικανότητες που αφορούν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και εργασίας.

Σημαντικό ρόλο στην ενσωμάτωση των ψηφιακών τεχνολογιών στην εκπαίδευση είχαν τα Συστήματα Διαχείρισης Μάθησης (Learning Management Systems – LMS). Δεδομένου ότι τα συγκεκριμένα συστήματα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για μικτές μεθόδους μάθησης (blended learning), άνοιξαν νέους εκπαιδευτικούς ορίζοντες τόσο για τους εκπαιδευόμενους όσο και για τους διδάσκοντες δίνοντας ταυτόχρονα προοπτική για πρόσβαση στη γνώση σε

άτομα που διαφορετικά θα ήταν δύσκολο να την προσπελάσουν, όπως λόγω μεγάλης γεωγραφικής απόστασης (απομακρυσμένες περιοχές) ή/και οικονομικής δυσκολίας, είτε για λόγους υγείας κ.α. (European Commission, 2020).

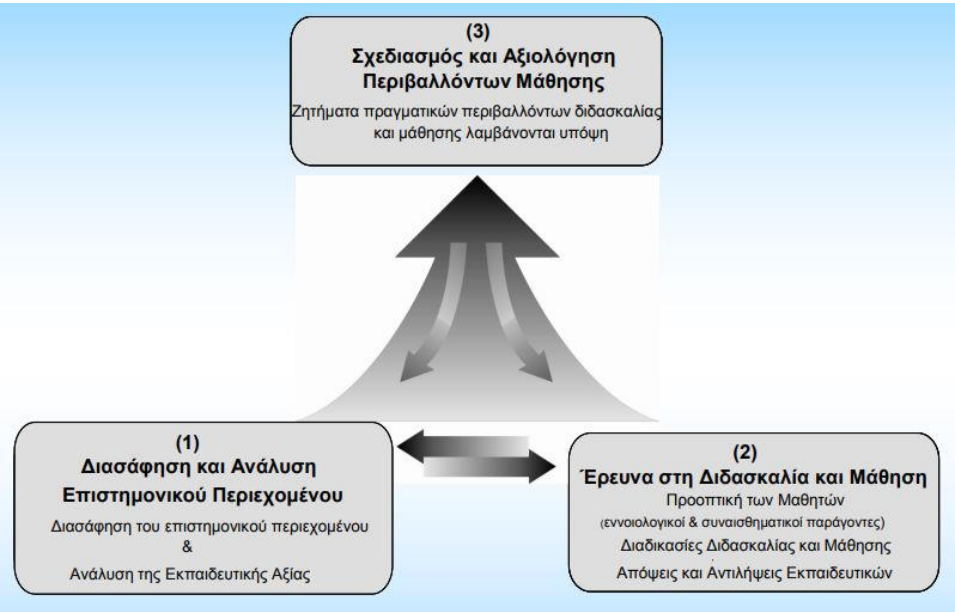
Με βάση τα παραπάνω, η παρούσα πρόταση στοχεύει στην ψηφιοποίηση STEM δραστηριοτήτων και πειραματικών διαδικασιών καθώς και την ένταξή τους σε ψηφιακή πλατφόρμα έτσι ώστε να ανταποκρίνονται σε βασικές αρχές της STEM εκπαίδευσης αξιοποιώντας μεθόδους μικτής μάθησης (blended learning methods). Η πλατφόρμα (Σύστημα Διαχείρισης Μάθησης) που θα φιλοξενήσει το υλικό, εκτός από αποθετήριο STEM μαθησιακών αντικειμένων (learning objects), θα έχει ως βασικό χαρακτηριστικό τη δυνατότητα διάδρασης των εκπαιδευόμενων μεταξύ τους αλλά και με το διδάσκοντα, αναδεικνύοντας τη σημαντικότητα του ενεργητικού και συνεργατικού ρόλου του κάθε μέλους της ομάδας. Ταυτόχρονα, θα αξιοποιούνται τεχνικές διερευνητικής μάθησης. Ειδικότερα τα ερευνητικά ερωτήματα της προτεινόμενης διατριβής είναι:

- Πώς μπορεί να ψηφιοποιηθεί STEM διδακτικό υλικό έτσι ώστε να ακολουθεί σύγχρονες διδακτικές αρχές STEM Εκπαίδευσης;
- Πώς μπορεί να αναπτυχθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης μάθησης για τη μικτή διδασκαλία STEM ενοτήτων;

2. Μεθοδολογία

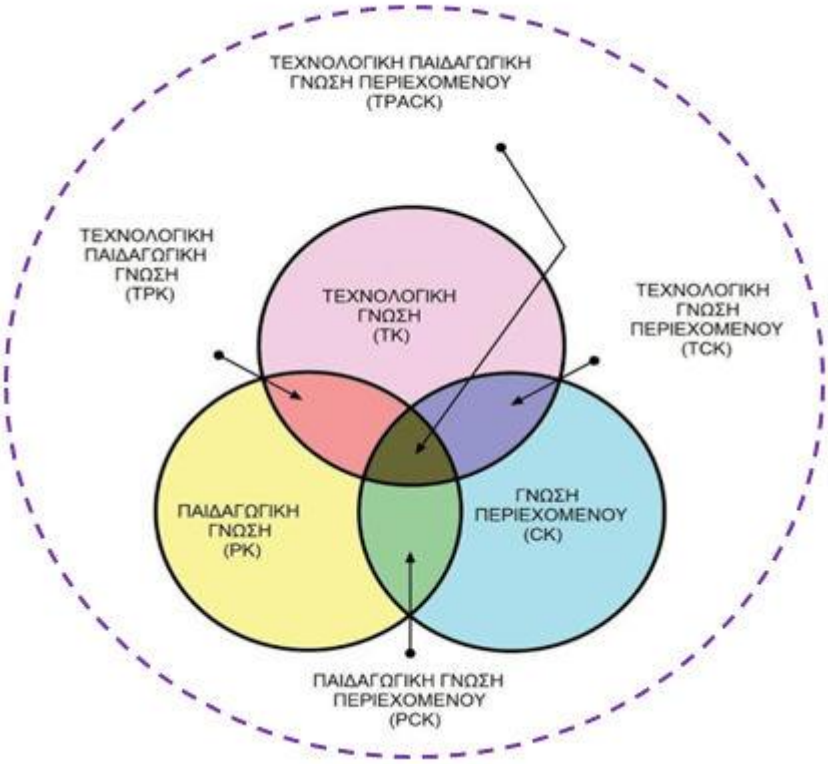
Η παρούσα έρευνα βασίζεται σε δύο μοντέλα: το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης (Model of Educational Reconstruction – MER) (Duit et al., 2012) και το Μοντέλο Γνώσης Τεχνολογικού Παιδαγωγικού Περιεχομένου (TPACK, Technological Pedagogical Content Knowledge) (Mishra & Koehler, 2006)

Το Μοντέλο Διδακτικής Αναδόμησης είναι ένα μοντέλο, που παρέχει το θεωρητικό πλαίσιο για έρευνα και μελέτη της διδασκαλίας Φυσικών Επιστημών με σκοπό τη βελτίωση της διδακτικής πρακτικής και τη διδασκαλία επιστημονικών εννοιών και αρχών. Η βασική υπόθεση του μοντέλου είναι ότι το επιστημονικό περιεχόμενο, όπως και οι εκπαιδευτικές ανάγκες των μαθητών, θα πρέπει να έχουν την ίδια βαρύτητα στην μαθησιακή διαδικασία. Δηλαδή, να εναρμονιστούν τόσο οι εκπαιδευτικές ανάγκες όσο και οι δυνατότητες των μαθητών με τα διδακτικά αντικείμενα των Φυσικών Επιστημών, ώστε να επιτευχθούν τα μέγιστα δυνατά μαθησιακά αποτελέσματα. Παρακάτω (εικ. 1) υπάρχει σχηματική απεικόνιση του Μοντέλου Διδακτικής Αναδόμησης.



Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση του Μ.Δ.Α.

Το δεύτερο μοντέλο στο οποίο θα βασιστεί η έρευνα είναι το μοντέλο Γνώσης Τεχνολογικού Παιδαγωγικού Περιεχομένου (TPACK) (εικ. 2). Το TPACK είναι μοντέλο στο οποίο συνδυάζονται τρεις γνωστικές περιοχές για τη διδασκαλία ενός συγκεκριμένου αντικειμένου: η Παιδαγωγική Γνώση (ΠΓ), η Γνώση Περιεχομένου (ΓΠ) και η Τεχνολογική Γνώση (ΤΓ). Το θεωρητικό πλαίσιο της εφαρμογής του μοντέλου επεξηγείται με το συνδυασμό των γνωστικών αντικειμένων μεταξύ τους ανά δύο, αλλά εφαρμόζεται συνδυάζοντας και τα τρία πεδία μεταξύ τους. Το μοντέλο περιγράφει την ενσωμάτωση της Τεχνολογίας στην εκπαιδευτική διαδικασία. Βασίστηκε στο μοντέλο της Γνώσης Παιδαγωγικού Περιεχομένου (PCK – Pedagogical Content Knowledge) του Shulman, (1986), εντάσσοντας στο ίδιο μοντέλο την Τεχνολογική Γνώση.



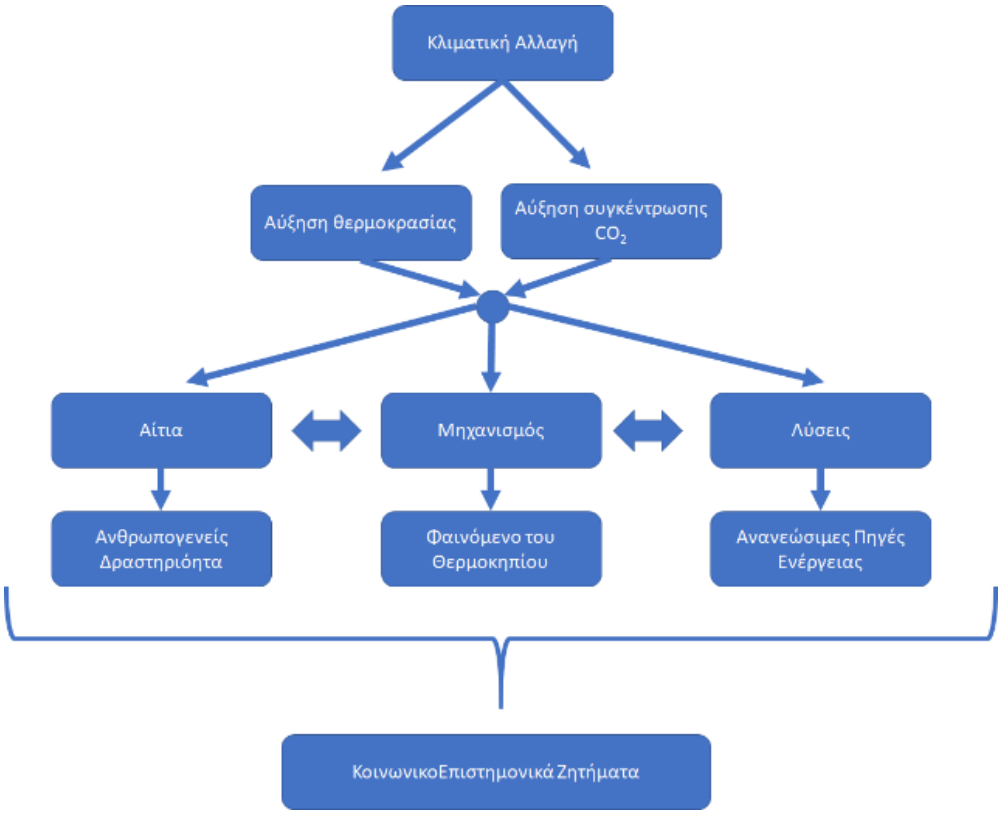
Εικόνα 2: Γραφική απεικόνιση του μοντέλου TPACK

Ερευνητικός Σχεδιασμός – Περιγραφή έρευνας

Η έρευνα διεξάγεται στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Προγράμματος με τίτλο «STEM DIGITALIS", που συντονίζεται από το Εργαστήριο Διδακτικής των Θετικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Κρήτης. Συμμετέχουν πέντε (5) ευρωπαϊκά πανεπιστήμια, συμπεριλαμβανομένου και του Ελληνικού Πανεπιστημίου. Στόχος του προγράμματος είναι η παραγωγή σύγχρονων STEM ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων, η δόμησή τους σε εκπαιδευτική ενότητα και η εφαρμογή τους σε φοιτητές παιδαγωγικού τμήματος ή φοιτητών Φυσικών Επιστημών.

Στο πλαίσιο αυτού του προγράμματος το Εργαστήριο επικεντρώθηκε στη ψηφιοποίηση υλικού που αφορά την *Κλιματική Αλλαγή*. Η δόμηση της ενότητας της *Κλιματικής Αλλαγής* βασίζεται στις υποενότητες που παρουσιάζονται στην εικόνα 3. Στην παρούσα φάση, έχει ψηφιοποιηθεί ένα μεγάλο μέρος από τις υποενότητες. Μάλιστα, ορισμένες έχουν ψηφιοποιηθεί με περισσότερους από ένα τρόπους. Για τις ανάγκες της υλοποίησης της ψηφιοποίησης, χρησιμοποιήθηκαν βασικές μορφές ψηφιακού υλικού, δηλαδή κείμενο, φωτογραφίες και βίντεο, στο οποίο έγινε περαιτέρω επεξεργασία και πολυμεσικό υλικό, το

οποίο εμπλουτίστηκε με διαδραστικό περιεχόμενο. Επίσης, έχουν χρησιμοποιηθεί νέες τεχνολογίες, όπως επαυξημένη πραγματικότητα, γραφική αναπαράσταση δεδομένων και άλλες. Αναφέρουμε ορισμένες ενδεικτικά:



Εικόνα 3: Δόμηση της έννοιας της Κλιματικής Αλλαγής

1. Διαδραστικές γραφικές παραστάσεις. Το σύνολο των δεδομένων αντλήθηκαν από το σταθμό Mauna Loa Observatory, NOAA (https://gml.noaa.gov/obop/mlo/). Δημιουργήθηκαν δύο γραφικές παραστάσεις, με τη χρήση του διαδικτυακού εργαλείου chart.js. Οι μετρήσεις που διαθέτουμε για τη συγκέντρωση του CO_2 ξεκινούν από το έτος 1958, ενώ οι μετρήσεις της θερμοκρασίας από το έτος 1977. Παράλληλα με τη σχεδίαση της γραφικής παράστασης, παρουσιάζεται και η ευθεία παλινδρόμησης (ευθεία ελαχίστων τετραγώνων). Η γραφική παράσταση του διοξειδίου του άνθρακα εμφανίζεται στο σύνδεσμο:
https://edthe.edc.uoc.gr/climateChange/co2.html
και η γραφική παράσταση της θερμοκρασίας εμφανίζεται στο σύνδεσμο:
https://edthe.edc.uoc.gr/climateChange/temp.html

2. Παιχνιδοποίηση. Δημιουργήθηκε περιβάλλον παιχνιδοποίησης με τέσσερις διαφορετικές περιοχές, με τη χρήση του περιβάλλοντος Unity. Η κεντρική περιοχή του παιχνιδιού «μεταφέρει», μέσω «χρονομηχανής», τον ήρωα σε τρεις διαφορετικές παρελθοντικές εποχές. Ο ήρωας έχει ως στόχο να αναζητήσει μετρήσεις θερμοκρασίας και διοξειδίου του άνθρακα, ούτως ώστε να μπορέσει να συσχετίσει την εποχή που έχει μεταφερθεί ο ήρωας με τις αντίστοιχες μετρήσεις που έχει λάβει.

3. «Κυνήγι θησαυρού» (Scavenger Hunt). Μέσω της συγκεκριμένης κατηγορίας εφαρμογών, υλοποιείται κυνήγι θησαυρού, με στόχο, την ανάλυση απόψεων ποικίλων φορέων και εμπλοκή των εκπαιδευόμενων σε κοινωνικοεπιστημονικά ζητήματα(διαδικασίες λήψης απόφασης – διατύπωση θέσης). Η ψηφιακή υλοποίηση γίνεται με δύο τρόπους, και συγκεκριμένα, με τη βοήθεια Επαυξημένης Πραγματικότητας και τη χρήση «ραδιοφάρων».

4. Γραφική αναπαράσταση δεδομένων (Infographic). Η χρήση γραφικής αναπαράστασης δεδομένων (Infographic) πλαισίωσε αρκετές από τις δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν. Με τη βοήθεια των infographic, συνοψίζεται το σύνολο της ενότητας αλλά και επιμέρους υποενότητες, όπως η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα και της θερμοκρασίας.

5. Δεδομένα πραγματικού χρόνου (Real Time Data). Σε πλακέτα προγραμματισμού Arduino έχουν ενσωματωθεί ένας αισθητήρας διοξειδίου του άνθρακα και ένας αισθητήρας θερμοκρασίας. Οι μετρήσεις του συστήματος αποστέλλονται διαδικτυακά σε αποθετήριο, και ταυτόχρονα παρουσιάζονται σε μορφή γραφικής παράστασης.

Το σύνολο των ψηφιακών μαθησιακών αντικειμένων που δημιουργήθηκαν θα εφαρμοστούν στα πλαίσια Διεθνούς Summer School του προγράμματος "STEM DIGITALIS". Η εφαρμογή των μαθησιακών αντικειμένων, στα πλαίσια του προγράμματος, θα γίνει αυτόνομα και αυτοτελώς, σε δια ζώσης συνθήκες. Οι φοιτητές που θα χρησιμοποιήσουν το υλικό ανήκουν σε φοιτητές Παιδαγωγικών Τμημάτων και Τμημάτων Φυσικών Επιστημών, και θα διερευνηθούν οι ανάγκες και οι αντιλήψεις τους σχετικά με τη διαχείριση και επεξεργασία ψηφιοποιημένου STEM υλικού και ενσωμάτωση αυτού σε σύστημα διαχείρισης μάθησης. Η διεξαγωγή του Summer School έχει προγραμματιστεί για τη δεύτερη εβδομάδα Ιουλίου 2022.

Μετά το τέλος του Θερινού Σχολείου, το υλικό θα αναρτηθεί σε πλατφόρμα διαχείρισης μαθησιακών δραστηριοτήτων, και θα εφαρμοστεί σε σεμινάριο που θα συμμετάσχουν φοιτητές Παιδαγωγικού Τμήματος.

Συλλογή και Ανάλυση Δεδομένων

Η συλλογή δεδομένων θα γίνει κατά τη διάρκεια του Summer School και θα περιλαμβάνει ερωτηματολόγια και έντυπο υλικό που θα συμπληρώνουν οι φοιτητές κατά τη διάρκεια εκτέλεσης των δραστηριοτήτων. Για την ανάλυση των δεδομένων θα χρησιμοποιηθούν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Mayring, 2015). Για το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια του Σεμιναρίου, επιπρόσθετα θα ληφθούν δεδομένα/ συνεντεύξεις. Οι συνεντεύξεις θα είναι μικρής διάρκειας, μετά το τέλος κάθε εβδομαδιαίας συνάντησης, είτε ομαδικές είτε ατομικές.

3. Αναμενόμενα Αποτελέσματα

Κατά την τρέχουσα χρονική περίοδο η έρευνα είναι σε εξέλιξη βρίσκεται στο στάδιο της παραγωγής του STEM ψηφιακού υλικού και η διαμόρφωσή του σε μαθησιακά αντικείμενα. Η εφαρμογή του υλικού θα γίνει τον Ιούλιο 2022. Κατά τη χρονική περίοδο διεξαγωγής του 4ου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών θα παρουσιαστεί μια πρώτη αποτίμηση από τα ερευνητικά δεδομένα και ενδεικτικά αποτελέσματα. Βάσει των συμπερασμάτων που θα προκύψουν, θα σχεδιαστεί η ενσωμάτωση των αντικειμένων σε πλατφόρμα διαχείρισης μαθημάτων.

4. Βιβλιογραφία

Babinčáková, M., & Bernard, P. (2020). Online experimentation during covid-19 secondary school closures: Teaching methods and student perceptions. *Journal of Chemical Education*, *97*(9), 3295–3300. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00748

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for Improving Teaching and Learning Science. Στο D. Jorde, J. Dillon (Επιμ.) *Science Education Research and Practice in Europe. Cultural Perspectives in Science Education, vol 5.* SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2

European Commission. (2020). *Resetting education and training for the digital age*. Ανακτήθηκε από: https://ec.europa.eu/education/education-in-the-eu/digital-education-action-plan_en

Mayring, P. (2015). *Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures* (σ. 365–380). https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_13

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record: The Voice of Scholarship in Education*, *108*(6), 1017–1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x

Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4-14. Ανακτήθηκε από: https://www.wcu.edu/WebFiles/PDFs/Shulman.pdf

Διερεύνηση Διδακτικών Παρεμβάσεων σε Μαθητές Λυκείου, σε Θέματα Σύγχρονης Φυσικής, με Αξιοποίηση Πολλαπλών Αναπαραστάσεων

Στυλιανή Κλαυδιανού[1], Αναστάσιος Μολοχίδης[2]
[1]Υποψήφια διδάκτορας, [2]Επίκουρος Καθηγητής
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Είναι αναμφισβήτητο γεγονός ότι τα θέματα της σύγχρονης φυσικής που περιλαμβάνονται έως τώρα στα αναλυτικά προγράμματα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι ελάχιστα. Στην μελέτη εργασιών που αναφέρονται σε σχετική θεματολογία διαπιστώθηκε ότι η εισαγωγή της σύγχρονης φυσικής στην εκπαίδευση, αποτελεί ένα καίριο ερευνητικό ερώτημα στην διδακτική της φυσικής. Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην φυσική στοιχειωδών σωματιδίων και στην ένταξη της στην εκπαίδευση. Στα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας περιλαμβάνονται η επίτευξη γνωστικών και επιστημονικών στόχων, μέσα από κατάλληλα διαμορφωμένη Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ), με αξιοποίηση των πολλαπλών αναπαραστάσεων. Στο πρώτο στάδιο της εργασίας γίνεται διερεύνηση για το επίπεδο γνώσεων των μαθητών σχετικά με την σωματιδιακή φυσική (ΣΦ) και το κατά πόσο μπορεί να αποτελέσει πηγή ενδιαφέροντος για την φυσική γενικότερα.

Abstract

It is an indisputable fact that the subjects of modern physics that are included so far in the curricula of secondary education are few. In papers that refer to relevant topics, it was found that the introduction of modern physics in education, is a key research question in the teaching of physics. The present work focuses on elementary particle physics and its integration into education. The research questions of the work include the achievement of cognitive and scientific goals, through a suitably designed Teaching Learning Sequence, utilizing multiple representations. In the first stage of the work, we investigate the level of students' knowledge about particle physics and whether it can be a source of interest in physics in general.

Λέξεις κλειδιά: φυσική στοιχειωδών σωματιδίων, masterclass, διδακτικός μετασχηματισμός,
Key words: elementary particle physics, masterclass, didactic transposition/transformation

1. Εισαγωγή

Τα θέματα της Σύγχρονης Φυσικής που περιλαμβάνονται στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι ελάχιστα. Το γεγονός αυτό αποτελεί εμπόδιο στην προώθηση του επιστημονικού εγγραμματισμού σε σύγχρονα θέματα Φυσικής. Ωστόσο, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με σύγχρονα θέματα Φυσικής στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης καθώς και στα μέσα ενημέρωσης. Παραδείγματα τέτοιων θεμάτων είναι τα βαρυτικά κύματα, το σωματίδιο Higgs, οι μαύρες τρύπες, η σκοτεινή ύλη, η σκοτεινή ενέργεια κλπ. Είναι λογικό οι μαθητές να αναρωτιούνται για αυτές τις έννοιες, όμως είναι το σημερινό σχολείο σε θέση να ανταποκριθεί σε αυτές τις αναζητήσεις;

Η Σύγχρονη Φυσική περιλαμβάνεται στα προγράμματα σπουδών αρκετών χωρών (Krijtenburg-Lewerissa et al., 2017˙ Stadermann et al., 2019). Τα τελευταία δέκα χρόνια εμφανίζεται σε αρκετές δραστηριότητες της μη τυπικής εκπαίδευσης, ακόμα και σε χώρες όπου δεν εμπεριέχεται στα προγράμματα σπουδών τους (Johansson et al., 2007). Στην μελέτη εργασιών που αναφέρονται στη σχετική θεματολογία διαπιστώθηκε ότι η εισαγωγή της σύγχρονης φυσικής στην εκπαίδευση, και ο συνεπακόλουθος διδακτικός μετασχηματισμός,

αποτελεί ένα καίριο ερευνητικό ερώτημα στην διδακτική της φυσικής (Michelini et al, 2016˙ Polen, 2019 κ.α.).

Στην περίπτωση των εννοιών που σχετίζονται με την δομή της ύλης, η διδακτέα ύλη συνήθως σταματά στο τέλος του 19ου αιώνα ή στις αρχές του 20ου αιώνα, αγνοώντας την τρέχουσα εικόνα που παρέχει το Καθιερωμένο Μοντέλο της Φυσικής Σωματιδίων. Ο στόχος, στο επίπεδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, δεν μπορεί να είναι η παροχή μιας βαθιάς κατανόησης και ερμηνείας όλων ή ορισμένων εξ αυτών σύγχρονων εννοιών (ή θεμάτων) της φυσικής, αλλά η γνωριμία ορισμένων από αυτές. Μελέτες προτείνουν ότι η παρουσίαση εννοιών της σύγχρονης φυσικής βελτιώνει τη μάθηση και αυξάνει το ενδιαφέρον για την επιστήμη (Bertozzi et al., 2013˙ Polen, 2019). Υπάρχουν πολλές διαφορετικές θέσεις όσον αναφορά την εισαγωγή ή τον αποκλεισμό της σωματιδιακής φυσικής (ΣΦ) από την εκπαιδευτική διαδικασία. Θα αναφερθούν στη συνέχεια ενδεικτικές εργασίες που στόχος τους ήταν να διερευνηθεί η συμπερίληψη της ΣΦ στο πρόγραμμα σπουδών στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου.

Σε έρευνά του ο Polen (2019) σε σχολεία της Virginia, USA, ασχολήθηκε με θεματολογία που αφορούσε την χρησιμότητα επιταχυντών-ανιχνευτών, τα θεμελιώδη δομικά σωματίδια και η ταξινόμηση τους. Η μεθοδολογία του βασίστηκε σε δραστηριότητες με βίντεο σχετικά με την ΣΦ και το CERN, με διάρκεια 3 ενοτήτων των 80 λεπτών. Το συμπέρασμα ήταν ότι υπήρχε αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών για την ΣΦ.

Σε άλλη έρευνα ο Gourlay (2018), σε σχολεία του Λονδίνου, εφάρμοσε μια δραστηριότητα που στηριζόταν στην χρήση εννοιολογικών χαρτών με 24 λέξεις κλειδιά. Το αποτέλεσμα δεν ήταν ικανοποιητικό και το αποτέλεσμα συμφωνούσε με την άποψη του Barlow (1992) ο οποίος αμφισβήτησε την ιδέα διδασκαλίας της σωματιδιακής φυσικής στο σχολικό επίπεδο, μιας και η ΣΦ εμπεριέχει πληθώρα πληροφοριών που οι μαθητές καλούνται να μάθουν.

Η Michelini (2016) και οι συνεργάτες της διερευνήσαν τη διαδικασία μάθησης και την αποτελεσματικότητα των ΤΠΕ στην εισαγωγή της σύγχρονης φυσικής. Στην μεθοδολογία εφαρμόστηκαν πειραματικές δραστηριότητες σε σύγχρονα θέματα φυσικής, όπως α) πειράματα για την ερμηνεία της κλασικής φυσικής και β) προσέγγιση της κβαντικής φυσικής με απλά πειράματα. Το συμπέρασμα της εργασίας έδειξε ότι τα πειράματα βοήθησαν τους μαθητές να δείξουν θετική μαθησιακή πρόοδο.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εργασία των Tuzón and Solbes (2016), που σκοπό της είχε να εντοπίσει τις γνωστικές ελλείψεις των μαθητών τελευταίων τάξεων Λυκείου σχετικά με τη δομή των συστατικών της ύλης, τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των σωματιδίων της ύλης, καθώς και την επικαιροποιημένη τους εκδοχή. Τα αποτελέσματά της έρευνάς τους έδειξαν ότι οι μαθητές ενδιαφέρονται ιδιαίτερα για την ΣΦ και είναι περίεργοι για τις κοινωνικές προεκτάσεις του θέματος. Επίσης, οι Tuzón and Solbes εντόπισαν την αναγκαιότητα μιας στρατηγικής παρέμβασης διδασκαλίας για την ενσωμάτωση των νέων εννοιών στη μαθησιακή διαδικασία, έτσι ώστε τα μοντέλα που χρησιμοποιούνται να μπορούν να γίνουν κατανοητά και θέματα σχετικά με την δομή της ύλης να παρουσιάζονται ολοκληρωμένα. Την έρευνά τους την στήριξαν σε ένα διαγνωστικό τεστ με ανοιχτού τύπου απαντήσεις, οι οποίες αξιολογήθηκαν με 0 μονάδες οι λανθασμένες απαντήσεις, 0,5 οι ελλιπείς και 1 μονάδα οι ολοκληρωμένες απαντήσεις. Εφαρμόστηκε σε 138 μαθητές, σε 6 τάξεις λυκείου, σε 4 σχολεία στην Βαλένθια της Ισπανίας. Το ερωτηματολόγιο των Tuzón and Solbes χρησιμοποιήθηκε στο πιλοτικό στάδιο της έρευνάς μας προκειμένου να ελεγχθεί και τροποποιηθεί και να εφαρμοστεί στις μεταγενέστερες εφαρμογές της έρευνας.

2. Μεθοδολογία

Για να μπορέσει ένας μαθητής να κατανοήσει έννοιες της σύγχρονης φυσικής, σημαντικό ρόλο παίζει ο κατάλληλος διδακτικός μετασχηματισμός και η διαχείριση της επιστημονικής γνώσης. Οι διδακτικές παρεμβάσεις που θα σχεδιασθούν, υλοποιηθούν και αξιολογηθούν, θα είναι βασισμένες στις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και στις πρόσφατες εξελίξεις στα πεδία της διδακτικής της Φυσικής, με έμφαση στο διδακτικό μετασχηματισμό. Βασικοί άξονες

είναι το μοντέλο της Διδακτικής Επανοικοδόμησης, MER (Duit R., 2007) και ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η υλοποίηση και η αξιολόγηση, μέσω επαναληπτικών εφαρμογών, μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) (Psillos & Kariotoglou, 2016).

Βασική ψηφίδα της ΔΜΑ θα είναι οι πολλαπλές αναπαραστάσεις, που περιλαμβάνουν ψηφιακές εφαρμογές και προσομοιώσεις σύνθετων φαινομένων. Λαμβάνεται υπόψη το εύρος της θεματολογίας που μπορεί να κατανοηθεί από τους μαθητές, η ενεργητική συμμετοχή των μαθητών και η αποτελεσματικότητα των διδακτικών προσεγγίσεων. Επιπροσθέτως, στόχος είναι να διερευνηθεί το κατά πόσο είναι έτοιμοι οι μαθητές να προσεγγίσουν θέματα σωματιδιακής φυσικής (ΣΦ).

Έως τώρα, σύμφωνα με τα ελληνικά δεδομένα, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με την ΣΦ είτε στο πλαίσιο ομίλων των σχολείων τους, είτε σε δραστηριότητες όπως τα Masterclasses που διοργανώνονται κάθε χρόνο από την διεθνή ομάδα σωματιδιακής φυσικής IPPOG. Τα Masterclasses έχουν μεγάλη επιτυχία και κερδίζουν το ενδιαφέρον πολλών μαθητών (Johansson et al., 2007). Στόχος τους είναι να τονώσουν το ενδιαφέρον των μαθητών για την επιστήμη, να αναδείξουν τη διαδικασία της επιστημονικής έρευνας, να παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των πειραμάτων σωματιδιακής φυσικής στους μαθητές και να εξερευνηθούν από τους μαθητές οι έννοιες των θεμελιωδών δυνάμεων και των δομικών στοιχείων της φύσης.

Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, ακολουθούνται διδακτικές παρεμβάσεις όπως:

- ✓ Εισαγωγικές διαλέξεις που παρουσιάζουν στους μαθητές πώς να ερμηνεύουν διασπάσεις και να αναγνωρίζουν διαφορετικά είδη στοιχειωδών σωματιδίων, και
- ✓ Καθοδηγούμενη ιστοεξερεύνηση με πραγματικά δεδομένα των πειραμάτων του CERN.

Η γνώση που παρέχεται πριν (όταν παρέχεται) ή κατά την διάρκεια των Masterclasses, είναι συνήθως δηλωτικού τύπου σε διάλεξη. Ακόμα και οι δραστηριότητες που αναπτύσσονται είναι επιβεβαιωτικού χαρακτήρα, χωρίς την δυνατότητα ενεργούς εμπλοκής των μαθητών (ενεργός μάθηση). Είναι εύλογο λοιπόν το ερώτημα, κατά πόσον η αποπλαισιωμένη και σχεδόν αποκλειστικά δηλωτική γνώση, που παρουσιάζεται στις διαλέξεις και η επιφανειακή ενασχόληση με τα πραγματικά δεδομένα των πειραμάτων του CERN, αποτελούν για τους μαθητές ένα εννοιολογικό πλαίσιο, πέραν οπωσδήποτε από την ευφορία της ενεργούς εμπλοκής σε σύγχρονα πειράματα (novelty factor).

Στο πλαίσιο των δραστηριοτήτων του Masterclass ενός Γενικού Λυκείου, συμμετείχαν 10 μαθητές της Β' τάξης, την σχολική χρονιά 2021-2022. Αυτή η ομάδα παρακολούθησε την ίδια χρονιά μια εισαγωγική διάλεξη, πριν το Masterclass, από την ερευνήτρια και καθηγήτριά τους στο μάθημα της Φυσικής, σχετικά με την σωματιδιακή φυσική και στη συνέχεια τις δραστηριότητες του Masterclass.

Για να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης δόθηκε το ερωτηματολόγιο των Tuzón and Solbes (2016) πριν την παρέμβαση και δέκα μέρες μετά, ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα των αντιλήψεων των μαθητών.

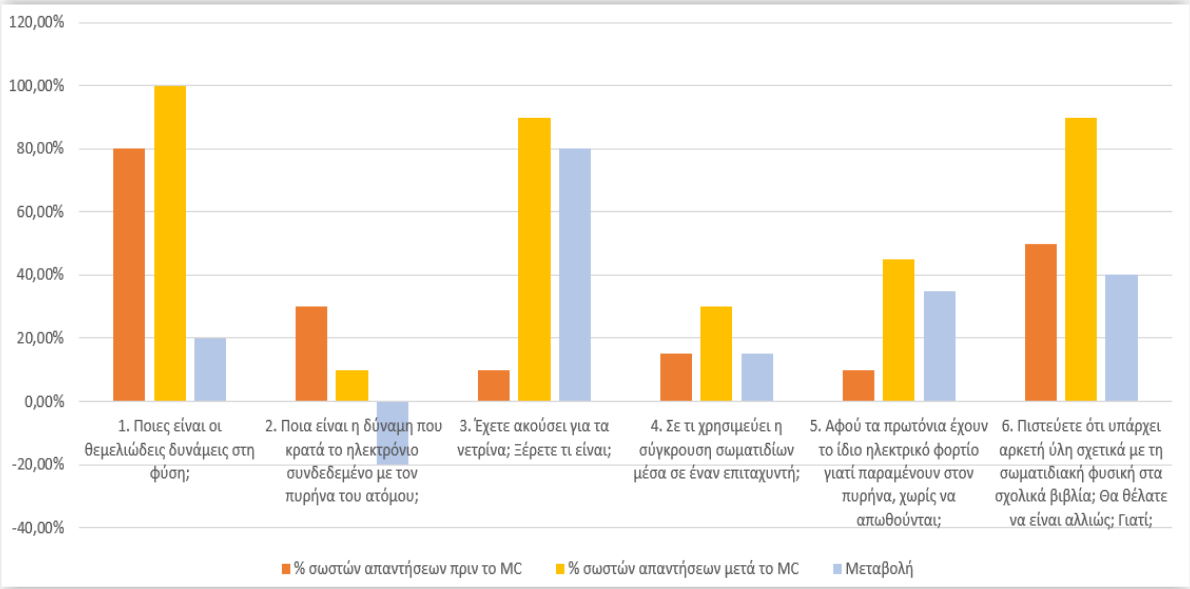
Το ερωτηματολόγιο των Tuzón and Solbes, χρησιμοποιήθηκε αφού εγκυροποιήθηκε ως προς την μετάφραση και ως προς την αξιολόγηση των πιθανών απαντήσεων των μαθητών, από μια ομάδα ειδικών επιστημόνων ελληνικών και διεθνών πανεπιστημίων στην Σωματιδιακή Φυσική. Επιπρόσθετοι στόχοι της χρήσης του ερωτηματολογίου, ήταν να διερευνηθούν οι γνώσεις και οι στάσεις των μαθητών σχετικά με την ΣΦ και να κριθεί το ίδιο το ερωτηματολόγιο - σε αυτή την πρώτη πιλοτική εφαρμογή - προκειμένου να αναπροσαρμοστεί στις ανάγκες της μετέπειτα έρευνας.

3. Αποτελέσματα

Το ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 17 ανοικτού τύπου ερωτήσεις. Επιλέχτηκαν 6 αντιπροσωπευτικές ερωτήσεις για να σχολιασθούν στη συνέχεια. Μια πρώτη εικόνα των αποτελεσμάτων φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα 1.

Τα πρώτα αποτελέσματα φαίνεται να συμφωνούν με τα αποτελέσματα των Tuzón and Solbes και συγκεκριμένα προς το αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών και την διάθεση να

γνωρίσουν θέματα σύγχρονης φυσικής (ερώτημα 6). Επίσης, είναι εμφανές ότι σύντομες παρεμβάσεις όπως το Masterclass, και η προηγηθείσα διάλεξη, εισάγουν τους μαθητές στην ΣΦ, βελτιώνουν διαδικαστικού τύπου γνώσεις (ερώτημα 3), αλλά δεν μπορούν να θεωρηθούν από μόνες τους αποτελεσματικές, καθότι μια διάλεξη και μια επιφανειακή ενασχόληση με τα πραγματικά δεδομένα, δεν αντιμετωπίζουν σε βάθος σχετικές έννοιες ή διαδικασίες (ερωτήματα 2, 4, 5)



Διάγραμμα 1: Αποτελέσματα πριν και μετά την παρέμβαση

Αν και οι μαθητές γνωρίζουν αρκετά για τις αλληλεπιδράσεις των ηλεκτρικών φορτίων, δεν μπορούν να τις συσχετίσουν με τα ηλεκτρικά φορτισμένα σωματίδια του ατόμου. Για την εννοιολόγιση της γνώσης φαίνεται να είναι αποτελεσματικότερη μια πλήρης διδακτική παρέμβαση, με σχεδιαστική βάση το MER και την ΔΜΑ (Duit et al, 2012), όπως δύναται να γίνει σε έναν όμιλο φυσικής.

4. Συμπεράσματα

Δραστηριότητες μη τυπικής μάθησης, όπως τα Masterclasses, που διοργανώνονται από ακαδημαϊκούς φορείς εστιάζουν στην ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών στην σύγχρονη φυσική. Σύντομες παρεμβάσεις δεν μπορούν να είναι παρά μια μορφή γνωριμίας με το αντικείμενο της ΣΦ και δεν έχουμε ενδείξεις ότι μπορούν να συμβάλουν στην βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης. Επιπλέον, οι σύγχρονες έννοιες στην φυσική που αγνοούνται ή εμφανίζονται αποσπασμένες από τη διδακτική ακολουθία, παρουσιάζονται μεμονωμένες και ελλιπείς, γεγονός που φέρνει ακόμη μεγαλύτερη σύγχυση (Tuzón & Solbes, 2016).

5. Βιβλιογραφία

Barlow, R. (1992). Particle physics: from school to university. *Physics Education 27*(2), 92-95. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/27/2/007

Bertozzi, E., Levrini, O., & Rodriguez, M., (2013). Symmetry as Core-idea for Introducing Secondary School Students to Contemporary Particle Physics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences,* 116, 679-685. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.279

Duit, R. (2007). Science education research internationally: Conceptions, research methods, domains of research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 3*(1), 3-15. https://doi.org/10.12973/ejmste/75369

Duit R., Gropengießer H., Kattmann U., Komorek M. & Parchmann I. (2012) The Model of Educational Reconstruction – A Framework for Improving Teaching and Learning Science. Στο D. Jorde, J. Dillon (επιμ.), *Science education research and practice in Europe. Cultural Perpectives in Science Education, 5*. Sense Publishers, σ. 13-37. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2

Gourlay, H., (2018). Using concept mapping to learn about A level physics students' understandings of particle physics. *Proceedings, 6th International Conference on New Frontiers in Physics (ICNFP 2017), EPJ Web of Conferences 182*. https://doi.org/10.1051/epjconf/201818202050

Johansson K. E., Kobel M., Hillebrandt D., Engeln K. & Euler M. (2007). European particle physics masterclasses make students into scientists for a day. *Physics Education, 42*(6), 636. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/42/6/012

Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A. & van Joolingen W. R. (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. *Physical Review Physics Education Research 13,* 010109. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010109

Michelini, M., Santi, L. & Stefanel, A. (2016) Teaching modern physics in secondary school. *Proceedings of Frontiers of Fundamental Physics 14 (FFP14*). https://doi.org/10.22323/1.224.0231

Psillos, D., & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical Issues related to Designing and Developing Teaching – Learning Sequences. Στο D. Psillos, P. Kariotoglou (Επιμ.), *Iterative Design of Teaching - Learning Sequences*, σ. 11-34. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_2

Polen, C. (2019). Particle Physics: An Essential and Engaging Part of the High School Physics Program. *The Physics Teacher, 57*(5), 320-322. https://doi.org/10.1119/1.5098922

Stadermann, H. K. E., van den Berg, E. & Goedhart, M. J. (2019). Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries: Different perspective on a challenging topic. *Physical Review Physics Education Research 15*, 010130. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010130

Tuzón P. & Solbes J. (2016). Particle Physics in High School: A Diagnose Study. *PLoS ONE 11(6): e0156526*. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156526

Ιδέες και Διαδικασίες Μάθησης Φοιτητών Τμημάτων Φυσικής και Χημείας πάνω στις Εξαρτώμενες από το Μέγεθος Οπτικές Ιδιότητες Υλικών στη Νανοκλίμακα

Ιωάννης Μεταξάς[1], Δημήτριος Σταύρου[2], Ιωάννης Παυλίδης[3]
[1]Υποψήφιος διδάκτορας, [2]Καθηγητής, [3]Επίκουρος Καθηγητής
[1,3]Τμήμα Χημείας, [2]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Το καινοτόμο πεδίο της Νανοτεχνολογίας έχει ευρέως καταγεγραμμένη διδακτική αξία σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζεται η εφαρμογή μιας διδακτικής ακολουθίας, δομημένη με βάση τις αρχές του Μοντέλου της Διδακτικής Αναδόμησης. Υλοποιήθηκε με τη μέθοδο του Διδακτικού Πειράματος σχετικά με τις εξαρτώμενες από το μέγεθος ιδιότητες στην νανοκλίμακα, με σκοπό τη διερεύνηση ιδεών και διαδικασιών μάθησης φοιτητών/τριών τμημάτων χημείας και φυσικής. Τα αποτελέσματα έδειξαν μια σειρά αρχικών εναλλακτικών ιδεών καθώς και μία πιθανή διαδικασία υπέρβασης τους μέσω της εισαγωγής της έννοιας του κβαντικού εγκλωβισμού.

Abstract

The state-of-the-art field of Nanotechnology has a well-documented educational value. Herein a novel teaching sequence is implemented based on Model of Educational Reconstruction regarding size-dependent properties at the nanoscale with the goal to identify the chemistry and physics undergraduate students' ideas and learning process. This sequence was constructed as a Teaching Experiment and yielded a series of initial alternative ideas as well as a possible learning process for overcoming them through the introduction of quantum confinement.

Λέξεις κλειδιά: νανοτεχνολογία, πανεπιστημιακή εκπαίδευση, μοντέλο διδακτικής αναδόμησης, διαδικασίες μάθησης

Key words: nanotechnology, university education, model of educational reconstruction, learning processes

1. Εισαγωγή

Το πεδίο της Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας (NET) είναι ένα καινοτόμο και διεπιστημονικό πεδίο. Οι μελέτες στη NET αποσκοπούν στην χειραγώγηση της ύλης στη νανοκλίμακα (τυπικά 1 με 100 nm) με σκοπό την ανάδειξη νέων μακροσκοπικών ιδιοτήτων (π.χ. βιολογικές, οπτικές ή μηχανικές) (Bhushan et al., 2014). Από αυτές πολλές είναι «εξαρτώμενες από το μέγεθος», δηλαδή οι μακροσκοπικές ιδιότητες ενός υλικού εξαρτώνται από το μέγεθος των νανοδομών που το αποτελούν (Biju et al., 2008). Στη βιβλιογραφία είναι διαδεδομένη η διδακτική αξία του νανο-γραμματισμού (π.χ. Stevens et al., 2009) και πολλά εκπαιδευτικά προγράμματα με θεμέλια στη NET έχουν ήδη εφαρμοστεί (π.χ. Jackman et al., 2020). Τα θεμελιώδη επιχειρήματα υπέρ της εισαγωγής της NET στην εκπαίδευση συνοψίζονται στη διεπιστημονικότητα της (Hingrant & Albe, 2010) και στην εξοικείωση των μαθητών/τριών με μία καινοφανή έννοια της φύσης της επιστήμης (Schank et al., 2009). Επιπροσθέτως, η NET ως επιστημονικό πεδίο αποτελεί ένα κατάλληλο πλαίσιο για να επιτρέψει στους/στις μαθητές/τριες να αυξήσουν την κατανόησή τους σε θεμελιώδεις επιστημονικές έννοιες, όπως οι σχέσεις «δομής-ιδιοτήτων» και την υποβόσκουσα αρχή της ότι η δομή και σύσταση των νανοδομών που αποτελούν ένα υλικό, καθορίζουν τις

μακροσκοπικές τους φυσικοχημικές ιδιότητες (Talanquer, 2018). Επίσης, οι ερευνητές/τριες της διδακτικής της ΝΕΤ τονίζουν την αναδυόμενη ανάγκη ύπαρξης μελλοντικών επιστημόνων, οι οποίοι θα είναι εξοικειωμένοι με το εν λόγω πεδίο και θα μπορούν να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες της αγοράς εργασίας (Healy, 2009). Παρόλα αυτά, πρέπει να τονιστεί, ότι η πλειοψηφία των παραπάνω μελετών αφορούν μαθητές/τριες πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αν και η αξία της συμπερίληψης της ΝΕΤ και των εξαρτώμενων από το μέγεθος ιδιοτήτων στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση είναι εξίσου σημαντική, καθώς πολλές αποφάσεις που αφορούν την καριέρα και την εξέλιξή τους, οι φοιτητές/τριες τις παίρνουν κατά την διάρκεια των προπτυχιακών σπουδών τους.

Η διαφορά, μεταξύ της συμπερίληψης των παραπάνω στη σχολική εκπαίδευση σε σχέση με την πανεπιστημιακή, επεκτείνεται πέρα του πλήθους τους αλλά και του περιεχομένου τους. Στην σχολική εκπαίδευση υπάρχει, στην πλειοψηφία των ερευνών, μία θεμελίωση σε κάποιο θεωρητικό πλαίσιο και το φυσικοχημικό τους περιεχόμενο είναι διδακτικά αναδομημένο (π.χ. Sakhnini & Blonder, 2015). Εν αντιθέσει, στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση οι έρευνες κυρίως αποτελούνται από πειραματικά πρωτόκολλα στα οποία το φυσικοχημικό περιεχόμενο παρουσιάζεται ως έχειν (π.χ. Jenkins et al., 2016), με ένα μόνο μικρό αριθμό δημοσιεύσεων να θεμελιώνεται σε κάποιο ξεκάθαρο διδακτικό πλαίσιο (π.χ. Wansom et al., 2009).

Για να μπορέσει να θεμελιωθεί μία τέτοια ενότητα στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση, είτε ως μία διδακτική ακολουθία (teaching learning sequence) (Mèheut & Psillos, 2004), είτε ως μία μαθησιακή πρόοδος (learning progression) (Duschl et al., 2011), δεν πρέπει μόνο να αποσαφηνιστεί η διδακτική αξία του περιεχομένου της, αλλά και οι διαδικασίες μάθησης που ακολουθούν οι φοιτητές/τριες σε μία τέτοια ενότητα (Duschl et al., 2011˙ Mèheut & Psillos, 2004). Όπως και στην περίπτωση των ενοτήτων της ΝΕΤ, έτσι και στις διαδικασίες μάθησης υπάρχει μία διχογνωμία στη βιβλιογραφία όσον αφορά τη σχολική και την πανεπιστημιακή εκπαίδευση. Στη σχολική εκπαίδευση υπάρχουν παραδείγματα αποσαφήνισης διαδικασιών μάθησης (π.χ. Stevens et al., 2010) ενώ στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση δεν υπάρχουν εν γνώση μας έρευνες που να απευθύνονται σε αυτές τις διαδικασίες. Συνεπώς η παρούσα έρευνα επικεντρώνεται στα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

"Ποιες είναι οι ιδέες των φοιτητών/τριών πάνω στις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες στη νανοκλίμακα;"

"Ποιες είναι οι διαδικασίες μάθησης των φοιτητών/τριών πάνω στην επίδραση του μεγέθους στις οπτικές ιδιότητες ενός νανοϋλικού;"

Θεωρητικό πλαίσιο

Το θεωρητικό μεθοδολογικό πλαίσιο της παρούσας πρότασης είναι το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης (ΜΔΑ, Model of Educational Reconstruction) (Duit et al., 2012). Είναι ένα θεωρητικό εργαλείο, που εξετάζει εάν και κατά πόσο είναι δυνατόν να διδαχθεί μια συγκεκριμένη έννοια, ή ιδέα των φυσικών επιστημών. Πιο αναλυτικά, το μοντέλο αυτό δίνει βαρύτητα όχι μόνο στο επιστημονικό περιεχόμενο της έννοιας, αλλά και στις αντιλήψεις και στις διαδικασίες μάθησης των φοιτητών/τριών. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάλυση και διασαφήνιση του επιστημονικού περιεχομένου (elementarization), λαμβάνοντας υπόψη τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις, τα ενδιαφέροντα και τις διαδικασίες μάθησης των φοιτητών/τριών. Στη συνέχεια, με βάση αυτά τα στοιχεία, σχεδιάζεται το περιεχόμενο διδασκαλίας. Τα τρία αυτά στοιχεία του μοντέλου δεν είναι αυτόνομα, αλλά αλληλοεπιδρούν στενά μεταξύ τους.

2. Μεθοδολογία

Ερευνητικός σχεδιασμός/ Μεθοδολογία υλοποίησης

Η μεθοδολογία υλοποίησης της έρευνας ήταν το διδακτικό πείραμα, όπως αναπτύχθηκε από τους Komorek και Duit (2004). Το διδακτικό πείραμα ουσιαστικά αποτελεί μια τεχνική συνέντευξης, στην οποία ο/η ερευνητής/τρια λαμβάνει αφενός ρόλο συντονιστή,

προσπαθώντας να αναδείξει και να καταλάβει τις ιδέες των μαθητευόμενων, αφετέρου ρόλο διδάσκοντα, που προσπαθεί να προσαρμοστεί στις ιδέες των μαθητευόμενων και να κάνει κατάλληλες διδακτικές παρεμβάσεις. Στα πλαίσια της παρούσας έρευνας επιλέχθηκαν φοιτητές/τριες Τμημάτων Χημείας και Φυσικής που βρίσκονταν στο τέταρτο έτος του πρώτου κύκλου σπουδών τους. Το περιεχόμενο του διδακτικού πειράματος βασιζόταν σε μία παλαιότερη διδακτική ακολουθία που είχε προταθεί από την ομάδα μας (Metaxas et al., 2021).

Συλλογή & ανάλυση δεδομένων

Λόγω της διερευνητικής φύσης αυτής της έρευνας θα χρησιμοποιηθούν ποιοτικές μέθοδοι ανάλυσης περιεχομένου (Mayring, 2015). Η ανάλυση των δεδομένων θα ξεκινήσει με την κατά λέξη απομαγνητοφώνηση των συνεντεύξεων όλων των ομάδων. Αρχικά καταγράφηκαν οι ιδέες των φοιτητών/τριών πριν και μετά τις δραστηριότητες σε μορφή διαγραμμάτων ροής έτσι ώστε να φανερωθούν τα γνωστικά εμπόδια που συναντούν κατά την νοητική πορεία τους προς την επιστημονική γνώση. Επίσης καταγράφτηκαν οι παραβάσεις του διδάσκοντα καθώς αποτελούν ένα παράγοντα που μπορεί να συνέφερε στην αλλαγή των ιδεών των φοιτητών μαζί με τις δραστηριότητες του διδακτικού πειράματος. Συνεπώς αποσαφηνίστηκαν οι δραστηριότητες καθώς και οι παρεμβάσεις του διδάσκοντα που βοηθούν τους/τις φοιτητές/τριες να ξεπεράσουν τα προαναφερθέντα εμπόδια έτσι ώστε να αναγνωριστούν οι διαδικασίες μάθησης που ακολουθούνται από τους/τις φοιτητές/τριες κατά την πορεία τους προς την επιστημονική γνώση.

3. Αποτελέσματα

Στην πιλοτική εφαρμογή οι φοιτητές/τριες φαίνεται αρχικά να εκδηλώνουν δύο βασικές ιδέες εναλλακτικές ιδέες. Οι φοιτητές/τριες αντιλαμβάνονται το χρώμα ενός νανοϋλικού σαν μία εγγενή ιδιότητα του η οποία μπορεί να επηρεαστεί από παράγοντες ποσότητας, όπως η συγκέντρωση σε ένα διάλυμα ή διασπορά σε ένα στερεό υλικό. Αυτές οι ιδέες εξελίσσονται κατά την διάρκεια του διδακτικού πειράματος ώστε να συμπεριλαμβάνουν και τον παράγοντα του μεγέθους του υλικού. Τέλος μέσω της εισαγωγής του φαινομένου του κβαντικού εγκλωβισμού οι φοιτητές/τριες αποδέχτηκαν την εξάρτηση από το μέγεθος σαν μοναδικό παράγοντα που οδηγεί σε αλλαγές στις οπτικές ιδιότητες ενός νανοϋλικού.

Αυτή η εξέλιξη ιδεών υποβοηθείται από συγκεκριμένες παρεμβάσεις του διδάσκοντα. Ένα παράδειγμα τέτοιων παρεμβάσεων είναι σχόλια όπως η αποσαφήνιση από τον διδάσκοντα ότι η ένταση ενός χρώματος (το πόσο πολύ απορροφά ένα υλικό) είναι διαφορετικό από την ταυτότητα του (το μήκος κύματος στο οποίο απορροφά το υλικό). Παρόλα αυτά φαίνεται μαζί με αυτή την σύνδεση να υπάρχει η ανάδειξη υβριδικών μοντέλων (μέγεθος και φαινόμενο συντονισμού, μέγεθος και παγίδευση φωτός εντός του σωματιδίου, μέγεθος και ενεργή επιφάνεια) για την επεξήγηση του μηχανισμού που εξηγεί αυτή την εξάρτηση.

4. Συμπεράσματα

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της εφαρμογής του διδακτικού πειράματος έχει φανερώσει ένα αριθμό αρχικών ιδεών από τους/τριες φοιτητές/τριες οι οποίες εξελίσσονται μέσω ενός συνδυασμού δραστηριοτήτων και ανατροφοδοτήσεων από τον ερευνητή/τρια. Η εξέλιξη αυτή είναι εποικοδομητική, χάρης όχι μόνο των δραστηριοτήτων του διδακτικού πειράματος αλλά και των παρεμβάσεων του διδάσκοντα, με τους φοιτητές/τριες να οδηγούνται στην σύνδεση των οπτικών ιδιοτήτων ενός νανοϋλικού με το μέγεθος του. Παρόλα αυτά φαίνεται μαζί με αυτή την σύνδεση να υπάρχει η ανάδειξη υβριδικών μοντέλων για την επεξήγηση του μηχανισμού που εξηγεί αυτή την σύνδεση. Αυτό αποτελεί ένα ζήτημα το οποίο απαιτεί περαιτέρω ανάλυση. Τέλος βάση αυτής της πιλοτικής εφαρμογής οι εποικοδομητικοί συνδυασμοί δραστηριοτήτων και παρεμβάσεων μπορούν να αναγνωριστούν και να δράσουν ως θεμέλιο για ένα νέο διδακτικό πείραμα στο οποίο η εισαγωγή του κβαντικού εγκλωβισμού δεν θα οδηγεί σε υβριδικά μοντέλα ερμηνείας των εξαρτώμενων από το μέγεθος οπτικών ιδιοτήτων νανοϋλικών.

5. Βιβλιογραφία

Bhushan, B., Luo, D., Schricker, S. R., Sigmund, W. & Zauscher, S. (2014) *Handbook of Nanomaterials*, Berlin Heidelberg: Springer. ISBN: 978-3-642-31107-9

Biju, V., Itoh, T., Anas, A., Sujith, A., & Ishikawa, M. (2008). Semiconductor quantum dots and metal nanoparticles: Syntheses, optical properties, and biological applications. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 391, 2469–2495. https://doi.org/10.1007/s00216-008-2185-7

Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012). The Model of Educational Reconstruction – a Framework for Improving Teaching and Learning Science. Στο D. Jorde, J. Dillon (Επιμ.) *Science Education Research and Practice in Europe. Cultural Perpectives in Science Education, vol 5* (σ. 13-37). SensePublishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-900-8_2

Duschl, R., Maeng, S. & Sezen, A. (2011) Learning progression and teaching sequences: a review and analysis, *Studies in Science Education*, 47(2), 123-182. https://doi.org/10.1080/03057267.2011.604476

Healy, N. (2009) Why nano education? *Journal of Nano Education*, *1*(1), 6-7 https://doi.org/10.1166/jne.2009.004

Hingant, B. & Albe, V. (2010). Nanoscience and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: a review of literature, *Studies in Science Education*, *46*(2), 121-152. https://doi.org/10.1080/03057267.2010.504543

Jackman, J. A., Cho, D.-J., Jackman, J. S., Sweeney, A. E., & Cho, N.-J. (2020). Training leaders in nanotechnology. Στο K. D. Sattler (Επιμ.), *21st Century nanoscience – A handbook: Public policy, education, and global trends* (σ. 5.1–5.12). Boca Raton: CRC Press. ISBN: 9780429351631

Jenkins, J., Wax, T. J., & Zhao, J. (2017). Seed-mediated synthesis of gold nanoparticles of controlled sizes to demonstrate the impact of size on optical properties, *Journal of Chemical Education*, *94*(8), 1090-1093. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.6b00941

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. https://doi.org/10.1080/0950069031000161471 7

Mayring P., (2015). Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. Στο A. Bikner-Ahsbahs, C. Knipping & N. Presmeg (Επιμ.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (σ. 365-380), Dordrecht: Springer. https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0168-ssoar-395173

Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, *26*(5), 515–535. https://doi.org/10.1080/09500690310001614762

Metaxas, I., Michailidi E., Stavrou, D. & Pavlidis, I. V. (2021). Educational reconstruction of size-dependent properties in nanotechnology for teaching in tertiary education, *Chemistry Teacher International, 3*(4), 413-422. https://doi.org/10.1515/cti-2021-0011

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*, *37*(11), 1699-1738. https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1035687

Schank, P., Wise, A., Stanford, T., & Rosenquist, A. (2009). *Can high school students learn nanoscience? An evaluation of the viability and impact of the NanoSense curriculum* [Technical Report]. California, US: SRI International.

Stevens, S. Y., Delgado, D., Krajcik J. S. (2010) Developing a Hypothetical Multi-Dimensional Learning Progression for the Nature of Matter, *Journal of Research in Science Teaching, 47*(6), 687-715. https://doi.org/10.1002/tea.20324

Stevens, S. Y., Sutherland, L. M., & Krajcik, J. S. (2009). *The big ideas of nanoscale science and engineering: A guidebook for secondary teachers*. Virginia (USA): National Science Teachers Association. ISBN: 978-1935155072

Talanquer, V. (2018) Progression in reasoning about structure-property relationships. *Chemistry Education Research and Practice, 19,* 998-1009. https://doi.org/10.1039/C7RP00187H

Wansom, S., Mason, T. O., Hersam, M. C., Drane, D., Light, G., Cormia, R., Stevens, S., Bodner, G. A. (2009). Rubric for Post-Secondary Degree Programs in Nanoscience and Nanotechnology. *International Journal of Engineering Education, 25*(3), 615– 627. Ανακτήθηκε από: https://chemed.chem.purdue.edu/chemed/bodnergroup/PDF_2008/99%20Mason%20Int%20J%20Engr%20Educ.pdf

Σχεδιασμός και Πιλοτική Εφαρμογή Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για την Εννοιολογική Κατανόηση της Εντροπίας από Υποψήφιους Εκπαιδευτικούς μέσω μιας Μικροσκοπικής Προσέγγισης

Βάια Μπακάλη[1], Στέφανος Ασημόπουλος[2]
[1]Υποψήφια Διδάκτορας, [2]Επίκουρος Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Περίληψη

Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται την ανάπτυξη μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για την εννοιολογική κατανόηση της εντροπίας και των εννοιών που εμπλέκονται με αυτή σε μια μικροσκοπική προσέγγιση. Χρησιμοποιώντας ως πλαίσιο το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης για τη συλλογή των δεδομένων εφαρμόστηκε το διδακτικό πείραμα σε ζευγάρια φοιτητριών Παιδαγωγικού τμήματος. Μέσω των αναλύσεων των πορειών μάθησης των φοιτητριών επιδιώκεται η ανάδειξη των σχέσεων που δημιουργούνται μεταξύ των κυρίαρχων εννοιών στη ΔΜΑ και η αποτύπωση του ρόλου των μοντέλων που εφαρμόστηκαν για τη μικροσκοπική προσέγγιση της εντροπίας. Καταγράφονται οι εξελισσόμενες αντιλήψεις των φοιτητριών αναφορικά με τις έννοιες, οι δυσκολίες που αντιμετώπισαν και ο τρόπος συσχέτισής τους με τα εν λόγω μοντέλα.

Abstract

The present study discusses the development of a Teaching Learning Sequence for the conceptual understanding of entropy and the concepts involved in it within a microscopic approach. Using the Model of Educational Reconstruction as a framework for data collection, a teaching experiment was applied to pairs of students of the Department of Pedagogy. Through analyses of the students' learning pathways, we aim to feature the associations being formed among the dominant concepts in TLS, as well as to illustrate the role of the applied models regarding the microscopic approach of entropy. Furthermore, the students' evolving perceptions as for those concepts, along with the difficulties encountered and the way of correlating those two with the forementioned models are being recorded.

Λέξεις κλειδιά: διδακτική μαθησιακή ακολουθία, εντροπία, μικροσκοπικά μοντέλα
Key words: teaching learning sequence, entropy, microscopic models

1. Εισαγωγή

Η αφηρημένη φύση της έννοιας της εντροπίας (Carson & Watson, 2002) επάγει δυσχέρεια στην ερμηνεία της και οδηγεί σε προτάσεις και εφαρμογή διαφορετικών προσεγγίσεων είτε σε μακροσκοπικό είτε σε μικροσκοπικό επίπεδο είτε, με τη χρήση μεταφορών και αναλογιών για τη μελέτη της. Η μικροσκοπική προσέγγισή της εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση μοντέλων της ύλης, προϋποθέτει τη δημιουργία κατάλληλων συνδέσεων ανάμεσα σε δυο επίπεδα περιγραφής, το μακροεπίπεδο και το μικροεπίπεδο και κατανόηση σε αυτά εννοιών όπως σύστημα, μεταβλητή και κατάσταση. Σύμφωνα με τον Reif (1999) η προσέγγιση αυτή διευκολύνει την κατανόηση των υποκείμενων μηχανισμών μακροσκοπικών εννοιών, όπως η εντροπία και την κατασκευή οπτικοποιήσιμων νοητικών μοντέλων από τους φοιτητές.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η πιλοτική εφαρμογή μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (Teaching Learning Sequence) (Méheut & Psillos, 2004) που θα διευκολύνει την εννοιολογική κατανόηση της εντροπίας και των εννοιών που

εμπλέκονται με αυτή, από φοιτήτριες Παιδαγωγικού Τμήματος. Τα ερευνητικά ερωτήματα που αναδύονται σε αυτό το πλαίσιο είναι: Α. Ποιες έννοιες αναδεικνύονται κυρίαρχες στην εννοιολογική κατανόηση της εντροπίας σε μια μικροσκοπική προσέγγιση; Με ποιο τρόπο και σε ποια φάση της μαθησιακής πορείας οι έννοιες αυτές εμπλέκονται; Β. Με ποιο τρόπο η εφαρμογή μοντέλων της μικροσκοπικής προσέγγισης διευκολύνουν την εισαγωγή των εννοιών μικροκατάσταση και εντροπία; Με ποιες δυσκολίες έρχονται αντιμέτωπες οι φοιτήτριες κατά την εφαρμογή τους;

2. Μεθοδολογία

Σε έρευνα που προηγήθηκε (Μπακάλη κ. ά., 2018) σχεδιάστηκε μια αρχική, μικρής διάρκειας, ΔΜΑ (Méheut & Psillos 2004) με βάση ένα μικροσκοπικό μοντέλο το οποίο προέκυψε τροποποιώντας το μοντέλο των Martin et al. (2013) για την προσέγγιση της έννοιας της εντροπίας. Χρησιμοποιώντας ως πλαίσιο το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης (Komorek & Duit, 2004˙ Méheut & Psillos, 2004) για τη συλλογή των δεδομένων εφαρμόστηκε το διδακτικό πείραμα. Η ΔΜΑ εφαρμόστηκε σε φοιτήτριες Παιδαγωγικού Τμήματος και χαρτογραφήθηκαν οι πορείες μάθησης αυτών με σκοπό την αποτύπωση της εξέλιξης της εννοιολογικής κατανόησης των εννοιών που μελετήθηκαν, και την αξιολόγηση της ΔΜΑ. Τα ευρήματα που προέκυψαν σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα από την ανάλυση της δομής του περιεχομένου και τις εμπειρίες από προηγούμενες μελέτες οδήγησαν σε τροποποίηση της ΔΜΑ (Μπακάλη & Ασημόπουλος, 2023) και στην επέκτασή της σε δυο νέες εφαρμογές. Σύμφωνα με το Μοντέλο της Διδακτικής Αναδόμησης η θεωρία αναλύθηκε τόσο από επιστημονική όσο και από εκπαιδευτική άποψη με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση ενός συνόλου «στοιχειωδών» εννοιών και των σχέσεων μεταξύ τους, που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εμπλουτισμένης και διευρυμένης ΔΜΑ. Στις προαναφερθείσες έννοιες συμπεριλαμβάνονται τόσο έννοιες που είχαν προκαθοριστεί κατά το σχεδιασμό της ΔΜΑ βάσει της ανάλυσης της θεωρίας, όπως *μικροκατάσταση*, όσο και έννοιες στενά συνδεδεμένες με τις προηγούμενες, που εμφανίζονται στα δεδομένα της ανάλυσης, όπως *μόριο* ή *θέση μορίου* που συνδέονται με την έννοια της *μικροκατάστασης*. Παράλληλα στην εμπλουτισμένη ΔΜΑ διαμορφώθηκαν μικροσκοπικά μοντέλα στα οποία οι διαφορετικές μικροκαταστάσεις προκύπτουν όχι μόνο και ως διαφορετικοί τρόποι διάταξης των μορίων στις δυνατές θέσεις (spatial configurations) αλλά και ως διαφορετικοί τρόποι κατανομής της ενέργειας στα μόρια (energy distributions) (Carson & Watson, 2002˙ Haglund & Jeppsson, 2012).

Η ΔΜΑ εφαρμόστηκε πιλοτικά σε ζευγάρι φοιτητριών και η ανάλυση των δεδομένων που προέκυψαν οδήγησαν σε νέες τροποποιήσεις, στοχεύοντας στην αντιμετώπιση των αντιλήψεων και των μαθησιακών δυσκολιών των φοιτητριών με μεγαλύτερη επάρκεια από ό,τι στον πρώτο κύκλο ανάπτυξης. Η εκ νέου αναθεωρημένη ΔΜΑ εφαρμόστηκε σε τέσσερα ζευγάρια φοιτητριών με τα οποία πραγματοποιήθηκαν έξι δίωρες συναντήσεις. Στην παρούσα φάση που γράφεται η αναθεωρημένη εργασία, η ίδια ΔΜΑ εφαρμόζεται σε δυο ακόμη ζευγάρια φοιτητριών ενώ παράλληλα σε εξέλιξη βρίσκεται και η ανάλυση των δεδομένων της τελικής ΔΜΑ.

Τα δεδομένα προς ανάλυση αποτελούν γραπτά κείμενα προερχόμενα από καταγραφές των διδασκαλιών με κάμερα και απομαγνητοφωνήσεις αυτών και τα σχέδια των φοιτητριών σε κάθε ενότητα της ΔΜΑ.

Ειδικότερα για κάθε διδακτική ενότητα ορίζονται επιμέρους βήματα μάθησης για συγκεκριμένες ενέργειες της ερευνήτριας. Για κάθε βήμα ερμηνεύονται ο λόγος της ερευνήτριας και των δυο συμμετεχόντων και αναλύεται το εννοιολογικό περιεχόμενο που εμπλέκεται καθώς και οι ιδέες που εμφάνισαν οι φοιτήτριες για τις έννοιες. Διαμορφώνονται κωδικοί όπως αυτοί που παρουσιάζονται αναλυτικά στα αποτελέσματα (Πίνακας 3). Στα βήματα όπου οι συμμετέχοντες σχεδιάζουν, ερμηνεύονται τόσο οι οπτικές όσο οι λεκτικές αναπαραστάσεις των νοητικών τους μοντέλων.

Μέσω της λεπτομερούς ανάλυσης των πορειών μάθησης των φοιτητριών επιδιώκεται η ανάδειξη των σχέσεων που δημιουργούνται μεταξύ των κυρίαρχων εννοιών στη ΔΜΑ, η αποτύπωση του ρόλου των μοντέλων που εφαρμόστηκαν για τη μικροσκοπική προσέγγιση της εντροπίας, η καταγραφή των δυσκολιών και των εξελισσόμενων αντιλήψεων των φοιτητριών και ο τρόπος συσχέτισής τους με τα εν λόγω μοντέλα. Πιο αναλυτικά θα διερευνηθεί η ερμηνεία των οπτικών αναπαραστάσεων των μικροσκοπικών μοντέλων και η αποδοχή των παραδοχών των μοντέλων από τις φοιτήτριες καθώς και θα αναζητηθούν τα νοητικά τους μοντέλα μέσα από τις δικές τους οπτικές και λεκτικές αναπαραστάσεις.

3. Αποτελέσματα

Η αναθεωρημένη και διευρυμένη ΔΜΑ (πιλοτική και τελική) δομείται από τρεις διδακτικές ενότητες, τις οποίες συνδέει η εφαρμογή του Δεύτερου Θερμοδυναμικού Νόμου από την άποψη της μεταβολής της εντροπίας, για την ερμηνεία της εξέλιξης και της κατεύθυνσης των φυσικών διαδικασιών που αναφέρονται στον Πίνακα 1. Για καθεμιά ενότητα ορίζονται πλήρως οι διδακτικοί στόχοι, το περιεχόμενο-δραστηριότητες και τα διδακτικά εργαλεία που εφαρμόζονται.

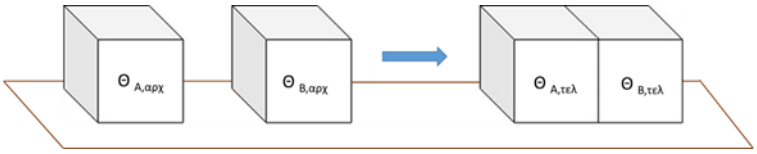
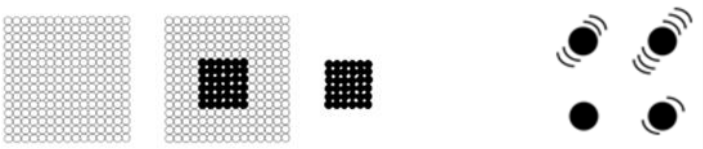
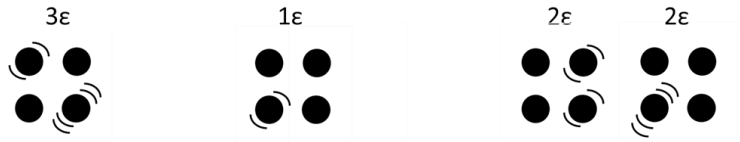
Δεδομένου ότι η εντροπία είναι μια μακροσκοπική μεταβλητή, σημείο αφετηρίας για την προσέγγισή της σε κάθε ενότητα αποτελεί η μακροσκοπική θεώρηση ενός συστήματος και η περιγραφή του μέσω μακροσκοπικών μεταβλητών ενώ στη συνέχεια εφαρμόζεται ένα αντίστοιχο μικροσκοπικό μοντέλο για να οριστεί η εντροπία μέσω της έννοιας του αριθμού των μικροκαταστάσεων. Κατά την επαναφορά τους οι φοιτήτριες από το μικροεπίπεδο στο μακροεπίπεδο, αναμένεται να επικαλεστούν την εμπειρία τους για τη χρονική εξέλιξη των φυσικών διαδικασιών και να τη συνδέσουν με την αύξηση της εντροπίας. Ολοκληρώνοντας, οι φοιτήτριες καλούνται να αναστοχαστούν σχετικά με τις δραστηριότητες και τα μικροσκοπικά μοντέλα, να υποδείξουν σημεία που απαιτούν διευκρινήσεις και να αναφερθούν σε δυσκολίες που αντιμετώπισαν.

Πίνακας 1: Συνοπτική δομή της ΔΜΑ

ΕΝΟΤΗΤΕΣ	ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ - ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ	ΕΝΝΟΙΕΣ (ΠΡΟΚΑΘΟΡΙΣΜΕΝΕΣ)
Διδακτική προσέγγιση εννοιών μέσω φαινομένου διάχυσης χρωστικής σε νερό	Μακροσκοπική παρατήρηση - μοντελοποίηση φαινομένου	Μεταβλητές, κατάσταση, σύστημα – περιβάλλον, ισορροπία
	Μικροσκοπική προσέγγιση Μοντελοποίηση μικροκαταστάσεων	Μακροκατάσταση, μικροκατάσταση, μεταβλητές, μακροκατάσταση ισορροπίας, εντροπία
Διδακτική προσέγγιση εννοιών μέσω φαινομένου θερμικής επαφής δυο στερεών κύβων διαφορετικής θερμοκρασίας	Μακροσκοπική θεώρηση φαινομένου Μοντελοποίηση στερεού Κβάντωση ενέργειας	Θερμική ισορροπία, (απομονωμένο) σύστημα – περιβάλλον, μακροκατάσταση, μεταβλητές, ενέργεια
	Μικροσκοπική προσέγγιση Μοντελοποίηση μικροκαταστάσεων	Μακροκατάσταση, μικροκατάσταση, μεταβλητές, ενέργεια, θερμική ισορροπία, εντροπία
Εφαρμογή εννοιών στο φαινόμενο τήξης του πάγου	Μακροσκοπική περιγραφή φαινομένου Μικροσκοπική προσέγγιση Μοντελοποίηση μικροκαταστάσεων	Μακροκατάσταση, μικροκατάσταση, μεταβλητές, ενέργεια, μακροκατάσταση ισορροπίας, εντροπία
Συζήτηση	Εντυπώσεις - προβληματισμοί	Όλες

Στην παρούσα εργασία έχει επιλεγεί να παρουσιαστεί αναλυτικά το περιεχόμενο-δραστηριότητες της 2ης ενότητας της ΔΜΑ (Πίνακας 2) που εφαρμόστηκε πιλοτικά σε ζευγάρι φοιτητριών – αναφέρονται στο εξής ως Συμμετέχουσα Πιλοτικής 1 (ΣΠ1) και Συμμετέχουσα Πιλοτικής 2 (ΣΠ2) - καθώς και τα αποτελέσματα αυτής της εφαρμογής αναφορικά με τις ιδέες των δυο φοιτητριών για τις κυρίαρχες έννοιες της ΔΜΑ. Η 2η ενότητα διδάχθηκε κατά την 3η (Μακροσκοπική θεώρηση και μικροσκοπική θεώρηση Ι, πίνακας 2) και 4η (Μικροσκοπική θεώρηση ΙΙ, πίνακας 2) συνάντηση.

Πίνακας 2: Διδακτική ενότητα 2: Διδακτική προσέγγιση εννοιών μέσω φαινομένου θερμικής επαφής δυο στερεών κύβων διαφορετικής θερμοκρασίας – Επιμέρους ενέργειες

Μακροσκοπική θεώρηση	Επίδειξη εικόνας δύο στερεών σε θερμική επαφή Μελέτη περιπτώσεων (ζεύγη τιμών θ, σύστημα θερμικά απομονωμένο ή μη) Ερμηνεία φαινομένου - εισαγωγή ενέργειας Χαρακτηρισμός των καταστάσεων (ως Μκ) – προσδιορισμός μεταβλητών για απομονωμένο σύστημα 
Μικροσκοπική θεώρηση Ι	Ανίχνευση (συζήτηση, σχεδιασμός) νοητικών μοντέλων για μικρόκοσμο στερεού και μεταφορά ενέργειας μεταξύ δύο στερεών Επίδειξη μικροσκοπικού μοντέλου στερεού (αναπαράσταση ενεργειακής κατάστασης μορίων) 
Μικροσκοπική Θεώρηση ΙΙ	Επίδειξη μικροσκοπικού μοντέλου απομονωμένου συστήματος δυο στερεών σε θερμική επαφή. Προσδιορισμός τρόπων κατανομής της ενέργειας στα μόρια (μκ) πριν και μετά την επαφή Υπολογισμός αριθμού μικροκαταστάσεων Προσδιορισμός μεταβολής εντοπίας 

(Απομονωμένο) Σύστημα - Περιβάλλον

Για τις δυο συμμετέχουσες το σύστημα αποτελούν «οι δυο κύβοι». [Συσ] Ωστόσο η ΣΠ2 αιτιολογεί τη θεώρηση των δυο κύβων ως σύστημα, βάσει της μεταξύ τους αποκλειστικής αλληλεπίδρασης: *«οι δυο κύβοι αποτελούν σύστημα διότι αλληλεπιδρούν μόνο μεταξύ τους»* [Συσ], [ΣυσΑπ], ταυτίζοντας τον ορισμό του συστήματος με τον ορισμό του απομονωμένου συστήματος. Το περιβάλλον ορίζεται από τη ΣΠ1 ως *«αυτό που περιβάλλει τους κύβους»* [Περ] ενώ η ΣΠ2 αναφέρεται στο περιβάλλον συγκεκριμένα: *«έδαφος, αέρας»*. [Περ] Καθώς η ερευνήτρια σκόπιμα δε διευκρινίζει αν το σύστημα είναι απομονωμένο η ΣΠ2 λαμβάνει υπόψη την επίδραση του περιβάλλοντος: *«δεν εξαρτάται και το περιβάλλον τι θερμοκρασία έχει;»*. [ΣυσΜΑπ] Αιτιολογεί την επίδραση του περιβάλλοντος παραθέτοντας παράδειγμα: *«άμα είναι σε ένα δωμάτιο 25C θα έχει αρχικά μια θερμοκρασία 60C αλλά θα αρχίσει αυτή σταδιακά να μειώνεται, να πλησιάζει 25C»*. [ΣυσΜΑπ] Προτείνει ότι για να είναι πλήρης η ερώτηση θα έπρεπε να τους δοθεί *«η θερμοκρασία του περιβάλλοντος»*

[ΣυσΜΑπ] ή ότι *«δεν υπάρχει αέρας»*. [ΣυσΑπ] Οι δυο συμμετέχουσες ορίζουν το απομονωμένο σύστημα ως *«σύστημα στο οποίο απουσιάζουν* (=δεν επηρεάζεται από) *ο αέρας ή η θερμοκρασία περιβάλλοντος»* [ΣυσΜΑπ] και δεν αναφέρονται στην ενέργεια παρά μόνο μετά από ακολουθία ερωτήσεων από την ερευνήτρια: ΣΠ1: *«το τραπέζι δεν προσφέρει καμία ενέργεια. … δεν κερδίζει το περιβάλλον ενέργεια»*. [ΣυσΜΑπ], [μεταφΕν]

Μακροκατάσταση, διάκριση από μικροκατάσταση, μεταβλητές μακροκατάστασης

Επιδεικνύοντας η ερευνήτρια στην 3η συνάντηση την αρχική κατάσταση και την κατάσταση θερμικής ισορροπίας του συστήματος των δυο κύβων (Πίνακας 2, μακροσκοπική θεώρηση) καλεί τις φοιτήτριες να τις χαρακτηρίσουν. Η ΣΠ2 χαρακτηρίζει ορθά τις δυο καταστάσεις ως μακροκαταστάσεις: *«Ίσως να είναι η αρχική μακροκατάσταση και μετά η άλλη να είναι η τελική μακροκατάσταση»*. [Μκ] Αντίθετα η ΣΠ1 φαίνεται ότι δεν έχει εννοιολογήσει την μακροκατάσταση καθώς χαρακτηρίζει την αρχική κατάσταση στην οποία οι δύο κύβοι δεν είναι σε επαφή ως μικροκατάσταση και την κατάσταση θερμικής ισορροπίας ως μακροκατάσταση: *«Κάθε κύβος αποτελεί μια μικροκατάσταση και όταν θα ενωθούν τότε θα γίνει μακροκατάσταση»*. [Μκ-μκ] Η ερευνήτρια επανέρχεται στο φαινόμενο της διάχυσης (ενότητα 1), επιδεικνύει τις διαδοχικές μακροκαταστάσεις του αντίστοιχου συστήματος και υπενθυμίζει μέσω συζήτησης τον όρους μακροκατάσταση και μικροκατάσταση. Επιστρέφοντας στο φαινόμενο της θερμικής επαφής των δυο κύβων η ΣΠ2 επισημαίνει για την αρχική κατάσταση και την κατάσταση θερμικής ισορροπίας του συστήματος των δυο κύβων: *«είναι όλο μακροκαταστάσεις», «μπορούμε να μελετήσουμε και να πάρουμε πληροφορίες για την μακροκατάσταση που βρίσκεται το σώμα»* [Μκ] *«μπορούμε να παρατηρήσουμε τη θερμοκρασία»* [Μκ-μτβ] και επιδιώκει διάκριση μεταξύ των εννοιών μακροκατάσταση και μικροκατάσταση: *«Ενώ τη μικροκατάσταση δεν μπορούμε να την παρατηρήσουμε;»*. [Μκ-μκ] Η ΣΠ1 επισημαίνει για τις μακροκαταστάσεις στην 4η συνάντηση ότι *«μπορούμε να τις παρατηρήσουμε»* [Μκ] και ότι *«περιγράφονται από διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας και ενέργειας των 2 κύβων»*. [Μκ-μτβ]

Μικροσκοπικά μοντέλα στερεού

Η ερευνήτρια καλεί να προτείνουν – σχεδιάσουν μοντέλο για τα μόρια (κίνηση, θέσεις) στα στερεά αντλώντας πιθανές ιδέες σχεδιασμού από το μοντέλο που χρησιμοποίησαν στην διάχυση. Σχεδιάζουν η ΣΠ1 κύβο ενώ η ΣΠ2 τετράγωνο γεμάτο με μόρια σε επαφή, σε συγκεκριμένες θέσεις. [Μ-στ], [μόρια] Επιπλέον η ΣΠ2 δείχνει, κουνώντας τη μύτη του μολυβιού, δονήσεις μορίων γύρω από τις θέσεις: *«Αν πούμε ότι αυτό είναι το μόριο (μύτη μολυβιού) πολύ μικρές δονήσεις, ίσα ίσα»*. [Μ-στ], [μόρια] Στην προτροπή της ερευνήτριας να προτείνουν μοντέλο που να ερμηνεύει τη μεταφορά ενέργειας από τον Α κύβο στον Β, η ΣΠ1 αναφέρεται έμμεσα στην ενέργεια μέσω της ταχύτητας περιγράφοντας τι θα συμβεί μόνο στον ένα κύβο: *«η αύξηση της θερμοκρασίας θα έχει ως αποτέλεσμα να αυξηθεί η ταχύτητα των μορίων, τα μόρια να κινούνται περισσότερο και να συγκρούονται»*. [Μ-στ], [μόρια] Η ΣΠ2 περιγράφει τη μεταφορά ενέργειας μεταξύ των δύο κύβων, εισάγοντας τους όρους ταχύτητα και ενέργεια: *«Δε θα καταλαβαίναμε ακριβώς πόση ενέργεια χάθηκε και πόση πήρε, αλλά θα βλέπαμε ότι στα μόρια του ενός κουτιού ενώ πήγαιναν πιο γρήγορα απ' ότι πήγαιναν σ' αυτό με τους 20, τελικά θα κινούνταν με την ίδια ταχύτητα, και στον Α κύβο και στον Β»*. [Μ-στ], [μόρια], [μεταφΕν]

Η ερευνήτρια επιδεικνύει μοντέλο στερεού (Πίνακας 2, μικροσκοπική θεώρηση Ι) επισημαίνοντας ότι: *«τα μόρια βρίσκονται σε συγκεκριμένες θέσεις, κάνουν μικρές ταλαντώσεις γύρω από αυτές τις θέσεις»*. [Μ-στ], [μόρια] Τοποθετεί ένα-ένα μόριο σε σταθερές και συγκεκριμένες θέσεις ενός δισδιάστατου πλέγματος. Αφαιρεί το πλέγμα και απομένουν τα μόρια σε μια συγκεκριμένη διάταξη. [Μ-στ], [πλγ] Αναφέρει παραδοχές (παρατήρηση μόνο μιας επιφάνειας του στερεού, μικρός αριθμός μορίων). Επιδεικνύει όμοιο μοντέλο στερεού που περιορίζεται σε 4 μόρια (Πίνακας 2, μικροσκοπική θεώρηση Ι). Περιγράφει την αναπαράσταση της ενεργειακής κατάστασης κάθε μορίου με ζεύγη αντιδιαμετρικών καμπυλών, καθένα από τα οποία αντιστοιχεί σε μια μονάδα ενέργειας. [Μ-

στ], [αναπΕν] Εισάγει την κβάντωση της ενέργειας: *«κάθε μόριο μπορεί να πάρει μόνο διακριτές τιμές ενέργειας»*. [Εν/μόριο] Δηλώνει ρητά την τυχαία κατανομή μονάδων ενέργειας, στοιχείο προαπαιτούμενο για εννοιολόγηση της μικροκατάστασης: *«κάθε φορά … προσθέτω και μια μονάδα ενέργειας η οποία κατανέμεται τυχαία δηλ. αυξάνει την κινητική ενέργεια ενός οποιουδήποτε από αυτά τα 4 μόρια»*. [Μ-στ], [κατανΕν], [Εν/μόριο] Στην 4η συνάντηση η ΣΠ1 περιγράφει το μοντέλο στερεού που είχε επιδείξει η ερευνήτρια: *«με δυο παρενθέσεις … τις μονάδες ενέργειας (ε)», «1ε έχει μικρή κίνηση, σχετικά με αυτά που δεν κινούνται»*. [Μ-στ], [αναπΕν], [Εν/μόριο] Η ΣΠ2 σε ερώτηση της ερευνήτριας για την κατανομή της ενέργειας: *«… προσφέρω ακόμη μια μονάδα ενέργειας. … από ποιο μόριο θα χρησιμοποιηθεί;»* απαντά *«σε τυχαία θέση δεν πάει; Δεν κατανέμεται τυχαία;»*. [Μ-στ], [κατανΕν], [Εν/μόριο] Η απάντηση καταδεικνύει αποδοχή από τη ΣΠ2 της τυχαιότητας στην κατανομή της ενέργειας στα μόρια σε αναλογία με την τυχαιότητα των θέσεων των μορίων της χρωστικής στο φαινόμενο της διάχυσης.

Μικροκατάσταση – μεταβλητές μικροκατάστασης

Σχεδιάζουν όλες τις δυνατές περιπτώσεις κατανομής 3 μονάδων ενέργειας (ε) στα 4 μόρια του Α κύβου (Πίνακας 2, μικροσκοπική θεώρηση ΙΙ) και τις χαρακτηρίζουν, η ΣΠ2 ως *«εκδοχές, πιθανότητες, πού μπορούν να πάνε τα 3ε ενέργειας»* [μκ] και η ΣΠ1 «*πού (σε ποια μόρια) κατανέμονται οι μονάδες ενέργειας, διαφορετικοί τρόποι κατανομής σε ένα στερεό των 4 μορίων»*. [μκ] Επανέρχονται στη διάχυση για υπενθύμιση του όρου μικροκατάσταση και των μεταβλητών που την περιγράφουν. Σε αναλογία ορίζουν ως μικροκαταστάσεις στο φαινόμενο της θερμικής επαφής των δυο κύβων τους διαφορετικούς τρόπους κατανομής της ενέργειας στα μόρια. Συγκεκριμένα η ΣΠ1 περιγράφει ως μικροκατάσταση: *«τους δυνατούς τρόπους κατανομής των ενεργειών»* [μκ] και η ΣΠ2: *«τη θέση των 3ε, πού μπορούν αυτά να κατανεμηθούν»*. [μκ] Προτείνουν ως μεταβλητές μικροκατάστασης, η ΣΠ1 *«τη μονάδα ενέργειας», «τα μόρια δεν αλλάζουν θέση, ταλαντώνονται ανάλογα με το πόση ενέργεια έχει το καθένα»* και η ΣΠ2 *«τις θέσεις των ενεργειών»*. [μκ-μτβ], [Εν/μόριο]

Εντροπία

Επανέρχονται στη διάχυση για υπενθύμιση ορισμού της εντροπίας και της μεταβολής της. Καθώς επιδιώκεται ο προσδιορισμός της εντροπίας στο φαινόμενο της θερμικής επαφής των δυο κύβων εντοπίζονται δυο σημεία που χρήζουν προσοχής. Το πρώτο είναι ότι ο αριθμός μικροκαταστάσεων του κύβου Α μειώνεται και το δεύτερο ότι ο αριθμός μικροκαταστάσεων του συστήματος δεν προκύπτει αθροιστικά. Αναφορικά με το πρώτο, η ΣΠ2 συμπεραίνει εύκολα μείωση της εντροπίας του Α κύβου και αύξηση της εντροπίας του Β ως αποτέλεσμα της μείωσης και της αύξησης αντίστοιχα του αριθμού δυνατών μκ. [ΔSA], [ΔSB], [μετ. αρ. δυνμκ] Αναφορικά με τον υπολογισμό του αριθμού μικροκαταστάσεων του συστήματος η ΣΠ2 προτείνει να προστεθεί ο αριθμός των μικροκαταστάσεων των σωμάτων που αποτελούν το σύστημα συμπεραίνοντας έτσι ότι η εντροπία του συστήματος μειώνεται: *«Ότι η εντροπία η συνολική μειώνεται. … Γιατί συνολικά πριν ενωθούν τα δύο σώματα είχαμε 24(20+4) μικροκαταστάσεις και μετά αφού ενώθηκαν είχαμε 20(10+10) μικροκαταστάσεις»*. [αρ. δυνμκ], [ΔSΣυσ] Η ερευνήτρια επιδιώκοντας να καθοδηγήσει τη ΣΠ2 ώστε να αναθεωρήσει την πρότασή της, αναφέρεται σε «συνδυασμούς». Η ΣΠ2 αναθεωρεί και υπολογίζει τον αριθμό μικροκαταστάσεων για την αρχική μακροκατάσταση συστήματος: *«(οι μικροκαταστάσεις του Α με τις μικροκαταστάσεις του Β) είναι σα να αλληλοϋπάρχουν, όταν συμβαίνουν αυτά, συμβαίνουν κι αυτά παράλληλα. Άρα δεν έχουμε συνολικά 24 … για κάθε κατανομή του Α, το Β θα έχει παράλληλα μια από τις 4…συνολικά 80(20x4) μικροκαταστάσεις»*. [αρ. δυνμκ] Υιοθετώντας το συλλογισμό της ΣΠ2, η ΣΠ1 υπολογίζει τον αριθμό μικροκαταστάσεων για τη μακροκατάσταση ισορροπίας του συστήματος: *«θα έχουμε 100 συνδυασμούς. … γιατί η μια μικροκατάσταση μπορεί να πάει με μια από τις άλλες 10. … Αλλά έχουμε 10 μικροκαταστάσεις. Η καθεμιά να πάει μια με την πρώτη, με τη δεύτερη κλπ. Άρα 10x10=100»*. [αρ. δυνμκ], [ΜκΙσ] Με ευχέρεια εξάγουν ως συμπέρασμα την αύξηση του αριθμού μικροκαταστάσεων και της εντροπίας του συστήματος

και τη σταθεροποίησή τους στη μακροκατάσταση ισορροπίας. [μετ. αρ. δυνμκ], [ΔSΣυσ], [ΜκΙσ]

Πίνακας 3: Κωδικοί και σημασία κωδικών

ΚΩΔΙΚΟΙ	ΣΗΜΑΣΙΑ
Συσ	Σύστημα
Περ	Περιβάλλον
ΣυσΜΑπ	Μη απομονωμένο σύστημα
ΣυσΑπ	Απομονωμένο σύστημα
Μκ	Μακροκατάσταση
Μκ-μτβ	Μεταβλητές μακροκατάστασης: θερμοκρασία και ενέργεια κάθε στερεού
ΜκΙσ	Μακροκατάσταση ισορροπίας
μκ	Μικροκατάσταση
Μκ-μτβ	Μικροκατάσταση-μεταβλητές: ενέργεια κάθε μορίου
Μκ-μκ	Σύγχυση ή επιδίωξη διάκρισης μακροκατάστασης και μικροκατάστασης
αναπΕν	Αναπαράσταση της ενεργειακής ή κινητικής κατάστασης μορίων
κατανΕν	Κατανομή ενέργειας στα μόρια (τυχαία-δε γνωρίζουμε σε ποιο μόριο)
μεταφΕν	Μεταφορά ενέργειας α) μεταξύ δυο στερεών, β) μεταξύ συστήματος – περιβάλλοντος
Εν/μόριο	Ενέργεια ανά μόριο
Μ-στ	Μοντέλο στερεού προτεινόμενο είτε από την ερευνήτρια είτε από τις φοιτήτριες
πλγ	Χρήση πλέγματος θέσεων
μόρια	Κίνηση, ταχύτητα, συγκρούσεις μορίων
αρ. δυνμκ	Αριθμός δυνατών μικροκαταστάσεων που αντιστοιχούν σε μια μακροκατάσταση
μετ. αρ. δυνμκ	Μεταβολή αριθμού δυνατών μικροκαταστάσεων
ΔSA	Μεταβολή εντροπίας στερεού Α
ΔSB	Μεταβολή εντροπίας στερεού Β
ΔSΣυσ	Μεταβολή εντροπίας συστήματος

4. Συμπεράσματα

Η ανάλυση της πιλοτικής εφαρμογής της ΔΜΑ κατέδειξε ότι:

Η λεκτική περιγραφή της έννοιας της μακροκατάστασης από τις φοιτήτριες δεν είναι αρκετή για την εννοιολόγηση της και τη διάκρισή της από τη μικροκατάσταση, και ως εκ τούτου προτείνεται παράλληλα και η αξιοποίηση σχεδίων (Clement, 2000) των φοιτητριών στα οποία αναπαρίστανται κάποιες μακροκαταστάσεις του συστήματος με τις αντίστοιχες τιμές των μεταβλητών θερμοκρασία και ενέργεια κάθε κύβου.

Η επαναφορά στη διάχυση, κρίνεται αναγκαία αφενός για την επέκταση της έννοιας της μικροκατάστασης και αφετέρου για υπενθύμιση του ορισμού της έννοιας της εντροπίας. Έτσι με τη μελέτη των δυο φαινομένων επισημαίνεται ότι οι διαφορετικές μικροκαταστάσεις προκύπτουν όχι μόνο ως διαφορετικοί τρόποι διάταξης των μορίων στις δυνατές θέσεις αλλά και ως διαφορετικοί τρόποι κατανομής της ενέργειας στα μόρια. Παράλληλα, καθώς η εντροπία είναι ένας νέος όρος που συνδέεται με έναν ακόμα νέο όρο, την μικροκατάσταση, για να χρησιμοποιηθεί με συνέπεια από τις φοιτήτριες απαιτείται υπενθύμιση και επανάληψη, τακτικές που φαίνεται να λειτουργούν ενισχυτικά.

Η αναμόρφωση των οπτικών αναπαραστάσεων του μικροσκοπικού μοντέλου σε συνδυασμό με τον λεκτικό τρόπο αναπαράστασης του, κρίνονται αναγκαίες για την επιδιωκόμενη ερμηνεία του από τις φοιτήτριες. Προτείνεται ωστόσο αντί της ρητής

αναφοράς των παραδοχών του μοντέλου από την ερευνήτρια, η εκμαίευση της περιγραφής και των παραδοχών του από τις φοιτήτριες δεδομένου ότι οι φοιτήτριες έχουν ήδη εξοικειωθεί με παρόμοια μοντέλα στο φαινόμενο της διάχυσης.

5. Βιβλιογραφία

Μπακάλη, Β., Μπαμπάτσικου, Γ., & Ασημόπουλος Σ. (2018). Ερμηνεία της έννοιας της εντροπίας μέσω ενός μικροσκοπικού μοντέλου και της έννοιας του αριθμού των μικροκαταστάσεων. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη & Α. Κοκολάκη (Επιμ.), *Πρακτικά 10ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης,* σελ. 784-792. Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Κρήτης. Ανακτήθηκε στις 20/04/2022 από: http://synedrio2017.enephet.gr/images/Praktika-10ou-Synedriou_Teliko.pdf

Μπακάλη, Β., & Ασημόπουλος Σ. (2023). Αναδόμηση ενός εκπαιδευτικού μοντέλου μικροσκοπικής προσέγγισης της εντροπίας μέσω του παραδείγματος της διάχυσης. Στο Κ. Σκορδούλης, Κ. Στεφανίδου, Α. Μανδρίκας & Η. Μπόικος (Επιμ.). *Πρακτικά 12ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Ο Ρόλος της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες στην κοινωνία του 21ου αιώνα*. 273-281. Εκδόσεις ΕΚΠΑ, Αθήνα 2023. Ανακτήθηκε στις 20/04/2024 από: http://synedrio2021.enephet.gr/wp-content/uploads/2023/07/ΠΡΑΚΤΙΚΑ_12ου_ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ_ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ_ΕΝΕΦΕΤ_compressed.pdf

Carson, E. M., & Watson, J. R. (2002). Undergraduate students' understandings of entropy and Gibbs' free energy. *University Chemistry Education*, *6*(1), 4–12. Ανακτήθηκε στις 20/04/2022 από: https://www.perplex.ethz.ch/thermo_course/various_thermodynamics_texts/p2_carson.pdf

Clement, J. (2000). Model based learning as a key research area for science education. *International Journal of Science Education*, *22*(9), 1041-1053. https://doi.org/10.1080/095006900416901

Haglund, J., & Jeppsson, F. (2012). Using self-generated analogies in teaching of thermodynamics. *Journal of Research in Science Teaching*, *49*(7), 898-921. http://dx.doi.org/10.1002/tea.21025

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. https://doi.org/10.1080/09500690310001614717

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*, 1-9. https://doi.org/10.1186/1936-6434-6-30

Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, *26*(5), 515-535. https://doi.org/10.1080/09500690310001614762

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. https://doi.org/10.1119/1.19181

Το Μοντέλο Ιδέες - Κόσμος - Τεκμήρια ως Εργαλείο Σχεδιασμού μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για την Οικολογία

Χριστίνα Ντινολάζου[1], Πηνελόπη Παπαδοπούλου[2]
[1]Υποψήφια διδάκτορας, [2]Καθηγήτρια
Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα στοχεύει να διερευνήσει αν το θεωρητικό πλαίσιο Ιδέες-Κόσμος-Τεκμήρια (ΙΚΤ) είναι κατάλληλο ως εργαλείο σχεδιασμού αποτελεσματικών Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) για βασικές έννοιες της Οικολογίας. Για το σκοπό αυτό, δυο διαφορετικές εκδοχές μιας ΔΜΑ, που διέφεραν ως προς το αν χρησιμοποιήθηκε ή όχι το μοντέλο για το σχεδιασμό τους, σχεδιάστηκαν, εφαρμόστηκαν σε δυο διαφορετικά τμήματα και αξιολογήθηκαν. Τα αποτελέσματα τους συγκρίθηκαν, με κύριο εργαλείο ένα ερωτηματολόγιο ανίχνευσης εναλλακτικών ιδεών. Η περιγραφική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι ενισχύθηκε περισσότερο η γνωστική εξέλιξη της ομάδας των μαθητών που συμμετείχαν στη ΔΜΑ της οποίας ο σχεδιασμός στηρίχθηκε στο μοντέλο ΙΚΤ.

Abstract

The present study aims to investigate whether the theoretical framework Ideas-Cosmos-Evidence (ICE) is suitable as a design tool of effective Teaching Learning Sequences (TLS) for basic Ecological concepts. For this purpose, two different versions of a TLS, which differed in terms of whether or not the model was used for their design, were designed, implemented in to different groups and evaluated. The results were compared, having as a main tool a questionnaire for detecting the alternative ideas. The descriptive analysis of the results showed that the cognitive development of the group of students who participated in the TLS whose design was based on the ICT model was further enhanced.

Λέξεις κλειδιά: ΔΜΑ, μοντέλο ΙΚΤ, Οικολογία
Key words: TLS, ICE model, Ecology

1. Εισαγωγή

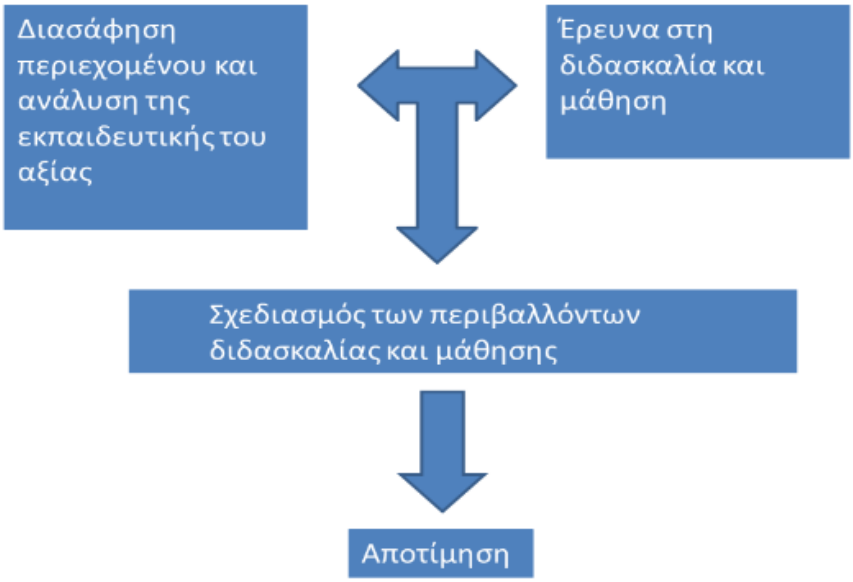
Σε έναν σύνθετο και ταχέως μεταβαλλόμενο κόσμο, η επιστήμη της Οικολογίας είναι μοναδικά εξοπλισμένη ώστε να αντιμετωπίσει τα περίπλοκα περιβαλλοντικά ζητήματα και αναμένεται σήμερα να συμβάλλει ουσιαστικά στην κατανόηση και την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων σε τοπικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο (Lewinsohn et al., 2015). Υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ενίσχυση του «οικολογικού γραμματισμού» στην κοινωνία. Ο «οικολογικός γραμματισμός» στοχεύει στη δημιουργία ευσυνείδητων πολιτών που θα συμμετέχουν στη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων ή θα αναλαμβάνουν δράση για τα περιβαλλοντικά ζητήματα (Cid & Pouyat, 2013˙ Jordan et al., 2009). Γι΄ αυτό ενθαρρύνεται η ενσωμάτωση του στην τυπική εκπαίδευση από τις πρώτες σχολικές τάξεις (Ju & Kim, 2011˙ Magntorn & Helldén, 2007) ή στα μαθήματα γενικής Βιολογίας (Long, 2014).

Σχετικά με τη διδασκαλία της Οικολογίας, οι Knapp και D'Avanzo (2010) κάνουν ορισμένες σημαντικές επισημάνσεις που αφορούν το περιεχόμενο που θα πρέπει να διδάσκεται. Τονίζουν ότι θα πρέπει να δίνεται βαρύτητα στο ότι οι φυσικοί νόμοι διέπουν τα πρότυπα και τις διαδικασίες στην Οικολογία και ότι ενώ τα οικολογικά συστήματα είναι ανοιχτά, οι πόροι είναι πεπερασμένοι. Επισημαίνουν ότι η εξελικτική ιστορία οριοθετεί το οικολογικό παρόν και μέλλον καθώς και δίνουν βαρύτητα στο γεγονός ότι η Οικολογία είναι η επιστήμη των αλληλεπιδράσεων και των πολλαπλών αιτιωδών παραγόντων.

Σε ότι αφορά την πρακτική αντιμετώπιση των προκλήσεων της διδασκαλίας, ενδιαφέροντα βήματα κατά το σχεδιασμό που προτείνονται από τη βιβλιογραφία, είναι:

- Ο προσδιορισμός και η διατύπωση ενός συνόλου Οικολογικών αρχών που θα αποτελέσουν το αντικείμενο της διδασκαλίας (Hoskinson et al., 2014).
- Ο ορισμός μαθησιακών στόχων με σαφήνεια και εξήγηση τους στους μαθητές από την αρχή (Burrow, 2018˙ Nordlund, 2016).
- Η ανάπτυξη πολλαπλών τρόπων αξιολόγησης της κατανόησης από τους μαθητές των αρχών, εννοιών, πληροφοριών και ιδεών και εξήγηση τους από την αρχή στους μαθητές.
- Η επιλογή μαθησιακών δραστηριοτήτων που είναι δομημένες έτσι, ώστε να ενεργοποιούν την ισότιμη συμμετοχή των μαθητών στις ομάδες εργασίας (Burrow, 2018).
- Η απλοποίηση περίπλοκων συστημάτων με τη χρήση μοντέλων και ο σχεδιασμός διαδραστικής τάξης (Knapp & D'Avanzo, 2010).

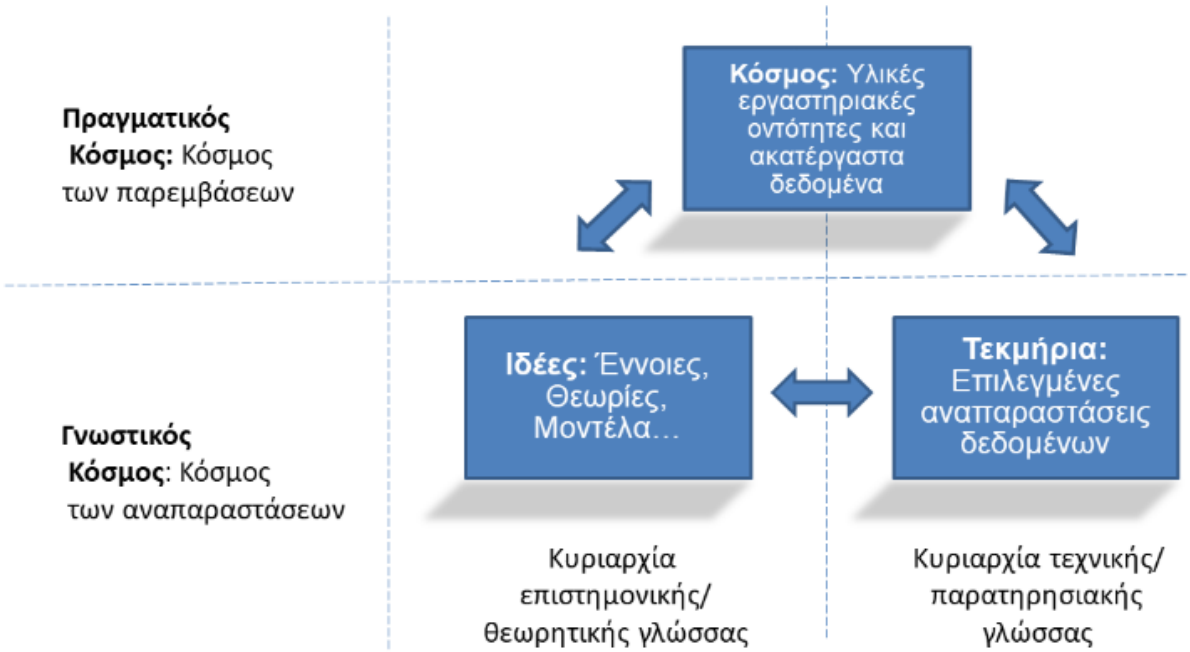
Σχετικά με τον σχεδιασμό Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ), ευρέως διαδεδομένη είναι η χρήση του θεωρητικού πλαισίου της Εκπαιδευτικής Επανοικοδόμησης (Duit, 2007), το οποίο χρησιμοποιήθηκε ως εργαλείο σχεδιασμού και στην παρούσα έρευνα. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, ο σχεδιασμός των περιβαλλόντων διδασκαλίας και μάθησης, προϋποθέτει διαδικασίες όπως η διασάφηση του επιστημονικού περιεχομένου προς διδασκαλία και η ανάλυση της εκπαιδευτικής του αξίας αλλά και εκτεταμένη έρευνα στη βιβλιογραφία σχετικά με τις προοπτικές διδασκαλίας και μάθησης των μαθητών (εναλλακτικές, άλλοι παράγοντες επιρροής) καθώς και τις διαδικασίες που ακολουθούν οι εκπαιδευτικοί, τις οπτικές τους αλλά και τις εναλλακτικές ιδέες τους.



Εικόνα 1: Το μοντέλο της εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης (Duit, 2007)

Σύμφωνα με την πρόταση του Τσελφέ (2003), η επιλογή των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων κατά το σχεδιασμό μιας ΔΜΑ μπορεί να κατευθυνθεί από το μοντέλο ΙΚΤ που βασίζεται στην ταξινόμηση των εργαστηριακών οντοτήτων του Hacking (1992). Σύμφωνα με αυτή την ταξινόμηση, οι δραστηριότητες των εργαστηριακών επιστημών χαρακτηρίζονται από μια σχεδόν αυτόνομη «εσωτερική ζωή» στην οποία διακρίνονται τρεις επιμέρους οντότητες - Ιδέες, Κόσμος και Τεκμήρια - που βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση και υπόκεινται σε διαρκή μετασχηματισμό ως αποτέλεσμα αυτής της αλληλεπίδρασης. Στις Ιδέες περιλαμβάνονται θεωρητικές έννοιες και μοντέλα, θεωρίες και πεποιθήσεις, στην κατηγορία Κόσμος εντάσσονται οι υλικές οντότητες όπως το δείγμα, οι συσκευές συλλογής δεδομένων και τα ακατέργαστα δεδομένα, ενώ ως Τεκμήρια αναφέρονται τα δεδομένα όλων των τύπων που έχουν υποστεί οποιασδήποτε μορφής επεξεργασία. Το μοντέλο ΙΚΤ, προτείνει

δραστηριότητες που θα εξασφαλίσουν τη σύνδεση όλων των παραπάνω οντοτήτων με όλους τους συνδυασμούς. Στην παρούσα έρευνα αναζητήθηκε η συσχέτιση της αποτελεσματικότητας μιας ΔΜΑ, με τον αριθμό των συνδέσεων μεταξύ των επιμέρους οντοτήτων που δημιουργούνται κατά την εκτέλεση των δραστηριοτήτων της.



Εικόνα 2: Το μοντέλο Ιδέες – Κόσμος – Τεκμήρια (Τσελφές, 2003)

2. Μεθοδολογία

Η ΔΜΑ

Αρχικά, σχεδιάστηκε μια ΔΜΑ 5 διδακτικών σεναρίων για βασικές έννοιες Οικολογίας (ΔΜΑ 1). Το θεωρητικό πλαίσιο που καθοδήγησε το σχεδιασμό ήταν το μοντέλο της εκπαιδευτικής επανοικοδόμησης (Duit, 2007), που παρουσιάζεται στην εικόνα 1. Κάθε διδακτικό σενάριο, σχεδιάστηκε έχοντας ως στόχο να συμβάλλει στη διαχείριση συγκεκριμένων εναλλακτικών ιδεών των μαθητών σχετικά με έννοιες τις Οικολογίας, με την επιδίωξη οι τελευταίοι να μετακινηθούν πλησιέστερα προς τις επιστημονικές θέσεις. Μια ενδεικτική αντιστοίχιση των σεναρίων με τις κεντρικές έννοιες που πραγματεύονται, παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Η ΔΜΑ1 εκ των υστέρων αναλύθηκε με βάση το μοντέλο Ι-Κ-Τ. Ακολούθησε τροποποίηση της με προσθήκη επιλεγμένων δραστηριοτήτων, με σκοπό να περιλαμβάνονται σε κάθε σενάριο όλες οι δυνατές συνδέσεις μεταξύ των επιμέρους οντοτήτων, που προβλέπονται από το μοντέλο. Έτσι, προέκυψε τη ΔΜΑ2. Η ΔΜΑ1 και η ΔΜΑ2 εφαρμόστηκαν σε δυο διαφορετικά τμήματα Γ τάξης Γυμνασίου (με 18 μαθητές το καθένα) και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν μεταξύ τους για να διαπιστωθεί ποιοι μαθητές ωφελήθηκαν γνωστικά περισσότερο. Η υπόθεση που ελέγχεται είναι ότι αν ωφελούνται περισσότερο οι μαθητές που παρακολούθησαν τη ΔΜΑ 2, τότε το μοντέλο Ι-Κ-Τ, όταν χρησιμοποιείται ως εργαλείο σχεδιασμού, αυξάνει την αποτελεσματικότητα των σχεδιαζόμενων ΔΜΑ.

Πίνακας 1: Αντιστοίχιση διδακτικών σεναρίων-κεντρικών εννοιών-συνδέσεων

Διδακτικό σενάριο	Κεντρικές έννοιες	Ερωτήσεις ανίχνευσης εναλλακτικών ιδεών	Συνδέσεις	
			ΔΜΑ 1	ΔΜΑ2
1ο	Δομή - χαρακτηριστικά οικοσυστήματος	1, 2	Κ → Τ Ι ↔ Τ	όλες
2ο	Ανάπτυξη - θρέψη φυτών	3, 7	Κ → Τ Ι ↔ Τ	όλες
3ο	Ροή ενέργειας - Τροφικές σχέσεις	1, 2, 5, 8	Κ ↔ Τ Ι ↔ Κ	όλες
4ο	Οικολογική διαδοχή	4, 6, 7	Ι ↔ Τ Κ → Ι	όλες
5ο	Βιοποικιλότητα	1, 2, 6, 8	Κ ↔ Τ Ι → Τ Κ → Ι	όλες

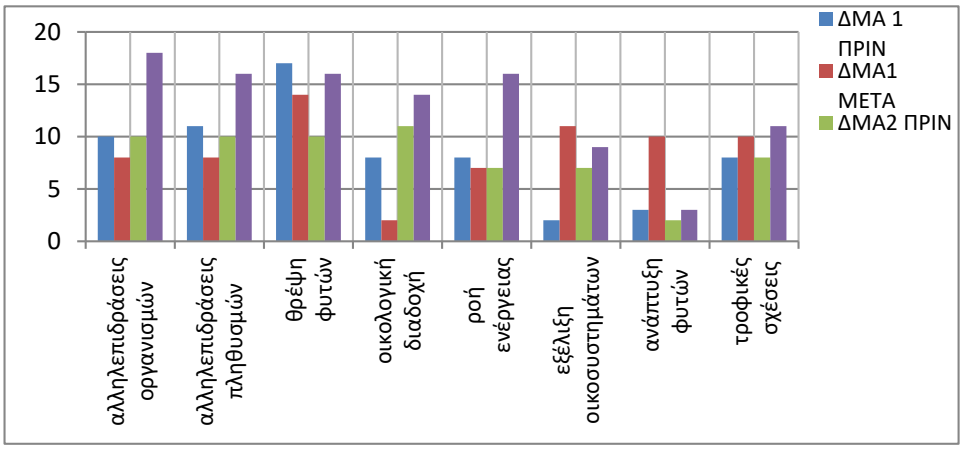
Η αξιολόγηση της ΔΜΑ

Μετά την εφαρμογή της παραπάνω, ίδιας - ως προς το περιεχόμενο - ΔΜΑ στα δυο διαφορετικά τμήματα, ακολούθησε η περιγραφική ανάλυση και σύγκριση των αποτελεσμάτων. Τα δεδομένα αντλήθηκαν κυρίως από ένα ερωτηματολόγιο ανίχνευσης ιδεών, που σχεδιάστηκε για τους σκοπούς της έρευνας και δόθηκε προς συμπλήρωση πριν και μετά τη διδασκαλία. Στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής του ερωτηματολογίου, δίνονταν ως πιθανές απαντήσεις σε κάθε ζητούμενο ευρέως διαδεδομένες εναλλακτικές ιδέες, όπως αυτές προέκυψαν από τη βιβλιογραφική έρευνα. Η ανάλυση εστίασε στο είδος και τον αριθμό των εναλλακτικών ιδεών που φάνηκε να εγκαταλείπονται από τους μαθητές μετά τη διδασκαλία.

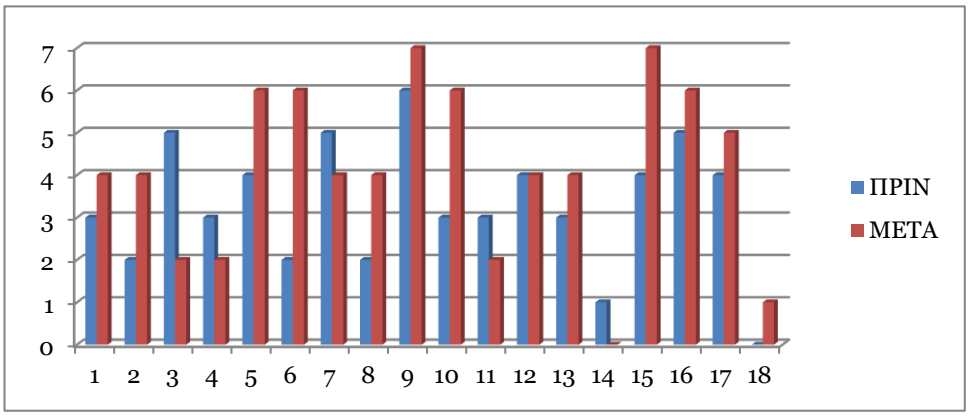
3. Αποτελέσματα

Στο τμήμα εφαρμογής της ΔΜΑ 2 οι σωστές απαντήσεις αυξήθηκαν σε κάθε ερώτηση (Σχήμα 1). Η πιο μεγάλη μεταστροφή προς την επιστημονική άποψη παρατηρήθηκε στις ερωτήσεις που ασχολούνται με τις αλληλεπιδράσεις των πληθυσμών και τις αυξομειώσεις των μεγεθών τους (ερωτ. 1,2), με τη θρέψη των φυτών (ερώτ. 3) και τη ροή ενέργειας (ερώτ. 5). Αντίθετα, στην ομάδα εφαρμογής της ΔΜΑ 1, στις περισσότερες ερωτήσεις μειώθηκε ο αριθμός των σωστών απαντήσεων (Σχήμα 1). Εξαίρεση, η αξιοσημείωτη βελτίωση στις τρεις ερωτήσεις που περιλάμβαναν εναλλακτικές ιδέες για την εξέλιξη των οικοσυστημάτων (ερώτ. 6) και για την ανάπτυξη των φυτών (ερώτ. 7).

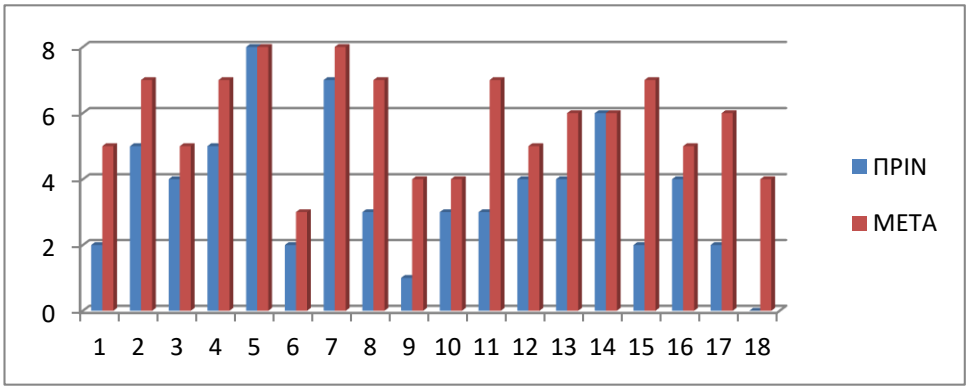
Στο τμήμα εφαρμογής της ΔΜΑ 2, η μεγάλη πλειοψηφία των μαθητών (16/18) αύξησε τον αριθμό των σωστών απαντήσεων (Σχήμα 3). Στο τμήμα εφαρμογής της ΔΜΑ 1, λιγότεροι σε σχέση με το τμήμα εφαρμογής της ΔΜΑ 2, αλλά και πάλι η πλειοψηφία (12/18) αύξησαν το σύνολο των σωστών απαντήσεων τους (Σχήμα 2), ενώ υπήρχε και ένας αριθμός συμμετεχόντων που τον μείωσε (5/18).



Σχήμα 1: Σωστές απαντήσεις ανά ερώτηση πριν και μετά από κάθε ΔΜΑ



Σχήμα 2: Σύνολο σωστών απαντήσεων ανά μαθητή (ΔΜΑ 1)



Σχήμα 3: Σύνολο σωστών απαντήσεων ανά μαθητή (ΔΜΑ 2)

4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Από την περιγραφική ανάλυση των αποτελεσμάτων φαίνεται ότι ο σχεδιασμός των δραστηριοτήτων που βασίζεται στο μοντέλο ΙΚΤ ενισχύει τα αποτελέσματα της μάθησης. Η μετακίνηση των μαθητών πλησιέστερα προς την επιστημονική άποψη για τις περισσότερες έννοιες πραγματοποιήθηκε στο τμήμα εφαρμογής της ΔΜΑ 2. Επίσης, στο ίδιο τμήμα (ΔΜΑ 2) ευνοήθηκε η συνολική κατανόηση για περισσότερους συμμετέχοντες, συγκριτικά με το τμήμα εφαρμογής της ΔΜΑ 1.

Ωστόσο είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη, ότι τα αποτελέσματα της μάθησης δεν επηρεάζονται μόνο από έναν παράγοντα, εν προκειμένω του είδους της ΔΜΑ που εφαρμόστηκε σε κάθε τμήμα. Γι' αυτό είναι αναγκαίο η έρευνα να συνεχιστεί και να εμπλουτιστεί με νέα δεδομένα που θα συνεισφέρουν στην εξαγωγή συμπερασμάτων για την αποτελεσματικότητα του μοντέλου ως εργαλείου σχεδιασμού.

5. Βιβλιογραφία

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 Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, 259-265. Αθήνα: ΠΤΔΕ, ΕΚΠΑ. ISBN:960-87683-0-6

Burrow, A. K. (2018). Teaching introductory ecology with problem-based learning. *The Bulletin of the Ecological Society of America*, *99*(1), 137–150.

Cid, C. R., & Pouyat, R. V. (2013). Making ecology relevant to decision making: The human-centered, place-based approach. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *11*(8), 447–448.

Duit, R. (2007). Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *3*(1), 3–15.

Hacking, I. (1992). The self-vindication of the laboratory sciences. Στο A. Pickering (επιμ.) *Science as practice and culture*, Chicago: University of Chicago Press, σ. 29-64. ISBN: 978-0226668017.

Hoskinson, A.-M., Barger, N. N., & Martin, A. P. (2014). Keys to a Successful Student-Centered Classroom: Three Recommendations. *Bulletin of the Ecological Society of America*, *95*(3), 281–292. https://doi.org/10.1890/0012-9623-95.3.281

Jordan, R., Singer, F., Vaughan, J., & Berkowitz, A. (2009). What should every citizen know about ecology? *Frontiers in Ecology and the Environment*, *7*(9), 495–500. https://doi.org/10.1890/070113

Ju, E. J., & Kim, J. G. (2011). Using soil seed banks for ecological education in primary school. *Journal of Biological Education*, *45*(2), 93–101.

Knapp, A. K., & D'Avanzo, C. (2010). Teaching with principles: Toward more effective pedagogy in ecology. *Ecosphere*, *1*(6), 1–10. https://doi.org/10.1890/ES10-00013.1

Lewinsohn, T. M., Attayde, J. L., Fonseca, C. R., Ganade, G., Jorge, L. R., Kollmann, J., Overbeck, G. E., Prado, P. I., Pillar, V. D., & Popp, D. (2015). Ecological literacy and beyond: Problem-based learning for future professionals. *Ambio*, *44*, 154–162.

Long, T. H. (2014). *Effects of the claims-evidence-reasoning writing framework on teaching and learning in eighth grade science*.

Magntorn, O., & Helldén, G. (2007). Reading nature from a 'bottom-up' perspective. *Journal of Biological Education*, *41*(2), 68–75. https://doi.org/10.1080/00219266.2007.9656065

Nordlund, L. M. (2016). Teaching ecology at university—Inspiration for change. *Global Ecology and Conservation*, *7*, 174–182. https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.06.008

Διδακτικές Παρεμβάσεις σε Μαθητές/Μαθήτριες Λυκείου στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών με τη Χρήση ενός Παιδαγωγικού Πράκτορα σε Συνεργατικό Πλαίσιο

Σιλβέστρα Σακελλαρίου[1], Άγγελος Σοφιανίδης[2], Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης[3]
[1]Υποψήφια Διδάκτορας, [2]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, [3]Καθηγητής
[1,3]Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης,
[2]Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία πιλοτική εφαρμογή που εστιάζει στην εξοικείωση των μαθητών /μαθητριών Λυκείου με τη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών. Η προσέγγιση πραγματοποιείται με τη χρήση ενός Παιδαγωγικού Πράκτορα (ΠΠ) και αποτιμώνται η αποδοχή και η αποτελεσματικότητά του. Ο ΠΠ αναπτύχθηκε με τις αρχές της επαυξημένης πραγματικότητας και εφαρμόζεται σε μικρές ομάδες που εργάζονται σε συνεργατικό πλαίσιο.

Abstract

This paper presents a pilot study that aims in familiarization with the Control of Variables Strategy for senior high school students. The approach adopted was through the use of a Pedagogical Agent (PA) and its acceptance and effectiveness are evaluated. The PA was developed with the principles of augmented reality and is implemented in a small-group collaborative framework.

Λέξεις κλειδιά: στρατηγική ελέγχου μεταβλητών, παιδαγωγικός πράκτορας, συνεργατική μάθηση, επαυξημένη πραγματικότητα

Key words: control of variables strategy, pedagogical aagent, collaborative learning, augmented reality

1. Εισαγωγή

Τα Συστήματα Διαχείρισης Μάθησης (ΣΔΜ) στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση χρησιμοποιήθηκαν ευρέως κατά τη διάρκεια της πανδημίας λόγω αναστολής λειτουργίας των σχολείων. Παρά το γεγονός ότι τα χαρακτηριστικά τους έχουν πολλές δυνατότητες αξιοποίησης στην τάξη, η ταυτόχρονη ενσωμάτωση παράλληλα με τη σύγχρονη εκπαίδευση είναι περιορισμένη καθώς υπάρχουν πολλές προκλήσεις. Οι μεγαλύτερες προκλήσεις στην εξ αποστάσεως εκπαίδευση είναι η πρόωρη εγκατάλειψη, η μειωμένη συμμετοχή και παρακολούθηση. (Chen et al., 2020˙ El Mhouti et al., 2016). Η πρόωρη εγκατάλειψη δεν αφορά μόνο την εξ αποστάσεως εκπαίδευση αλλά και την ενσωμάτωση των ΣΔΜ στην δια ζώσης διδασκαλία (Koutsakas et al., 2020˙ Psycharis et al., 2013). Οι μαθητές/μαθήτριες αισθάνονται απομονωμένοι, χάνουν το κίνητρό τους για μάθηση και συμμετοχή, δεν έχουν χρόνο, έχουν ελλιπείς ικανότητες αυτοδιαχείρισης ή το μάθημα έχει φτωχό σχεδιασμό (Alonso-Mencía et al., 2019˙ Chen et al., 2020˙ Rice et al., 2020)

Η Συνεργατική Μάθηση με Υποστήριξη Υπολογιστή (ΣΜΥΥ) αποτελεί μία προσέγγιση όπου οι μαθητές/μαθήτριες συνεργάζονται χρησιμοποιώντας ψηφιακή τεχνολογία είτε ως μέσο επικοινωνίας είτε ως μέσο εύρεσης πόρων (ο όρος υπολογιστής παρατίθεται με την ευρύτερη έννοια του όρου και συμπεριλαμβάνονται και φορητές συσκευές). Ενώ η συνεργατική μέθοδος διδασκαλίας έχει πλέον εδραιωθεί ως προς την αποτελεσματικότητά της για την προαγωγή της μάθησης, την διατήρηση κινήτρων και τη βελτίωση στάσεων, στη ΣΜΥΥ απαιτείται πιο προσεκτικός σχεδιασμός αφού ο εκπαιδευτικός απουσιάζει και δε μπορεί να

παρέμβει για την εξασφάλιση ενεργούς εμπλοκής και συμμετοχής των μαθητών/μαθητριών στην εκπαιδευτική διαδικασία (Barkley et al., 2014). Για την αντιμετώπιση αυτής της πρόκλησης, οι ερευνητές κατευθύνθηκαν στην ανάπτυξη των Παιδαγωγικών Πρακτόρων (ΠΠ). Οι ΠΠ προσπαθούν να διατηρούν την προσοχή των μαθητών εστιασμένη στην εκπαιδευτική δραστηριότητα, καθοδηγούν μία ομάδα μαθητών/μαθητριών προκειμένου να επιλύσουν ένα κοινό πρόβλημα κι ενθαρρύνουν τη συνεργασία και το διάλογο ανάμεσα στα μέλη της ομάδας. Έρευνες δείχνουν ότι οι ΠΠ έχουν θετική επίδραση στη μάθηση, στα κίνητρα στην καλλιέργεια δεξιοτήτων (Δημητριάδης, 2015).

Επομένως, οι ΠΠ συγκεντρώνουν πολλά από τα χαρακτηριστικά εκείνα που δύνανται να συντελέσουν στην πιο αποτελεσματική ενσωμάτωση των ΣΔΜ αφού με κατάλληλο σχεδιασμό μπορούν να συμβάλλουν θετικά στην ενεργή εμπλοκή των μαθητών/μαθητριών.

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία πρώιμη πιλοτική εφαρμογή της διδακτορικής διατριβής που επικεντρώνεται στην ενσωμάτωση της πλατφόρμας e-Class στη Διδασκαλία της Φυσικής προωθώντας τη συνεργατική μάθηση με έμφαση στην καλλιέργεια των πειραματικών δεξιοτήτων. Για το σκοπό αυτό αναπτύσσονται Φύλλα Εργασίας (ΦΕ) που ενσωματώνουν ένα ΠΠ κι εξετάζεται η αποτελεσματικότητά του στις στάσεις των μαθητών/μαθητριών και στη βελτίωση της δεξιότητας του Ελέγχουν των Μεταβλητών. Ο λόγος που επιλέχτηκε ο έλεγχος των μεταβλητών για την εφαρμογή των ΦΕ οφείλεται στο γεγονός ότι σύμφωνα με τα νέα αναλυτικά προγράμματα σπουδών (Ν. 144672/2021, Ν. 149118/2021), προτείνεται η διερεύνηση καθώς δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην απόκτηση γνώσεων σε μεθοδολογικές διαδικασίες, στην εξοικείωση με τις επιστημονικές μεθόδους και στην επιστημονική επιχειρηματολογία. Η Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ) είναι μία υπό-φάση των κυρίων σταδίων της διερεύνησης (Pedaste et al., 2015), αποτελεί μία θεμελιώδης ικανότητα σε όλα τα προγράμματα των Φυσικών Επιστημών και βρίσκεται στον πυρήνα της διερεύνησης καθώς οι μαθητές/μαθήτριες χωρίς αυτή δε μπορούν να σχεδιάσουν ένα έγκυρο πείραμα κι επομένως ματαιώνεται ο σκοπός της διερεύνησης.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Ποια είναι η επίδραση της παρέμβασης στην ανάπτυξη της ΣΕΜ;
- ✓ Ποια είναι η αποδοχή των ΠΠ από τους μαθητές/μαθήτριες;

2. Θεωρητικό Υπόβαθρο

Στη συνέχεια θα γίνει μία σύντομη επισκόπηση των ερευνών προκειμένου να αιτιολογηθεί η ενσωμάτωση ενός ΠΠ σε φύλλα εργασίας που δύναται να ενσωματωθούν στην e-Class καθώς επίσης και η επιλογή ανάπτυξης της ΣΕΜ.

Παιδαγωγικοί Πράκτορες

Ο «παιδαγωγικός πράκτορας» είναι μια έννοια δανεισμένη από την επιστήμη των υπολογιστών και την τεχνητή νοημοσύνη και εφαρμόζεται στην εκπαίδευση, συνήθως ως μέρος ενός ευφυούς συστήματος διδασκαλίας (ITS). Είναι μια προσομοιωμένη ανθρώπινη διεπαφή μεταξύ του εκπαιδευόμενου και του περιεχομένου σε ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον, δηλαδή, αναφέρεται σε ένα χαρακτήρα επί της οθόνης που ενεργεί σε ένα ψηφιακό μαθησιακό περιβάλλον προκειμένου να εκπληρώσει συγκεκριμένους εκπαιδευτικούς στόχους. Αν και αρχικά οι παιδαγωγικοί πράκτορες απευθύνονταν σε εξατομικευμένη διδασκαλία, η νέα τάση είναι να μην « προσπαθεί απλώς να επικοινωνήσει μόνο με έναν μαθητή ατομικά αλλά με την ομάδα μαθητών/μαθητριών, οι οποίοι συνεργάζονται μεταξύ τους προκειμένου να κατανοήσουν και να επιλύσουν ένα πρόβλημα». (Δημητριάδης, 2015, σ. 137)

Οι παιδαγωγικοί πράκτορες επιδρούν στο συναισθηματικό τομέα των εκπαιδευομένων. Έρευνες δείχνουν ότι διατηρούν το ενδιαφέρον των μαθητών/μαθητριών και τα κίνητρα μάθησης ενισχύονται (Schroeder & Adesope, 2014), όταν είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να ενθαρρύνουν την προσπάθειά τους και να εντείνουν την επιμονή των μαθητών /μαθητριών στην εστίαση του προβλήματος. Στην αύξηση κινήτρων συμβάλλουν οι ΠΠ όταν καθοδηγούν

τους μαθητές/μαθήτριες με ένα διασκεδαστικό τρόπο (Daradoumis et al., 2013). Επίσης, ένα ακόμα πλεονέκτημα των ΠΠ είναι η επίδρασή τους στη μείωση του άγχους των μαθητών/μαθητριών καθώς οι μαθητές/μαθήτριες προτιμούν την καθοδήγηση των ΠΠ αφού δεν είναι επικριτικοί σε ενδεχόμενες λανθασμένες απαντήσεις. (Sofianidis, 2022).

Επίσης οι ΠΠ συμβάλλουν σε αυξημένα μαθησιακά οφέλη. Στη βιβλιογραφική επισκόπηση των Martha & Santoso (2019) βρέθηκε ότι οι μαθητές/μαθήτριες που κάνουν χρήση των ΠΠ έχουν αυξημένες επιδόσεις κι αυτό το αποδίδουν είτε στη μείωση του άγχους είτε στη θετική στάση των μαθητών/μαθητριών. Παρομοίως, αυξημένα οφέλη βρέθηκαν και στην επισκόπηση των Bendou et al. (2017) όταν οι ΠΠ σχεδιαστούν κατάλληλα και επισημαίνουν τη σημασία της παιχνιδοποίησης και την άμεση ανατροφοδότηση. Τότε, οι ΠΠ δρουν ως σκαλωσιά και διευκολύνουν τη μάθηση.

Η Στρατηγική Ελέγχου των Μεταβλητών (ΣΕΜ)

Με τον όρο «στρατηγική ελέγχου μεταβλητών» (ΣΕΜ) εννοούμε τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσει κάποιος στη σχεδίαση ενός πειράματος, ώστε αλλάζοντας μία συγκεκριμένη μεταβλητή να μπορεί να εξάγει ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με την επίδραση της συγκεκριμένης μεταβλητής στο υπό μελέτη σύστημα.

Η ΣΕΜ είναι μία γνωστικά απαιτητική διαδικασία, τόσο από άποψη διαδικαστική όσο και εννοιολογική, καθώς απαιτούνται δεξιότητες λογικής σκέψης (Chen & Klahr, 1999) αλλά και επιστημονικής επιχειρηματολογίας (Erlina et al., 2018). Οι έρευνες δείχνουν ότι η ΣΕΜ δυσκολεύει τους εκπαιδευόμενους σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης και σε μεγάλο ποσοστό ακολουθούν λανθασμένες πρακτικές ακόμα και μετά από ειδικά σχεδιασμένες παρεμβάσεις (Ζουπίδης κ.ά., 2018˙ Boudreaux et al., 2008˙ Tairab 2016).

Υπάρχουν προτάσεις που υποστηρίζουν ότι η καλύτερη πρακτική για την κατάκτηση της δεξιότητας είναι η έμμεση διδασκαλία μέσω πειραματισμού (Dean & Kuhn, 2007), η ρητή διδασκαλία (Klahr & Nigam, 2004) ή ο συνδυασμός αυτών των δύο (Lorch et al., 2010). Οι Ζουπίδης κ.ά. (2018) σε μία έρευνα με φοιτήτριες νηπιαγωγούς συνέκριναν την έμμεση διδασκαλία με καθοδηγούμενη διερεύνηση και τη ρητή διδασκαλία με καθοδηγούμενη διερεύνηση και κατέληξαν ότι η τελευταία έχει καλύτερα αποτελέσματα στη βελτίωση της ΣΕΜ. Επιπλέον, οι Schwichow et al. (2016) υποστηρίζουν ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα υπερέχουν όταν η ΣΕΜ διδάσκεται μεμονωμένα χωρίς τη διεξαγωγή πειραμάτων καθώς οι μαθητές/μαθήτριες δεν υπερφορτώνονται κι επισημαίνουν την αξία της άμεσης ανατροφοδότησης.

Συνοψίζοντας, οι ΠΠ συμβάλλουν θετικά στη μάθηση και στα κίνητρα των μαθητών/μαθητριών όταν σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ενισχύουν το διάλογο ανάμεσα στα μέλη της ομάδας, να δίνουν άμεση ανατροφοδότηση, να καθοδηγούν τους μαθητές/μαθήτριες, να εστιάζουν την προσοχή τους στο πρόβλημα προς επίλυση και να εμπεριέχουν στοιχεία παιχνιδοποίησης. Επίσης, οι έρευνες σχετικά με τη ΣΕΜ έδειξαν ότι είναι μία δύσκολη δεξιότητα και ο συνδυασμός της ρητής διδασκαλίας χωρίς τη διεξαγωγή πειραμάτων και η άμεση ανατροφοδότηση δίνουν τα καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα. Στην παρούσα μελέτη επιλέγεται η διδασκαλία της ΣΕΜ χωρίς ταυτόχρονη εκτέλεση πειράματος από τους μαθητές/μαθήτριες καθώς ο χειρισμός των τάμπλετ για την παρακολούθηση του ΠΠ μέσω της εφαρμογής επαυξημένης πραγματικότητας metaverse κρίνεται ότι θα αποτελούσε ένα επιπλέον παράγοντα γνωστικής υπερφόρτωσης.

3. Μεθοδολογία

Οι συμμετέχοντες στην έρευνα ήταν 4 μαθητές/μαθήτριες στην Α΄ τάξη Λυκείου που χωρίστηκαν σε δύο διμελείς ομάδες εκτός σχολικού ωραρίου στα πλαίσια ενός Science Club.

Αναπτύχθηκαν 5 φύλλα εργασίας που μελετούν την επίδραση 2 ανεξάρτητων μεταβλητών σε μία εξαρτημένη μεταβλητή. Όλα τα φύλλα εργασίας έχουν παρόμοια δομή με το 4ο ΦΕ που παρουσιάζεται στο παράρτημα και ξεκινούν με μία σύντομη ιστορία με ένα πρόβλημα

καθημερινότητας. Υπάρχουν δύο προβλήματα που είναι γενικών γνώσεων (το 1ο και το 3ο) και τρία (2ο, 4ο και 5ο) που αφορούν τη Φυσική. Για παράδειγμα, στο ΦΕ που παρουσιάζεται στο Παράρτημα, δυο αδελφές καλούνται να επιλέξουν πως επιδρά το πάχος του σύρματος (1η ανεξάρτητη μεταβλητή) και ο αριθμός των σπειρών (2η ανεξάρτητη μεταβλητή) στη σκληρότητα του ελατηρίου (εξαρτημένη μεταβλητή). Σύμφωνα με την ιστορία, οι δυο αδελφές για να αποφανθούν, αγόρασαν 4 ελατήρια, ένα από κάθε τύπο (λεπτό σύρμα με λίγες σπείρες, λεπτό σύρμα με πολλές σπείρες, παχύ σύρμα με λίγες σπείρες, παχύ σύρμα με πολλές σπείρες). Οι μαθητές/μαθήτριες καλούνται να εφαρμόσουν τη ΣΕΜ μέσα από 6 ερωτήσεις: Παρουσιάζονται σχηματικά οι 4 καταστάσεις των δυο ανεξάρτητων μεταβλητών (πολλές-λίγες σπείρες, λεπτό-παχύ σύρμα του ελατηρίου) και οι μαθητές/μαθήτριες καλούνται να προσδιορίσουν ποιες παράμετροι αλλάζουν σε κάθε κατάσταση & ποιο θα είναι το προβλεπόμενο αποτέλεσμα (ερωτήσεις 1 & 2). Στη συνέχεια, καλούνται να συμπληρώσουν τον Πίνακα αλήθειας για τις συγκρίσεις των 6 διαφορετικών πιθανών καταστάσεων (ερώτηση 3) και να αποφανθούν ποιες από τις παραπάνω συγκρίσεις θα δώσουν έγκυρο αποτέλεσμα σχετικά με την 1η ανεξάρτητη μεταβλητή (αριθμός σπειρών του ελατηρίου - ερώτηση 4), σχετικά με τη 2η ανεξάρτητη μεταβλητή (πάχος του σύρματος του ελατηρίου - ερώτηση 5) και ποιες συγκρίσεις δεν θα δώσουν έγκυρο αποτέλεσμα (ερώτηση 6).

Το πρώτο φύλλο εργασίας (ΦΕ) ήταν το διαγνωστικό και συμπληρωνόταν ατομικά από τους μαθητές/μαθήτριες ενώ στη συνέχεια ακολούθησε συζήτηση των απαντήσεων των μαθητών. Στο 2ο ΦΕ ελέγχθηκε η επίδραση της συζήτησης με τους μαθητές/μαθήτριες στο 3ο και 4ο ΦΕ ενσωματώθηκαν οι ΠΠ και στο 5ο και τελικό ΦΕ αξιολογήθηκε η παρέμβαση.

Οι ΠΠ στα ΦΕ ήταν δύο: Η Νεφέλη και ο Οδυσσέας. Η «Νεφέλη» έδινε οδηγίες δίνοντας έμφαση στη διαδικασία της ΣΕΜ χωρίς να αναφέρεται στις συγκεκριμένες μεταβλητές του κάθε προβλήματος, δηλαδή ήταν κοινή και στο 3ο και 4ο ΦΕ ενώ ο «Οδυσσέας» αναφερόταν στο συγκεκριμένο πρόβλημα του κάθε ΦΕ και στην καθοδήγησή του έκανε αναφορές στις συγκεκριμένες μεταβλητές του προβλήματος. Για παράδειγμα, σε όλα τα ΦΕ η ερώτηση 4 ζητούσε από τους μαθητές/μαθήτριες να επιλέξουν τις δύο κατάλληλες συγκρίσεις για την επίδραση μίας ανεξάρτητης μεταβλητής αλλά και να προσδιορίσουν ποια σύγκριση από αυτές τις δύο θα επέλεγαν να πραγματοποιήσουν και γιατί. Η «Νεφέλη» έλεγε: «Αν αλλάζει μόνο μία παράμετρος, τότε η σύγκριση είναι έγκυρη και μπορούμε να βγάλουμε συμπέρασμα. Αν αλλάζουν δύο ή περισσότερες παράμετροι, τότε η σύγκριση δεν επιτρέπει να βγάλουμε ασφαλή συμπεράσματα. Η καλύτερη σύγκριση θα είναι εκείνη όπου θα φαίνεται καθαρά και με μεγάλη διαφορά η επίδραση σε αυτό που μετράμε. Συζητήστε μεταξύ σας.» Στην ίδια ερώτηση ο «Οδυσσέας» έλεγε: «Για να είναι έγκυρη η σύγκριση πρέπει να αλλάζει μόνο μία μεταβλητή: ή ο αριθμός των σπειρών ή το πάχος του σύρματος. Η επίδραση του αριθμού των σπειρών στην επιμήκυνση φαίνεται από δύο συγκρίσεις. Η μία σύγκριση είναι με λεπτό σύρμα και η άλλη είναι με παχύ σύρμα. Ποια σύγκριση θα προτείνατε για να φαίνεται καλύτερα η διαφορά στην επιμήκυνση ανάμεσα στις δύο συγκρίσεις; Συζητήστε μεταξύ σας»

Στην παρέμβαση, στο 3ο ΦΕ, Η «Νεφέλη» καθοδηγούσε την ομάδα Α κι ο «Οδυσσέας» την ομάδα Β ενώ στο 4ο ΦΕ αντίστροφα - η «Νεφέλη» την ομάδα Β κι ο «Οδυσσέας» την Α.

Ο έλεγχος των μεταβλητών εξετάστηκε με ατομικά έργα μέσω των ΦΕ και στις δύο ανεξάρτητες μεταβλητές. Η ΣΕΜ αξιολογήθηκε στην απόρριψη των μη έγκυρων συγκρίσεων και στον προσδιορισμό των έγκυρων συγκρίσεων. Επιπλέον στα ΦΕ που εφαρμόστηκαν υπήρχε μία επιπλέον ερώτηση σε σύγκριση με τα συνήθη τεστ της ΣΕΜ, καθώς προέκυπταν δύο έγκυρες συγκρίσεις όπου οι μαθητές/μαθήτριες έπρεπε να επιλέξουν τη μία από τις δύο έγκυρες συγκρίσεις λόγω ενός περιορισμού που είχε τεθεί στην αρχική ιστορία. Η αξιολόγηση περιλάμβανε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής καθώς και ανάπτυξη κειμένου όπου οι μαθητές/μαθήτριες κλήθηκαν να αιτιολογήσουν τις επιλογές τους.

Για την κατάταξη των απαντήσεων αναπτύχθηκαν ρουμπρίκες για την αξιολόγηση της κάθε συνιστώσας της ΣΕΜ ξεχωριστά. Πιο συγκεκριμένα για την αξιολόγηση της απόρριψης των μη έγκυρων συγκρίσεων και τον προσδιορισμό των έγκυρων μετρήσεων η ρουμπρίκα αξιολόγησης ήταν μία τετραβάθμια (0, 1, 2, και 3) όπου το 0 αντιστοιχούσε σε Καμία ή

Λανθασμένη απάντηση, το 1 σε Μία Σωστή επιλογή με μερικώς ορθή αιτιολόγηση, το 2 με Δύο Σωστές Επιλογές με ατελής/όχι πλήρης αιτιολόγηση και το 3 με Δύο Σωστές επιλογές με πλήρη αιτιολόγηση.

Για την τελική επιλογή της μίας εκ των δύο έγκυρων συγκρίσεων οι μαθητές/μαθήτριες βαθμολογήθηκαν ως ακολούθως: το 0 αντιστοιχούσε σε καμία ή άστοχη απάντηση, το 1 σε Λάθος ή ελλιπείς προκείμενες προτάσεις που δεν οδηγούν σε συμπέρασμα, το 2 σε λάθος συλλογισμό αλλά με διατύπωση συμπεράσματος, το 3 σε Έγκυρο συμπέρασμα αλλά ελλιπής αιτιολόγηση ενώ το 4 αντιστοιχούσε σε Ορθές και πλήρεις προκείμενες προτάσεις – Έγκυρο και πλήρες συμπέρασμα.

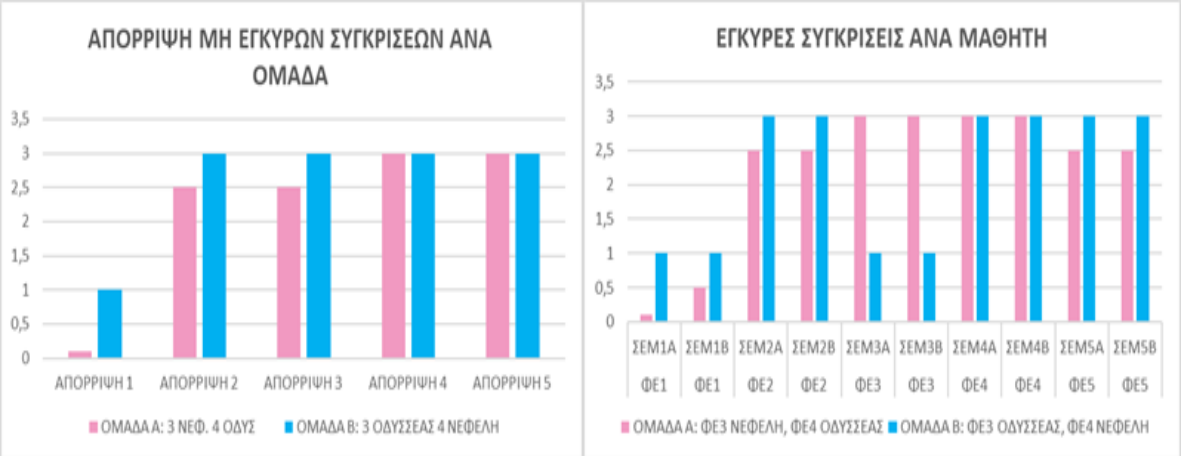
Για την αποδοχή των ΠΠ χορηγήθηκε το ερωτηματολόγιο Post-Study System Usability Questionnaire (Lewis, 1992) που μεταφράστηκε στα ελληνικά από τους Katsanos et al. (2021) αφού έγιναν οι απαραίτητες τροποποιήσεις. Επίσης, η αποδοχή ελέγχθηκε με το φύλλο παρατήρησης που αναπτύχθηκε από τους Lane & Harris (2015), το οποίο συμπληρώθηκε κατά τη διάρκεια της παρέμβασης ανά τακτά χρονικά διαστήματα (3 λεπτά). Οι ενέργειες των μαθητών/μαθητριών (συμπλήρωση ΦΕ, αλληλεπίδραση με τους ΠΠ, συζήτηση, ενασχόληση με το κινητό κ.τ.λ.) κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: στην ενεργή εμπλοκή και στην μη ενεργή εμπλοκή). Στο τέλος της παρέμβασης, ακολούθησαν συνεντεύξεις των μαθητών/μαθητριών σχετικά με τη διαδικασία.

Αξίζει να αναφερθεί ότι η εφαρμογή των 5 ΦΕ εφαρμόστηκε δια ζώσης παρά το γεγονός ότι η ενσωμάτωση των ΦΕ πραγματοποιήθηκε στην e-Class και ως έγγραφο που θα μπορούσε να εκτυπωθεί αλλά και ως διαδραστική Άσκηση όπου οι μαθητές/μαθήτριες υποβάλλουν τις απαντήσεις τους ηλεκτρονικά. Κρίθηκε όμως σκόπιμο στην πιλοτική εφαρμογή οι μαθητές/μαθήτριες να διεκπεραιώσουν τις δραστηριότητες παρουσία της εκπαιδευτικού, καθώς ήταν επιθυμητό να παρακολουθούνται οι εκπαιδευόμενοι/εκπαιδευόμενες κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας και με αυτόν τον τρόπο να υπάρχει μεγαλύτερη αξιοπιστία αναφορικά με το βαθμό της ενεργού εμπλοκής τους.

4. Αποτελέσματα

Η εφαρμογή της ΣΕΜ από τους μαθητές/μαθήτριες.

Στο Σχήμα 1 παριστάνεται η εξέλιξη στην απόρριψη των μη έγκυρων συγκρίσεων καθώς και στον προσδιορισμό των έγκυρων συγκρίσεων. Η βαθμολογία της απόρριψης προκύπτει από το μέσο όρο της βαθμολογίας των μελών της κάθε ομάδας. Παρατηρείται ότι σε αυτή τη συνιστώσα του ελέγχου των μεταβλητών οι μαθητές/μαθήτριες βελτιώνονται πολύ γρήγορα και διακρίνουν ορθά τις μη έγκυρες συγκρίσεις.

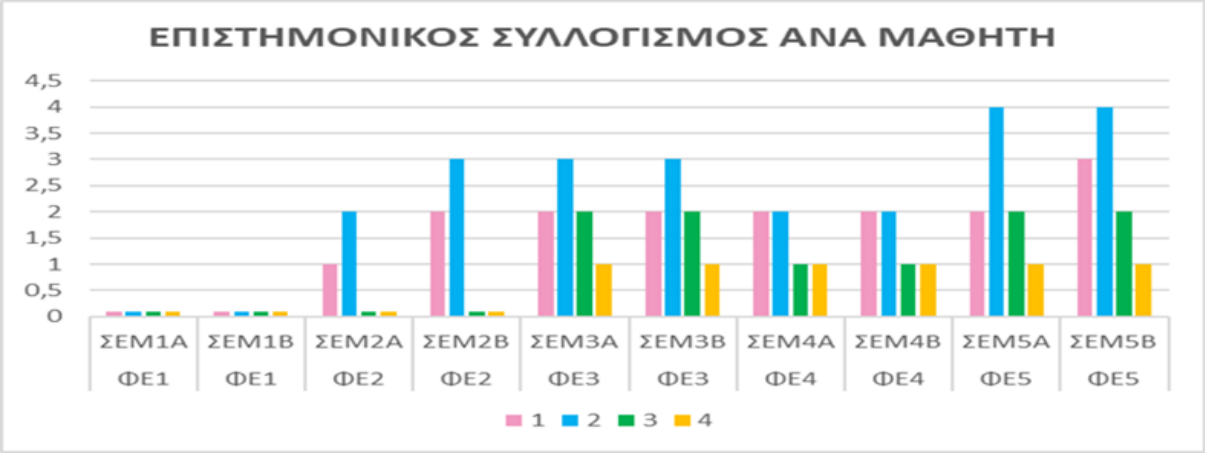


Σχήμα 1: Η εξέλιξη στη ΣΕΜ – Αριστερά η βαθμολογία στην απόρριψη μη έγκυρων συγκρίσεων ανά ομάδα – Δεξιά η βαθμολογία στον προσδιορισμό έγκυρων συγκρίσεων ανά μαθητή

Για παράδειγμα μία μαθήτρια (#1) δηλώνει στο ΦΕ2 «*Τα πειράματα 1-4 και 2-3 δεν θα οδηγήσουν σε σίγουρα αποτελέσματα διότι αλλάζουν πολλά*». Η συγκεκριμένη μαθήτρια αρχίζει να αντιλαμβάνεται το γεγονός ότι όταν αλλάζουν πολλά δε μπορούμε να συνάγουμε ασφαλή συμπεράσματα, αλλά δεν αντιστοιχεί το *πολλά* σε μεταβλητές, δεν το προσδιορίζει με σαφήνεια. Απαντάει με πλήρη σαφήνεια στο 4ο ΦΕ. Στη συνιστώσα του προσδιορισμού των έγκυρων συγκρίσεων οι μαθητές/μαθήτριες βελτιώνονται αλλά με αργότερο ρυθμό και η βαθμολογία παρουσιάζει με μεγαλύτερη διακύμανση.

Η εξέλιξη του συλλογισμού των μαθητών/μαθητριών σχετικά με τη ΣΕΜ

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέλιξη του συλλογισμού των μαθητών/μαθητριών όταν κλήθηκαν να καταγράψουν τους λόγους για τους οποίους θα επέλεγαν την μία από τις δύο έγκυρες συγκρίσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 2. Παρατηρείται ότι οι μαθητές/μαθήτριες αρχικά αδυνατούν να αιτιολογήσουν την τελική επιλογή μίας από τις δύο έγκυρες συγκρίσεις ή δεν προσδιορίζουν κάποια επιλογή ως καταλληλότερη. Στο τέλος της παρέμβασης όμως, ένας μαθητής (#2) αιτιολογεί πλήρως την ορθή επιλογή του (παραθέτοντας «*Πώς επηρεάζει η μάζα φαίνεται από τα πειράματα 1-3 και 2-4. Τα πειράματα 1-3 έχουν την ίδια δύναμη που ασκείται κι αλλάζει η μάζα. Έτσι καταλαβαίνουμε την επιρροή της στην επιτάχυνση. Επίσης λόγω της μικρής δύναμης που ασκείται έχουμε μεγάλο χρόνο κίνησης όπου βοηθάει στη βιντεοσκόπηση λόγω του μικρού πάγκου. Ενώ τα πειράματα 2-4 θα έχουν μικρό χρόνο λόγω της μεγάλης δύναμης*». *Ο* συνεργάτης του (#1) επιλέγει την ορθή απάντηση αλλά στην απόπειρα της αιτιολόγησης δεν είναι πλήρως ορθές οι προτάσεις του «*Οι συγκρίσεις για τη μάζα είναι οι 1-3 και 2-4. Τα δύο αδέλφια πρέπει να συγκρίνουν τα 1-3 για να παρατηρήσουν πως το μικρό βάρος δυσκολεύει την επιτάχυνση του σώματος από ότι στο 2-4 με πιο μεγάλο βάρος*». Στη δεύτερη ομάδα, ο ένας μαθητής (#4) απλά επιλέγει τη σωστή απάντηση αλλά δεν γράφει το συλλογισμό του ενώ άλλος μαθητής (#3) διατυπώνει συμπέρασμα αλλά με λάθος συλλογισμό.



Σχήμα 2: Η εξέλιξη του επιστημονικού συλλογισμού για κάθε μαθητή στα ΦΕ

Οι απόψεις των μαθητών/μαθητριών για την ευχρηστία των ΠΠ.

Η καταγραφή των ενεργειών των μαθητών/μαθητριών κατά τη διάρκεια της παρέμβασης έδειξε ότι οι μαθητές/μαθήτριες διατηρούν την προσοχή τους εστιασμένη στη δραστηριότητα κι εμπλέκονται ενεργά. Επισημαίνονται κάποιες διαφοροποιήσεις στα ΦΕ χωρίς ΠΠ και με ΠΠ. Στα ΦΕ με τους ΠΠ, οι μαθητές/μαθήτριες μειώνουν τη διάρκεια της ανάγνωσης των ΦΕ και αυτόν το χρόνο τον αντικαθιστούν με την αλληλεπίδραση με τους ΠΠ και με τη συζήτηση ανάμεσα στα μέλη.

Επίσης, οι μαθητές/μαθήτριες βρήκαν εύχρηστη την εφαρμογή metaverse και δεν αντιμετώπισαν δυσκολίες κατά τη χρήση της. Όλοι οι μαθητές/μαθήτριες ανεξαιρέτως δήλωσαν ότι τους άρεσε πολύ που συνεργάστηκαν και θα ήθελαν να εφαρμόζεται συχνά αυτή η μέθοδος στην τάξη. Η ενθάρρυνση του διαλόγου από τους ΠΠ βοήθησε τους

μαθητές/μαθήτριες καθώς όλοι δήλωσαν ότι επωφελήθηκαν από το συνεργάτη τους διότι (#3) «*συμπλήρωνε τις γνώσεις του*». Μια μαθήτρια επισημαίνει ότι μαθησιακό όφελος υπήρχε ειδικά στην περίπτωση διαφωνίας μεταξύ των μελών *της ομάδας καθώς «φώτιζε κι άλλες πλευρές... κι έπρεπε να σκεφτείς τρόπους να τον πείσεις»(#2)* . Οι μαθητές/μαθήτριες δήλωσαν ότι οι οδηγίες των ΠΠ μοιάζουν να μην είναι τόσο κατανοητές. Οι ΠΠ ήταν με τέτοιο τρόπο σχεδιασμένοι ώστε να μην υποδεικνύουν τη σωστή απάντηση αλλά να προωθούν τη συζήτηση κάνοντας ερωτήσεις και αυτό τους δημιουργούσε ανασφάλεια. Σε ερώτηση γιατί θεωρείς ότι δεν σε βοήθησε τόσο ο ΠΠ μία μαθήτρια απάντησε: (#2) «*Ακόμα και μετά τις οδηγίες του ΠΠ ... δεν ήμουν σίγουρη ότι απάντησα το σωστό, ...ήθελα να μου λέει τη σωστή απάντηση*» Πάντως, αξίζει να αναφερθεί ότι η συγκεκριμένη μαθήτρια ενώ δεν ήταν σίγουρη για την απάντηση ήταν η μαθήτρια που στο τελικό ΦΕ απάντησε ορθά δίνοντας μια πλήρη αιτιολογημένη απάντηση. Επιπλέον, οι μαθητές/μαθήτριες δήλωσαν ότι θα προτιμούσαν να ρωτάνε τον ΠΠ παρά τον εκπαιδευτικό γιατί «.. *δεν ντρέπομαι*» (μαθητές/μαθήτριες #2, 4#).

5. Συμπεράσματα

Εφαρμόστηκαν 5 ΦΕ που εξέταζαν τη ΣΕΜ σε 4 μαθητές/μαθήτριες που σχημάτισαν διμελείς ομάδες της Α' Λυκείου. Είχαν αναπτυχθεί δύο ΠΠ με την εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας metaverse, ο Οδυσσέας που έδινε συγκεκριμένες οδηγίες για την απάντηση του ΦΕ και η Νεφέλη που έδινε οδηγίες με αναφορές στη διαδικασία του ελέγχου των μεταβλητών. Η κάθε ομάδα καθοδηγήθηκε και από τους 2 ΠΠ εναλλάξ στο 3ο και 4ο ΦΕ.

Από τις γραπτές απαντήσεις των μαθητών /μαθητριών βρέθηκε ότι οι μαθητές/μαθήτριες βελτιώθηκαν στη ΣΕΜ. Πιο γρήγορα βελτιώνονται στην απόρριψη των μη έγκυρων συγκρίσεων και στη συνέχεια βελτιώνονται στον προσδιορισμό των έγκυρων συγκρίσεων. Παράλληλα, οι μαθητές/μαθήτριες ανέπτυξαν τον επιστημονικό τους συλλογισμό. Αυτό το εύρημα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς ο επιστημονικός συλλογισμός έχει βρεθεί ότι έχει μακροπρόθεσμα μαθησιακά οφέλη (Bao et al., 2009).

Σε επόμενο στάδιο θα εισαχθούν περισσότερα στοιχεία παιχνιδοποίησης, θα μπορούσε να δημιουργηθεί μία διαβάθμιση καθοδήγησης ή ακόμα και μια συγκριτική μελέτη ανάμεσα στη συνεργατική μάθηση χωρίς ΠΠ και με ΠΠ. Επίσης, θα ήταν ενδιαφέρουσα μία σύγκριση ανάμεσα στους ΠΠ και να διερευνηθεί ποιος από τους δύο προσφέρει καλύτερη υποβοήθηση ανάλογα με τα είδη κινήτρων ή μάθησης των μαθητών/μαθητριών.

6. Βιβλιογραφία

Δημητριάδης, Σ. (2015). *Θεωρίες μάθησης και εκπαιδευτικό λογισμικό*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. ISBN: 978-960-603-097-0. http://dx.doi.org/10.57713/kallipos-665

Ζουπίδης, Α., Στράγγας, Α και Καριώτογλου, Π. (2018) Η επίδραση της ρητής διδασκαλίας της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών στην κατανόηση της μεθόδου από φοιτήτριες Νηπιαγωγούς. Στο Μ. Καλογιαννάκης (Επιμ.) *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Προκλήσεις και Προοπτικές, Gutenberg*. ISBN: 978-960-01-1927-5

Alonso-Mencía, E. M., Alario-Hoyos, C., Maldonado-Mahauad, J., Estévez-Ayres, I., Pérez-Sanagustín, M., & Delgado Kloos, C. (2019). *Self-regulated learning in MOOCs: Lessons learned from a literature review: Educational Review, 72* (3). https://doi.org/10.1080/00131911.2019.1566208

Bao, L., Cai, T., Koenig, K., Fang, K., Han, J., Wang, J., Liu Q., Ding L., Cui L., Luo Y., Wang Y., Li L., & Wu, N. (2009). Learning and scientific reasoning. *Science*, *323*(5914), 586-597. https://doi.org/10.1126/science.1167740

Barkley, E. F., Major, C. H., & Cross, K. P. (2014). *Collaborative learning techniques: A handbook for college faculty*. John Wiley & Sons. ISBN: 938-0-7879-5518-2

Bendou, K., Megder, E., & Cherkaoui, C. (2017). Animated pedagogical agents to assist learners and to keep them motivated on Online Learning Environments (LMS or MOOC). *International Journal of Computer Applications*, *168*(6), 46-53. https://doi.org/10.5120/ijca2017914477

Boudreaux, A., Shaffer, P. S., Heron, P. R., & McDermott, L. C. (2008). Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system. *American Journal of Physics*, *76*(2), 163-170. https://doi.org/10.1119/1.2805235

Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child development*, *70*(5), 1098-1120. https://doi.org/10.1111/1467-8624.00081

Chen, C., Sonnert, G., Sadler, P. M., Sasselov, D. D., Fredericks, C., & Malan, D. J. (2020). Going over the cliff: MOOC dropout behavior at chapter transition. *Distance Education*, *41*(1), 6-25. https://doi.org/10.1080/01587919.2020.1724772

Daradoumis, T., Bassi, R., Xhafa, F., & Caballé, S. (2013). A review on massive e-learning (MOOC) design, delivery and assessment. Στο *2013 Eighth International Conference on P2P, Parallel, Grid, Cloud and Internet computing* (σ. 208-213). IEEE. https://doi.org/10.1109/3PGCIC.2013.37

Dean, D. Jr., & Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. discovery: The long view. *Science Education*, *91*(3), 384-397. https://doi.org/10.1002/sce.20194

El Mhouti, A., Nasseh, A., Erradi, M., & Vasquèz, J. M. (2016). Using cloud computing and a multi-agents system to improve collaborative e-learning in LMS. Στο *11th International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications (SITA)* (σ. 1-6). IEEE. https://doi.org/10.1109/SITA.2016.7772304

Erlina, N., Susantini, E., Wasis, Wicaksono, I., & Pandiangan, P. (2018). The Effectiveness of Evidence-Based Reasoning in Inquiry-Based Physics Teaching to Increase Students' Scientific Reasoning. *Journal of Baltic Science Education, 17*(6), 972-985. http://oaji.net/articles/2017/987-1544860279.pdf

Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction: Effects of direct instruction and discovery learning. *Psychological science, 15*(10), 661-667. https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x

Katsanos, C., Tselios, N., & Liapis, A. (2021). PSSUQ-GR: A First Step Towards Standardization of the Post-Study System Usability Questionnaire in Greek. Στο *CHI Greece 2021: 1st International Conference of the ACM Greek SIGCHI Chapter* (σ. 1-6). https://dl.acm.org/doi/10.1145/3489410.3489433

Koutsakas, P., Chorozidis, G., Karamatsouki, A., & Karagiannidis, C. (2020). Research trends in K–12 MOOCs: A review of the published literature. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *21*(3), 285-303. https://doi.org/10.19173/irrodl.v21i3.4650

Lane, E. S., & Harris, S. E. (2015). A new tool for measuring student behavioral engagement in large university classes. *Journal of College Science Teaching*, *44*(6), 83-91. https://cwsei.ubc.ca/sites/default/files/cwsei/outcomes/SEIresearch/Lane-Harris_Meas-Engagement_JCST2015.pdf

Lewis, J. R. (1992). Psychometric evaluation of the post-study system usability questionnaire: The PSSUQ. Στο *Proceedings of the human factors society annual meeting 36*(16), σ. 1259-1260). Sage CA: Los Angeles, CA: Sage Publications. https://doi.org/10.1177/154193129203601617

Lorch, R. F. Jr., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C., & Freer, B. D. (2010). Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms: Contributions of explicit instruction and experimentation. *Journal of Educational Psychology*, *102*(1), 90. https://doi.org/10.1037/a0029514

Martha, A. S. D., & Santoso, H. B. (2019). The design and impact of the pedagogical agent: A systematic literature review. *Journal of Educators Online*, *16*(1), https://doi.org/10.9743/jeo.2019.16.1.8

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli C. C., Zacharia Z. N, & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review, 14,* 47-61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Psycharis, S., Chalatzoglidis, G., & Kalogiannakis, M. (2013). Moodle as a learning environment in promoting conceptual understanding for secondary school students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *9*(1), 11-21. https://doi.org/10.12973/eurasia.2013.912a

Rice, M. F., Lowenthal P. R., & Woodley, X. (2020). Distance education across critical theoretical landscapes: touchstones for quality research and teaching. *Distance Education*, *41*(3), 319-325.

https://doi.org/10.1080/01587919.2020.1790091

Schroeder, N. L., & Adesope, O. O. (2014). A systematic review of pedagogical agents' persona, motivation, and cognitive load implications for learners. *Journal of Research on Technology in Education*, *46*(3), 229-251. https://doi.org/10.1080/15391523.2014.888265

Sofianidis, A. (2022). Why Do Students Prefer Augmented Reality: A Mixed-Method Study on Preschool Teacher Students' Perceptions on Self-Assessment AR Quizzes in Science Education. *Education Sciences*, *12*(5), 329. https://doi.org/10.3390/educsci12050329

Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J., & Härtig, H. (2016). *The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. International Journal of Science Education, 38(2), 216–237.* https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1137651

Tairab, H. H. (2016). Assessing Students' Understanding of Control of Variables across Three Grade Levels and Gender. *International Education Studies*, *9*(1), 44-54. https://doi.org/10.5539/ies.v9n1p44

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Κλείσε την πόρτα, θα μπουν κουνούπια !

Δύο αδελφές, η Μαρκέλα και η Ναταλία, αγαπούν την ελευθερία του εξοχικού τους το καλοκαίρι διότι μπαινοβγαίνουν ελεύθερα στον κήπο τους. Το μόνο ενοχλητικό είναι τα κουνούπια. Υπάρχει ξεχωριστή πόρτα με σίτα που αποτρέπει τα έντομα να μπουν μέσα στο σπίτι αλλά πολλές φορές ξεχνάνε να την κλείσουν. Έτσι λοιπόν σκέφτονται να στερεώσουν το ένα άκρο του ελατηρίου στον τοίχο και το άλλο άκρο στην πόρτα της σίτας, έτσι ώστε το ελατήριο να επιμηκύνεται κάθε φορά που θα ανοίγει η πόρτα. Με αυτόν τον τρόπο, λόγω της δύναμης του ελατηρίου η πόρτα θα κλείνει αυτόματα ακόμα κι αν ξεχνούν να την κλείσουν. Επίσης, θέλουν η πόρτα να κλείνει μαλακά για να μην ακούγεται μεγάλος θόρυβος.

Πηγαίνουν σε ένα κατάστημα, και ο μαγαζάτορας τους λέει ότι όλα τα ελατήρια είναι από το ίδιο υλικό αλλά έχει μακριά ή κοντά ελατήρια με μικρό ή μεγαλύτερο πάχος σύρματος. Οι δύο αδελφές δεν γνωρίζουν τη διαφορά, και ο μαγαζάτορας τους λέει ότι όσο αυξάνει το **πάχος του σύρματος** από το οποίο είναι φτιαγμένο το ελατήριο τόσο αυξάνεται η **σκληρότητα**[1], ενώ όσο περισσότερες σπείρες έχει ένα ελατήριο τόσο **μαλακότερο**[2] είναι. Τα κορίτσια δεν πολύ-κατάλαβαν ΤΙ τους έλεγε για τη σκληρότητα, και έτσι αποφάσισαν να το ψάξουν μόνες τους, ώστε να διαπιστώσουν ποιο ελατήριο θα είναι πιο κατάλληλο για να το τοποθετήσουν στην πόρτα της σίτας. Αγόρασαν 4 ελατήρια (ένα από κάθε τύπο), και για να διερευνήσουν τη σκληρότητα τους, σχεδίασαν 4 πειράματα. Σε κάθε πείραμα κρεμούν από το κάθε ένα ελατήριο **το ίδιο βαράκι** και **συγκρίνουν την επιμήκυνση που προκαλεί.**

Στην προσπάθεια να λύσετε αυτό το πρόβλημα δεν είστε μόνες/μόνοι! Σκανάρατε το QR για να έχετε δίπλα σας τη Νεφέλη, τη βοηθό σας !

Ερώτηση 1

Σε **ΤΙ** διαφέρουν τα 4 ελατήρια που αγόρασαν οι δύο αδελφές δηλαδή ποιες παραμέτρους θα **αλλάζουν σκόπιμα** στα ελατήρια που αγόρασαν;

……

……

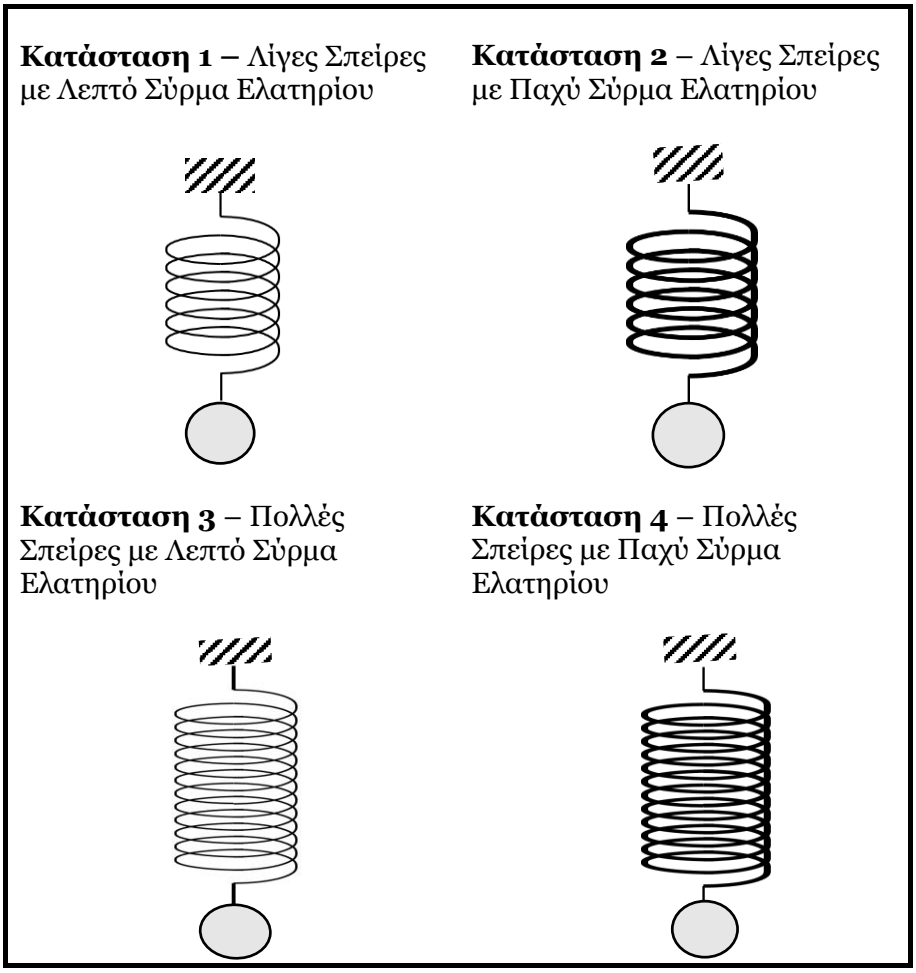
……

……

[1] Ένα ελατήριο έχει μεγάλη σκληρότητα όταν χρειάζεται να βάλουμε μεγάλη δύναμη για να επιμηκυνθεί δηλαδή παραμορφώνεται δύσκολα.

[2] Τα μαλακά ελατήρια παραμορφώνονται εύκολα, δηλαδή δε χρειάζεται να βάλουμε μεγάλη δύναμη για να επιμηκυνθούν

Στο ακόλουθο σχήμα φαίνονται οι δοκιμές που σχεδίασαν οι δύο αδελφές.



Ερώτηση 2

Στον ακόλουθο πίνακα 1
Α. Να προσδιορίσετε **τις παραμέτρους** που αλλάζουν σκόπιμα οι δύο αδελφές.
Β. Να συμπληρώσετε για κάθε πείραμα **τις τιμές των παραμέτρων που αλλάζουν** και
Γ. Να συμπληρώσετε ποιο θα είναι **το αποτέλεσμα** που θα μετρούν οι δύο αδελφές.

Πίνακας 1

ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ			
	ΣΤΗΛΗ 1	**ΣΤΗΛΗ 2**	**ΣΤΗΛΗ 3**
Ποια Κατάσταση;	**1η Παράμετρος (Ποια;) .....**	**2η Παράμετρος (Ποια;) .....**	**Ποιο το αποτέλεσμα ?**
Κατάσταση 1			
Κατάσταση 2			
Κατάσταση 3			
Κατάσταση 4			

Ερώτηση 3

Να συμπληρώσετε τον πίνακα 2

Πίνακας 2

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΤΡΕΠΤΩΝ ΣΥΓΚΡΙΣΕΩΝ								
ΣΤΗΛΗ 1	**ΣΤΗΛΗ 2**		**ΣΤΗΛΗ 3**		**ΣΤΗΛΗ 4**	**ΣΤΗΛΗ 5**	**ΣΤΗΛΗ 6**	**ΣΤΗΛΗ 7**
Ποιο ζεύγος καταστάσεων συγκρίνετε;	**Τιμή της 1ης παραμέτρου για το κάθε πείραμα ΠΟΙΑ; .....**		**Τιμή της 2ης παραμέτρου για το κάθε πείραμα ΠΟΙΑ; .....**		**Επιτρέπεται η σύγκριση;**	**Τι κρατάω σταθερό (ΙΔΙΟ) σε κάθε πείραμα;**	**Τι αλλάζω;**	**Τι μπορώ να ΜΕΤΡΗΣΩ αν επιτρέπεται η σύγκριση;**

Ερώτηση 4

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα 2, ποιες καταστάσεις πρέπει να συγκρίνουν οι δύο αδελφές για να ελέγξουν πώς επηρεάζεται η σκληρότητα ενός ελατηρίου από **τον αριθμό των σπειρών του**; Σε ποια σύγκριση θα φαίνεται καλύτερα το αποτέλεσμα; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας

Α. Τα αδέλφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 1 και 2

Β. Τα αδέλφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 1 και 3

Γ. Τα αδέλφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 2 και 4

Δ. Τα αδέλφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 3 και 4

.....

.....

.....

.....

Ερώτηση 5

Παρατηρώντας τον παραπάνω πίνακα 2, ποιες καταστάσεις πρέπει να συγκρίνουν οι δύο αδελφές για να ελέγξουν πώς επηρεάζεται η σκληρότητα ενός ελατηρίου από το **πάχος** του σύρματος από το οποίο είναι φτιαγμένο το ελατήριο; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας

Α. Τα αδέλφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 1 και 2

Β. Τα αδέλφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 1 και 3

Γ. Τα αδέλφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 2 και 4

Δ. Τα αδέλφια πρέπει να συγκρίνουν τις καταστάσεις 3 και 4

……

……

……

……

……

Ερώτηση 6

Η σύγκριση ποιων καταστάσεων **δεν** θα οδηγήσει τις δύο αδελφές να βγάλουν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τον τρόπο που επηρεάζει το μήκος του ελατηρίου ή η διατομή του σύρματος τη σκληρότητα του ελατηρίου; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας

……

……

……

……

……

Αξιοποίηση Πλεονεκτημάτων STEM για τη Διδασκαλία του Ηλεκτρισμού στο Δημοτικό. Υλοποίηση Ρομποτικής Εφαρμογής μέσω Micro:bit

Ευφρανσία Τζαγκαράκη[1], Μιχαήλ Καλογιαννάκης[2]
[1]Υποψήφια Διδάκτορας, [2]Αναπληρωτής Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Η παρούσα πιλοτική έρευνα διερευνά πως επιδρούν η αξιοποίηση της εκπαίδευσης STEM και η εκπαιδευτική ρομποτική στην επίδοση, την κατανόηση και τις στάσεις των μαθητών/τριών της Ε΄ τάξης, για τον ηλεκτρισμό και κατ' επέκταση τις φυσικές επιστήμες. Ακολουθώντας τον οιονεί πειραματικό σχεδιασμό το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 32 μαθητές/τριες από δύο τμήματα του 12ου ΔΣ Ηρακλείου. Το ένα τμήμα αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου και το άλλο την πειραματική ομάδα στην οποία υλοποιήθηκε διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του Micro:bit. Η έρευνα υλοποιήθηκε τον Απρίλιο του 2022. Όπως προέκυψε η πειραματική ομάδα είχε αρκετά καλύτερες επιδόσεις συνολικά. Τα παιδιά και από τις δύο ομάδες δεν φάνηκε να επηρεάστηκαν σημαντικά στην άποψή τους για τη σημασία της Φυσικής και παρουσίασαν αυξημένη επιθυμία για ενασχόληση με αυτήν.

Abstract

The present pilot study investigates how STEM and educational robotics affect students' performance, understanding, and attitudes in the 5th grade about electricity and, consequently, science. To conclude, we followed an experimental design. The research sample comprised 32 students from two departments of the 12th Primary School of Heraklion. One section was the control group, and the other was the experimental group that received the teaching intervention using Micro: bit. As it turned out, the experimental group performed significantly better overall. Children from both groups did not appear to be significantly affected in their view of the importance of Physics and showed an increased desire to engage in it.

Λέξεις – κλειδιά: δημοτικό, ηλεκτρισμός, Micro:bit, ρομποτική, STEM
Keywords: electricity Micro:bit, primary school, STEM, robotics,

1. Εισαγωγή

Οι ΤΠΕ αποτελούν ένα αναπόσπαστο μέρος των σχολικών προγραμμάτων ωστόσο θα μπορούσε κανείς να εκφράσει προβληματισμούς ως προς το βαθμό εμπλοκής των εκπαιδευόμενων, την ανάπτυξη συνεργασίας, δημιουργικότητας ίσως και κινήτρου. Η χρήση φυσικών συσκευών με το θετικό τους αντίκτυπο σε κριτική, υπολογιστική, δημιουργική, αποκλίνουσα σκέψη, κοινωνικές δεξιότητες και όχι μόνο, έρχεται να ενδυναμώσει τη μάθηση και να καλύψει τα κενά του παραδοσιακού τρόπου χρήσης των ΤΠΕ εμπλέκοντας με τρόπο παιγνιώδη ακόμη και τους πιο μικρούς μαθητές/τριες με τομείς όπως η εκπαιδευτική ρομποτική και η κωδικοποίηση (Kalelioglu & Sentance, 2020˙ Videnovik et al., 2018). Στο ίδιο αυτό πλαίσιο έχει ενδιαφέρον να ανιχνεύσουμε τις στάσεις των παιδιών αυτής της ηλικιακής ομάδας για τις Φυσικές επιστήμες μιας και στη βιβλιογραφία εντοπίζεται κενό ως προς αυτό.

Αναγνωριστικό ψηφιακής εργασίας: https://doi.org/10.12681/nrcodiste.5959

STEM- εκπαιδευτική ρομποτική – χρήση φυσικών υπολογιστών

Η εκπαίδευση STEM αποτελεί μία διδακτική προσέγγιση όπου δύο τουλάχιστον ή περισσότερα πεδία STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) συνδέονται με σκοπό τη διασύνδεση συγκεκριμένων θεμάτων για τη βελτίωση της μάθησης (Voštinár, 2020).

Η ρομποτική αποτελεί μια τεχνολογική καινοτομία όπου οι εμπλεκόμενοι εστιάζουν στο σχεδιασμό και την κατασκευή ρομπότ (Gorakhnath & Padmanabhan, 2017). Η εμπλοκή με τη εκπαιδευτική ρομποτική προϋποθέτει την ενασχόληση με διάφορους τομείς μεταξύ των οποίων και τομείς STEM, ενώ μπορεί να γίνει το μέσο για το σχεδιασμό και την υλοποίηση σχετικών δραστηριοτήτων (Tzagkaraki et al., 2021).

Κάτω από την ομπρέλα της εκπαιδευτικής ρομποτικής τοποθετούνται δραστηριότητες που επιδιώκουν να ενισχύσουν τη γνώση των μαθητών/ -τριών και να βελτιώσουν δεξιότητες όπως η επίλυση προβλημάτων, η μεταγνώση, η κριτική η υπολογιστική σκέψη, η κωδικοποίηση και άλλες όμοιες, όπως επίσης και κοινωνικές αλλά και την εκμάθηση γλωσσών (Psycharis et al., 2018). Επιπλέον οι ρομποτικές δραστηριότητες μπορούν να αποτελέσουν έναν αποτελεσματικό τρόπο ενασχόλησης των παιδιών με διερευνητικούς τρόπους μάθησης (Inquiry base learning) όπου ακολουθείται ο επιστημονικός τρόπος εργασίας (Katterfeldt et al., 2018· Sapounidis & Alimisis, 2021).

Η χρήση φυσικών συσκευών περιλαμβάνει διαδικασίες σχεδιασμού και ανάπτυξης διαφόρων έργων και στην ουσία αποτελούν το συνδετικό κρίκο ανάμεσα σε γνώσεις, στοιχεία λογισμικού (software) και υλικού (hardware). Οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να έχουν άμεση εποπτεία ενός σεναρίου προγραμματισμού ή ενός κώδικα, έτσι λαμβάνουν άμεσα ανατροφοδότηση αναπτύσσοντας παράλληλα σημαντικές δεξιότητες και διερευνητική μάθηση (Kalelioglu & Sentance, 2020˙ Kalogiannakis et al., 2021).

Η χρήση φυσικών συσκευών σε συνδυασμό με τον οπτικό προγραμματισμό μπορούν να αποτελέσουν εργαλεία που χρησιμοποιούνται με τρόπο πρωτότυπο και δημιουργικό από εκπαιδευτικούς και εκπαιδευόμενους σε διαφορετικές εκπαιδευτικές περιστάσεις (Kalogiannakis et al., 2021· Vordou & Romero, 2021) και διάφορες εκπαιδευτικές εφαρμογές όπου οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν τις ιδέες και τις πρωτοβουλίες τους διαδραστικά, για συνεργατικά και ατομικά έργα (Katterfeld et al, 2018). Αυτή ακριβώς η ανάγκη για ανάληψη πρωτοβουλιών και δραστηριοποίηση συμβάλλει στην ανάπτυξη της ικανότητας για αυτορρυθμιζόμενη μάθηση και ενίσχυση της συμμετοχής. Τα στοιχεία αυτά θεωρούνται σημαντικά καθώς επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της μαθησιακής διαδικασίας (Przybylla & Romeike, 2014).

Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ)

Υπάρχουν καταγραφές στη βιβλιογραφία που αναδεικνύουν δυσκολίες από την πλευρά των μαθητών/τριών να κατανοήσουν βασικές έννοιες των ΦΕ και την ανάγκη αλλαγών σε υπάρχουσες διδακτικές στρατηγικές (Savall-Alemany et al., 2019). Στις νέες προσεγγίσεις κοινός τόπος είναι η ενεργή εμπλοκή των εκπαιδευόμενων στην κατασκευή της γνώσης. Οι Mèheut & Psillos (2004) χρησιμοποιούν τον όρο «Διδακτική - Μαθησιακή Ακολουθία» (Teaching – learning Sequence) όπου μέσω σταδιακής και μικρότερης κλίμακας ερευνητική διαδικασία που συνδέει επιστημονική και μαθησιακή διάσταση παρέχεται στους/ις μαθητές/τριες η δυνατότητα να κατασκευάσουν το δικό τους προσωπικό νόημα (Mèheut & Psillos, 2004˙ Psillos & Kariotoglou, 2016).

Σκοπός – Ερευνητικές υποθέσεις

Με την πιλοτική αυτή μελέτη εξετάζεται εάν μέσω της προτεινόμενης Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας που σχεδιάστηκε βάσει του STEM και με την αξιοποίηση του Micro:bit :

- Βελτιώθηκε η επίδοση των παιδιών στην κατανόηση εννοιών και εφαρμογών του ηλεκτρισμού.

- Παρατηρείται υψηλότερος βαθμός θετικής επίδρασης στη στάση των παιδιών της πειραματικής ομάδας σχετικά με το μάθημα των Φυσικών Επιστημών γενικότερα, που σχετίζεται με το STEM, μετά την ενασχόληση και εμπλοκή με το θέμα του ηλεκτρισμού.

2. Μεθοδολογία

Πειραματικός σχεδιασμός - Εργαλεία και δραστηριότητες

Για το σχεδιασμό της παρούσας μελέτης χρησιμοποιείται οιονεί πειραματική μέθοδος (quasi-experimental design) της μη ισοδύναμης ομάδας ελέγχου (non-equivalent control group design) (Cohen et al., 2007). Με το πείραμα σκοπός είναι να γίνει κατανοητό αν η προτεινόμενη διδακτική μέθοδος, μέσω της εκπαιδευτικής ρομποτικής, έχει θετικά αποτελέσματα στην ενίσχυση της κατανόησης εννοιών και εφαρμογών σχετικά με τον ηλεκτρισμό, αλλά και των δεξιοτήτων λογικής σκέψης και επίλυσης προβλημάτων.

Ως ερευνητικά εργαλεία θα χρησιμοποιήθηκαν δύο ερωτηματολόγια (questionaire) προσαρμοσμένα στις ανάγκες της συγκεκριμένης έρευνας. Το ένα ερωτηματολόγιο αφορά στη διερεύνηση των στάσεων τους για τα Φυσικά και το άλλο αφορά στην αποτίμηση της επίδοσης των παιδιών και έχει τη μορφή φύλλου εργασίας. Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν για συμπλήρωση πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση. Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν βασίστηκαν στην έρευνα των Hillman et al. (2016) και Tai et al. (2022).

Η έρευνα υλοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Στην πρώτη φάση δόθηκε ένα φύλλο εργασιών 4 ερωτήσεων (Pre-test) για τη διερεύνηση προϋπάρχουσας γνώσης. Επίσης, κατά τον προέλεγχο δόθηκε ένα ερωτηματολόγιο 18 ερωτήσεων ανίχνευσης στάσεων για το μάθημα των Φυσικών. Στη δεύτερη φάση πραγματοποιήθηκε διδακτική παρέμβαση 12 διδακτικών ωρών με την υλοποίηση των προβλεπόμενων δραστηριοτήτων στα δύο τμήματα (Πίνακας 1). Το ένα τμήμα αποτέλεσε την Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ) και το άλλο την Πειραματική Ομάδα (ΠΟ). Για την πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων η ερευνήτρια χώρισε τους μαθητές/τριες σε 4 ομάδες των 4 ατόμων.

Μετά την ολοκλήρωση του πειραματικού σχεδιασμού πραγματοποιήθηκε μετα-έλεγχος (post-test) ώστε να αξιολογηθεί η επίδραση της πειραματικής διδασκαλίας, σύμφωνα με τα ερευνητικά ερωτήματα. Δόθηκε το ίδιο φύλλο εργασιών για τον έλεγχο της κατανόησής τους και το ερωτηματολόγιο ανίχνευσης των στάσεων τους.

Πίνακας 1: Διδακτική προσέγγιση των δύο ομάδων

Ομάδα	Ελέγχου	Πειραματική
	Προ-έλεγχος (Παράδειγμα ερώτησης: Παρατήρησε με προσοχή τους οκτώ (8) παρακάτω διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης. Σε ποιους απ' αυτούς θα ανάψει το λαμπάκι;)	
Διδακτική μέθοδος	Διδακτική μαθησιακή ακολουθία. Έγιναν τα πειράματα που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο για το αντίστοιχο κεφάλαιο.	Διδακτική μαθησιακή ακολουθία με τη χρήση ρομποτικής. Αντικαταστάθηκαν οι δραστηριότητες από τις ενότητες: Το απλό κύκλωμα, Αγωγοί και Μονωτές, Σύνδεση σε σειρά και παράλληλη σύνδεση με τη δημιουργία ρομποτικής κατασκευής ενός κουμπαρά με τη χρήση της πλακέτας Micro:bit με τη σταδιακή ανάπτυξη του σεναρίου ανά ομάδα.
Διδακτικός χρόνος	12 διδακτικές ώρες	12 διδακτικές ώρες
Υλικά/ Μέσα	• Σχολικό εγχειρίδιο • Υλικά κατασκευών: λαμπάκια, λυχνιολαβές, διακόπτες, μπαταρίες, καλώδια, και υλικά όπως π.χ	• Σχολικό εγχειρίδιο • Υλικά κατασκευών: καλώδια, χαρτόνια, αλουμινόχαρτο, χάρτινα ποτήρια, καλαμάκια,

	μανταλάκια, αλουμινόχαρτο χαρτόνια και άλλα όμοια. • Ιστοσελίδες προσομοίωσης σχετικών πειραμάτων • Φύλλα εργασιών /δραστηριοτήτων	κέρματα, μπαταρίες, πλακέτα Micro:bit, μοτέρ • Ιστοσελίδα Micro:bit • Φύλλο εργασιών / δραστηριοτήτων
Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα	• Να κατανοήσουν τι είναι το ηλεκτρικό ρεύμα και τη σημασία του. • Να διαπιστώσουν πειραματικά την λειτουργία του κυκλώματος και τις διαφορές σύνδεσης σε σειρά και παράλληλης σύνδεσης. • Να διαπιστώσουν ότι δεν άγουν όλα τα υλικά το ηλεκτρικό ρεύμα και τις εφαρμογές αυτής της διαπίστωσης.	
	Μετα-έλεγχος	

Δείγμα - Συμμετέχοντες

Στην παρούσα μελέτη συμμετείχαν συνολικά 32 μαθητές/τριες της Ε΄ τάξης από το 12ο ΔΣ Ηρακλείου Κρήτης. (19 αγόρια και 13 κορίτσια). Οι μαθητές/τριες προέρχονται από δύο διαφορετικά τμήματα και ήταν σε θέση να πραγματοποιήσουν μια στοιχειώδη αναζήτηση στο Διαδίκτυο, να κάνουν επεξεργασία κειμένου ωστόσο δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία με ρομποτικές δραστηριότητες και δε διέθεταν βασικές δεξιότητες προγραμματισμού.

Το ένα τμήμα αποτέλεσε την Ομάδα Ελέγχου (ΟΕ) και το άλλο την Πειραματική Ομάδα (ΠΟ) με κλήρωση. Τόσο στην ΟΕ όσο και στην ΠΟ υλοποιήθηκε η αντίστοιχη Διδακτική μαθησιακή ακολουθία ακολουθώντας τα εξής στάδια: Ενεργοποίηση (Motivation), Διερεύνηση (Investigation), Εξήγηση (Explanation), Στοχασμός (Reflection), Αξιολόγηση (Evaluation) (Kariotoglou & Psillos, 2019). Η διαφοροποίηση έγκειται στον τρόπο που προσεγγίζονται τα επιμέρους στοιχεία στις δύο ομάδες. Πιο συγκεκριμένα διαφοροποίηση υπάρχει στο στάδιο της διερεύνησης για την ΠΟ όπου χρησιμοποιούνται τα υλικά ρομποτικής.

Η κατανομή των παιδιών στην ομάδα ελέγχου και την πειραματική ομάδα δε θα μπορούσε να είναι τυχαία. Προσδιορίστηκαν επίσης οι βασικές μεταβλητές. Η διδακτική μέθοδος, το περιβάλλον της τάξης και το υλικό αποτέλεσαν τις ανεξάρτητες, ενώ η επίδοση και οι στάσεις των μαθητών/τριών αποτέλεσαν τις εξαρτημένες μεταβλητές.

3. Αποτελέσματα

Διερεύνηση της επίδοσης ως προς την κατανόηση εννοιών και εφαρμογών του ηλεκτρισμού.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε μέσω του πακέτου στατιστικής ανάλυσης IBM SPSS. Το δείγμα των μαθητών και μαθητριών που συμμετείχαν στη συγκεκριμένη πιλοτική μελέτη είναι μικρό (N=30). Συνεπώς επιλέχθηκε το μη παραμετρικό τεστ Wilcoxon, εντοπίζοντας αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των σκορ. Η αξιολόγηση των 30 παιδιών είναι με αναγωγή σε ποσοστό επί τοις εκατό. Η μέση τιμή για το post test (Mean = 65,0833) είναι υψηλότερη σε σχέση με την αντίστοιχη για το pre test (Mean = 19,7500).

Πίνακας 2: Περιγραφική ανάλυση Wilcoxon΄s test

	N	Mean %	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Σκορ προ-ελέγχου (TotalPre)	30	19,7500	7,37978	,00	30,00
Σκορ μετα-ελέγχου (TotalPost)	30	65,0833	22,10363	7,50	100,00

Όπως προκύπτει από τον προσημικό βαθμολογικό έλεγχο του Wilcoxon (Wilcoxons Signed Ranks Test) όλοι οι συμμετέχοντες/ συμμετέχουσες έχουν υψηλότερο σκορ στο μετάλεγχο συγκριτικά με τον προέλεγχο, το οποίο είναι και ο πυρήνας αυτού που εξετάζει η παρούσα μελέτη, δείχνοντας ότι υπήρξε βελτίωση στην επίδοση τους.

Πίνακας 3: Έλεγχος Wilcoxon Signed Ranks για τη σύγκριση των σκορ.

		N	Mean Rank %	Sum of Ranks
Διαφορά σκορ (μετά-ελέγχου – προ-ελέγχου)	Negative Ranks	0[a]	,00	,00
	Positive Ranks	30[b]	15,50	465,00
	Ties	0[c]		
	Total	30		
a. TotalPost < TotalPre				
b. TotalPost > TotalPre				
c. TotalPost = TotalPre				

Ο μέσος όρος της ΟΕ στον προ-έλεγχο ήταν στο 18,17% και της ΠΟ στο 21,33% ενώ συγκριτικά η ΠΟ είχε κατά 17,43% καλύτερο μέσο όρο επίδοσης από την ΟΕ. Στον μετα-έλεγχο οι μέσοι όροι των δύο ομάδων αυξήθηκαν σημαντικά με την ΟΕ να φτάνει μέσο όρο σκορ 60,50% ενώ η ΠΟ 69,67% με την διαφορά όμως των δύο ομάδων να μειώνεται στο 15,15%. Οι επιδόσεις του μετα-ελέγχου ήταν περίπου 3,5 φορές αυξημένες για την ΟΕ (349,82%) ενώ περίπου 4 φορές για την ΠΟ (389,49%).

Πίνακας 4: Ποσοστά των σκορ για τον προ-έλεγχο και τον μετα-έλεγχο

	Ομάδα ελέγχου	Πειραματική ομάδα	Διαφορά
Προ-έλεγχος	18,17%	21,33%	17,43%
Μετα-έλεγχος	60,50%	69,67%	15,15%
Διαφορά	349,82%	389,49%	11,34%

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις επιδόσεις κάθε ομάδας στον προ-έλεγχο και τον μετα-έλεγχο αναλυτικά για κάθε άσκηση με αναφορά στις διαφορές των δύο ομάδων. Όσον αφορά τον προ-έλεγχο (σημειώνεται ως αρχική βαθμολόγηση), η ΠΟ είχε αρκετά καλύτερες επιδόσεις αλλά δύο ασκήσεις (2 και 4) δεν απαντήθηκαν από κανένα μαθητή/τρια, από καμία ομάδα. Στον μετα-έλεγχο (σημειώνεται ως τελική βαθμολόγηση) οι διαφορές των σκορ μειώθηκαν αλλά και πάλι η ΠΟ είχε γενικά καλύτερες επιδόσεις σε όλες τις ασκήσεις. Άξια αναφοράς είναι ότι στην άσκηση 3 παρατηρείται αρκετά μεγαλύτερη βελτίωση του μέσου όρου της ΠΟ στο μετα-έλεγχο (44% καλύτερος μέσος όρος σε σχέση με την ΟΕ).

Πίνακας 5: Ανάλυση των αποτελεσμάτων και σύγκριση των δυο ομάδων ανά άσκηση. Σε παρένθεση αναφέρεται το μέγιστο σκορ για κάθε άσκηση.

	Ομάδα ελέγχου	Πειραματική ομάδα	Διαφορά
Αρχική βαθμολόγηση 1 (9)	3,20	3,93	22,92%
Τελική βαθμολόγηση 1 (9)	7,13	7,40	3,74%
Αρχική βαθμολόγηση 2 (15)	,00	,00	.
Τελική βαθμολόγηση 2 (15)	6,47	7,60	17,53%
Αρχική βαθμολόγηση 3 (8)	4,07	4,60	13,11%

Τελική βαθμολόγηση 3 (8)	5,00	7,20	44,00%
Αρχική βαθμολόγηση 4 (8)	,00	,00	.
Τελική βαθμολόγηση 4 (8)	5,60	5,67	1,19%
Αρχικές επιδόσεις	18,17%	21,33%	17,43%
Τελικές επιδόσεις	60,50%	69,67%	15,15%
Βελτίωση	349,82%	389,49%	11,34%

Διερεύνηση της στάσης των παιδιών σχετικά με τα Φυσικά και τον ηλεκτρισμό.

Το ερωτηματολόγιο ανίχνευσης στάσεων των παιδιών αποτελείται από 18 ερωτήσεις που ομαδοποιούνται σε τρία θέματα:

1. Στάσεις για τον/την εκπαιδευτικό που διδάσκει το μάθημα των Φυσικών.
2. Σημασία που αποδίδεται στη Φυσική για την κοινωνία γενικότερα.
3. Επιθυμία για ενασχόληση με τη Φυσική στο σχολείο αλλά και στην μελλοντική τους σταδιοδρομία. Σε αυτό το θέμα εντάχθηκε και ένα ερώτημα σχετικά με την ενασχόληση με τον ηλεκτρισμό και τις εφαρμογές του στο σπίτι.

Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι η παρέμβαση επηρέασε θετικά την άποψη των παιδιών της ΠΟ για την εκπαιδευτικό. Στον μετα-έλεγχο, το 100% της πειραματικής ομάδας είχε θετική άποψη για την εκπαιδευτικό στις αντίστοιχες ερωτήσεις.

Διαπιστώθηκε ακόμη ότι καμία από τις δύο ομάδες δεν φάνηκε να επηρεάστηκε σημαντικά όσον αφορά την άποψή των μελών της για τη σημασία της Φυσικής. Η μόνη ίσως αξιοσημείωτη διαφορά των δύο ομάδων είναι στην άποψή τους σχετικά με τη *χρησιμότητα της φυσικής*. Σε αυτές τις ερωτήσεις η πειραματική ομάδα επηρεάστηκε σημαντικά από την παρέμβαση, αφού στο μετα-έλεγχο φαίνεται ότι το 100% έχει σχηματίσει θετική άποψη, ενώ στην ομάδα ελέγχου υπάρχει ακόμη μια μειοψηφία αναποφάσιστη ή με αρνητική άποψη.

Τα παιδιά και των δύο ομάδων παρουσιάζουν αυξημένη επιθυμία για ενασχόληση με τη Φυσική. Στον μετα-έλεγχο όμως η πειραματική ομάδα έχει εμφανώς μεγαλύτερη αύξηση από την ομάδα ελέγχου σε όλες τις σχετικές ερωτήσεις. Το ενδιαφέρον της πειραματικής ομάδας αυξήθηκε ως προς την ενασχόληση με τον ηλεκτρισμό ενώ αντίθετα της ομάδας ελέγχου μειώθηκε από 93% σε 74%. Επιπλέον, αυξήθηκε η επιθυμία της ομάδας ελέγχου για μια δουλειά που σχετίζεται με τη Φυσική από 34% σε 60%, ενώ της πειραματικής ομάδας μειώθηκε από 66% σε 60%.

4. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Φαίνεται ότι η προτεινόμενη ΔΜΑ έχει κάποια επίδραση στην επίδοση και την κατανόηση των διδασκόμενων εννοιών. Η πειραματική ομάδα είχε αρκετά καλύτερες επιδόσεις συνολικά, αλλά υπήρχαν δύο ασκήσεις (2 και 4) που δεν απαντήθηκαν επαρκώς από κανένα μαθητή/τρια από καμία ομάδα στον προ-έλεγχο. Αυτό δείχνει ότι τα παιδιά έχουν κάποιες γνώσεις, γιατί προσπάθησαν να απαντήσουν με το δικό τους τρόπο, ωστόσο αυτό το έκαναν μάλλον περισσότερο διαισθητικά και εμπειρικά. Η πιο μεγάλη βελτίωση παρατηρήθηκε στην άσκηση 3 για την πειραματική ομάδα στο μετα-έλεγχο (44% καλύτερος μέσος όρος σε σχέση με την ΟΕ). Η άσκηση αυτή αφορούσε ταξινόμηση υλικών σε αγωγούς και μονωτές στο οποίο φαίνεται ότι η διδακτική παρέμβαση στην πειραματική ομάδα είχε μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και επίδραση στη κατανόηση τους. Πιθανόν η χρήση της προτεινόμενης πλακέτας να βοήθησε στην κατανόηση των εννοιών αυτών.

Η εκπαιδευτικός και ο τρόπος που παρουσιάζεται το υλικό επιδρά στο ενδιαφέρον της των ομάδων ωστόσο η μεγάλη αύξηση του ποσοστού για την πειραματική ομάδα ενισχύει την άποψη πως δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής και η ενασχόληση με τον φυσικό προγραμματισμό μπορεί να ενισχύσει το ενδιαφέρον αυτό και ενδεχομένως να συμβάλλει στην ανάπτυξη κινήτρου και της συμμετοχής.

Με δεδομένο πως καμιά από τις δύο ομάδες δεν επηρεάστηκε σημαντικά στην άποψή της για τη σημασία της φυσικής μπορούν να δοθούν διάφορες ερμηνείες. Πιθανόν τα ερωτήματα αυτά καθαυτά ή η διατύπωσή τους δεν ήταν απολύτως κατανοητή για τα παιδιά. Κι ενώ αναγνωρίζουν τη χρησιμότητα της φυσικής στην καθημερινότητα, δείχνουν να μην έχουν άποψη για το θέμα. Εφόσον υπάρχει αυτή η ασάφεια η παρέμβαση φαίνεται περισσότερο να διατήρησε παρά να μετέβαλε τις στάσεις των παιδιών. Αυτό συνάδει με το εύρημα ότι σε αρκετές ερωτήσεις τα παιδιά και των δύο ομάδων φαίνεται να μην έχουν διαμορφώσει ξεκάθαρη άποψη για το θέμα, τόσο πριν όσο και μετά την παρέμβαση.

Όπως προαναφέρθηκε η σημαντικότερη διαφοροποίηση παρατηρείται στην αντιμετώπιση των προκλήσεων των εργασιών της φυσικής. Στην ομάδα ελέγχου φαίνεται ότι μειώνεται σημαντικά η επιθυμία να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις ενώ αντίθετα τα παιδιά της πειραματικής ομάδας φαίνεται ότι επιζητούν αυτές τις προκλήσεις. Αυτό δείχνει ότι τα παιδιά της πειραματικής ομάδας έχουν μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση μετά την διδακτική/μαθησιακή παρέμβαση. Πιθανότατα η ενίσχυση τέτοιων κινήτρων να συνδέεται με την ενασχόληση με τον φυσικό προγραμματισμό, όπως αναφέρεται και στη βιβλιογραφία (Kalelioglu & Sentance, 2020˙ Przybylla & Romeike, 2014).

Στην πειραματική ομάδα δε φάνηκε σημαντική αλλαγή στην επιθυμία των παιδιών να μάθουν για τον ηλεκτρισμό. Παρότι από μία μόνο ερώτηση που υπάρχει στο εργαλείο δε μπορεί να προκύψει ασφαλές συμπέρασμα, μια σκέψη θα ήταν πως τα παιδιά περισσότερο ενδιαφέρονται για υλοποίηση και άλλων δραστηριοτήτων μέσω του Micro:bit, παρά για τις εφαρμογές του σε ένα μόνο θέμα όπως είναι ο ηλεκτρισμός.

Περιορισμοί

Η πειραματική έρευνα δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με απόλυτα συστηματικό τρόπο αν και έγινε προσπάθεια να εντοπιστεί μια ιδανική διαδικασία. Σε μια εκπαιδευτική έρευνα, όπως η παρούσα, πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα και δύσκολα μπορεί να εξασφαλιστεί ο ίδιος βαθμός ελέγχου και για τις δυο ομάδες. Επίσης λόγω του μικρού μεγέθους του δείγματος δεν μπορεί να γίνει κάποια γενίκευση.

Οι κυριότεροι όμως περιορισμοί αφορούν στα χρησιμοποιούμενα εργαλεία. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε πως στο ερωτηματολόγιο ελέγχου προϋπάρχουσας γνώσης θα πρέπει να βελτιωθούν τα δύο ερωτήματα που ζητούν από τα παιδιά να δημιουργήσουν σκίτσο και πιθανόν θα πρέπει να γίνει μια ολιγόλεπτη ατομική συνέντευξη ώστε να διευκρινιστεί το σκεπτικό του παιδιού στην περίπτωση που αυτό απαιτείται. Επίσης τα ερωτήματα θα πρέπει να γίνει προσπάθεια να αποκτήσουν την ίδια βαρύτητα, ώστε να γίνει αποτελεσματικά η αποτίμηση τους κατά την επεξεργασία. Βελτιώσεις απαιτούνται και στο εργαλείο ανίχνευσης των στάσεων όπου και οι λανθάνουσες μεταβλητές θα πρέπει να ελέγχονται με τον ίδιο αριθμό ερωτημάτων (τουλάχιστον 3).

5. Βιβλιογραφία

Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6η Εκδ.). Routledge/Taylor & Francis Group.

Gorakhnath I. & Padmanabhan J. (2017). Educational robotics in teaching learning process. *Online International Interdisciplinary Research Journal, 7*, 161-168. Ανακτήθηκε στις 25 Ιανουαρίου 2024, από: http://www.oiirj.org/oiirj/sept2017-special-issue(02)/16.pdf

Hillman, S. J., Zeeman, S. I., Tilburg, C. E., List H. E. (2016). My Attitudes Toward Science (MATS): the development of a multidimensional instrument measuring students' science attitudes. *Learning Environments Research* 19, 203–219. https://doi.org/10.1007/s10984-016-9205-x

Kalelioglu, F., & Sentance, S. (2020). Teaching with physical computing in school: the case of the micro: bit. *Education and Information Technologies, 25,* 2577–2603. https://doi.org/10.1007/s10639-019-10080-8

Kalogiannakis, M. Tzagkaraki, E., & Papadakis, St. (2021). A Systematic Review of the Use of BBC Micro:bit in Primary School. Στο *Proceedings of the 10th Virtual Edition of the International Conference New Perspectives in Science Education*, 379-384, Italy-Florence: Filodiritto – Pixel. https://doi.org/10.26352/F318_2384-9509

Kariotoglou, P. & Psillos, D. (2019). Teaching and Learning Pressure and Fluids. *Fluids, 4,* 194. https://doi.org/10.3390/fluids4040194

Katterfeldt, E.-S., Cukurova, M., Spikol, D., & Cuartielles, D. (2018). Physical computing with plug-and-play toolkits: Key recommendations for collaborative learning implementations. *International Journal of Child-Computer Interaction, 17,* 72–82. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2018.03.002

Méheut, M. & Psillos, D. (2004) Teaching–learning sequences: aims and tools for science education research, International *Journal of Science Education, 26*(5), 515-535. https://doi.org/10.1080/09500690310001614762

Przybylla M. & Romeike R. (2014) Physical computing in computer science education. Στο *WiPSCE '14: Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. 136-137. https://doi.org/10.1145/2670757.2670782

Psillos D., & Kariotoglou P. (2016). Theoretical Issues related to Designing and Developing Teaching – Learning Sequences. Στο D. Psillos, P. Kariotoglou (Επιμ.), Iterative Design of Teaching - Learning Sequences, σ. 11-34. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_2

Psycharis, S., Kalovrektis, K., Sakellaridi, E., Korres, K., & Mastorodimos, D. (2018). Unfolding the Curriculum: Physical Computing, Computational Thinking and Computational Experiment in STEM's Transdisciplinary Approach. *European Journal of Engineering and Technology Research*, (CIE), 19–24. https://doi.org/10.24018/ejeng.2018.0.CIE.639.

Sapounidis, T. & Alimisis, D. (2021). Educational Robotics Curricula: Current Trends and Shortcomings. Στο: M. Malvezzi, D. Alimisis, M. Moro (Επιμ.) *Education in & with Robotics to Foster 21st-Century Skills. Proceedings of EDUROBOTICS 2021. Studies in Computational Intelligence, vol 982*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77022-8_12

Savall-Alemany, F., Guisasola, J., Rosa Cintas, S., & Martínez-Torregrosa, J. (2019). Problem-based structure for a teaching-learning sequence to overcome students' difficulties when learning about atomic spectra. *Physical Review Physics Education Research, 15*(2). https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.15.020138

Tai, R. H., Ryoo, J. H., Skeeles-Worley, A., Dabney, K. P., Almarode, J. T., & Maltese A. V. (2022). (Re) Designing a measure of student's attitudes toward science: a longitudinal psychometric approach. *International Journal of STEM Education* 9, 12. https://doi.org/10.1186/s40594-022-00332-4

Tzagkaraki, E., Papadakis, St., & Kalogiannakis, M. (2021). Exploring the Use of Educational Robotics in primary school and its possible place in the curricula. Στο M. Malvezzi, D. Alimisis, & M. Moro (Επιμ.). *Education in & with Robotics to Foster 21st Century Skills. Proceedings of EDUROBOTICS 2021, Studies in Computational Intelligence, vol 982*. 216-229, Switzerland, Cham: Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-030-77022-8_19

Videnovik, M., Zdravevski, E., Lameski, P., & Trajkovik, V. (2018). The BBC Micro:bit in the International Classroom: Learning Experiences and First Impressions. *2018 17th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, 1-5. https://doi.org/10.1109/ITHET.2018.8424786

Vordou E., & Romero M. (2021). Supporting grammar language through a Micro:Bit activity. [Research Report] 0002, UCA - INSPE Académie de Nice. 2021. hal-03408009v1. Ανακτήθηκε στις 25 Ιανουαρίου 2024, από: https://hal.science/hal-03408009v1/file/GrammarBit%20report.pdf

Voštinár, P. (2020). Motivational Tools for Learning Programming in Primary Schools. *Central-European Journal of New Technologies in Research, Education and Practice, 2*(1), 97-106. https://doi.org/10.36427/CEJNTREP.2.1.420

Αναπαραστάσεις των Γονιδιακών Μοντέλων στις Αντιλήψεις των Μαθητριών/τών και Εκπαιδευτικών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Προκαταρκτικά Ευρήματα

Δέσποινα Τσόπογλου-Γκίνα[1], Πηνελόπη Παπαδοπούλου[2]
[1]Υποψήφια Διδάκτορας, [2]Καθηγήτρια
Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Περίληψη

Η διδασκαλία της γενετικής παρουσιάζει καταγεγραμμένες δυσκολίες για τις/τους μαθήτριες/τές, ανάμεσα σε αυτές και η εννοιολογική ποικιλότητα της έννοιας του γονιδίου και των λειτουργιών του. Η ποικιλότητα αντικατοπτρίζεται στα ιστορικά μοντέλα: Μεντελικό, κλασικό, βιοχημικό-κλασικό, νεοκλασικό, σύγχρονο. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι αντιλήψεις μαθητριών/τών και εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα στο πλαίσιο των μοντέλων αυτών. Οι αντιλήψεις των μαθητριών/τών φαίνεται να διέπονται από χαρακτηριστικά του κλασικού και βιοχημικού-κλασικού μοντέλου, ενώ στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών κυριαρχεί το νεοκλασικό μοντέλο. Τα ευρήματά μας συνάδουν με τη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία σχετικά με τα διδακτικά εγχειρίδια βιολογίας και τις αντιλήψεις μαθητριών/τών και εκπαιδευτικών.

Abstract

The teaching of genetics presents documented difficulties for students, including the conceptual variation of the concept of the gene and its functions. This variation is reflected in the historical models: Mendelian, classical, biochemical-classical, neoclassical, modern. In this paper we present students' and educators' conceptions in secondary education in Greece within the framework of these models. Students' perceptions show characteristics of the classical and biochemical-classical models, while educators' perceptions are dominated by the neoclassical model. Our findings are consistent with the international and Greek literature on biology textbooks analysis as well as students' and educators' conceptions.

Λέξεις κλειδιά: ιστορικά γονιδιακά μοντέλα, αντιλήψεις μαθητριών/τών, αντιλήψεις εκπαιδευτικών, δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Key words: gene historical models, students' conceptions, educators' conceptions, secondary education

1. Εισαγωγή

Σε μια κοινωνία που διαπνέεται από επιστημονικά και τεχνολογικά επιτεύγματα, τα οποία αποτελούν μεγάλο μέρος της σύγχρονης καθημερινής ζωής, οι πολίτες συμμετέχουν σε δημοκρατικές διαδικασίες που απαιτούν βαθιά κατανόηση της επιστήμης. Ως εκ τούτου, η ενσωμάτωση των βασικών εννοιών και δυνατοτήτων αυτών των επιστημονικών επιτευγμάτων στην εκπαίδευση των μαθητριών/τών θεωρείται ζωτικής σημασίας για το μέλλον τους στην κοινωνία.

Η γενετική, εκτός από αναπόσπαστο μέρος της σύγχρονης βιολογίας, αποτελεί σταθερό κλάδο των προγραμμάτων σπουδών βιολογίας της δευτεροβάθμιας και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Agorram et al., 2010˙ Gericke & Hagberg, 2007). Παρά τον κεντρικό της ρόλο στην εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες, αποτελεί έναν από τους πιο προβληματικούς τομείς του προγράμματος σπουδών της βιολογίας, κυρίως λόγω των εννοιολογικών προκλήσεων που

αντιμετωπίζουν οι μαθήτριες/τές. Μεταξύ των καταγεγραμμένων δυσκολιών είναι και η αδυναμία να κατανοήσουν πολύπλοκα γενετικά φαινόμενα και διαδικασίες σε διαφορετικά οργανωτικά επίπεδα, καθώς και ο ελλιπής διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής γνώσης από τις/τους εκπαιδευτικούς. Έρευνες δείχνουν πως τα τρέχοντα προγράμματα σπουδών γενετικής συχνά προτρέπουν τις/τους μαθήτριες/τές να σκέφτονται με γενετικά ντετερμινιστικό τρόπο, απεικονίζοντας ταυτόχρονα ανεπαρκώς σύγχρονες γενετικές έννοιες, όπως η επιγενετική και η αλληλεπίδραση γονιδίων και περιβάλλοντος (Haskel-Ittah et al., 2021), πτυχές που ολοένα και περισσότερο εμφανίζονται σε προτάσεις για σχεδιασμό διδασκαλίας της γονιδιακής έκφρασης και του σχηματισμού χαρακτηριστικών (Heemann & Hammann, 2020).

Η έλλειψη σύγχρονων γενετικών εννοιών στη διδασκαλία της γενετικής είναι παγκοσμίως τεκμηριωμένη και έχει οδηγήσει σε μελέτες που έχουν επικεντρωθεί στον τρόπο με τον οποίο αποτυπώνεται η έννοια του γονιδίου στα σχολικά εγχειρίδια βιολογίας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, δεδομένου ότι αποτελούν την κύρια πηγή διδασκαλίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και συνεπώς κατέχουν κεντρικό ρόλο στη διαμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητριών/τών και των εκπαιδευτικών (Aivelo & Uitto, 2015˙ Christidou & Papadopoulou, 2018˙ Gericke et al., 2014˙ Gericke & Hagberg, 2010a˙ 2010b˙ dos Santos et al., 2012). Η παρούσα μελέτη ακολουθεί το πλαίσιο που έθεσε η εργασία των Gericke και Hagberg (2007), οι οποίοι ανέπτυξαν τα πέντε επιστημονικά ιστορικά μοντέλα που περιγράφουν την έννοια και τη λειτουργία του γονιδίου για μια τέτοια ανάλυση σχολικών εγχειριδίων, δηλαδή το Μεντελικό, το κλασικό, το βιοχημικό-κλασικό, το νεοκλασικό και το σύγχρονο. Με βάση την έρευνα που διεξήχθη για τα ελληνικά βιβλία βιολογίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση από τις Christidou και Papadopoulou (2018), στοχεύουμε να διερευνήσουμε τις αντιλήψεις των μαθητριών/τών και των εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για την έννοια του γονιδίου και τη λειτουργία του υπό το πρίσμα των πέντε ιστορικών γονιδιακών μοντέλων. Οι εκπαιδευτικοί και ο διδακτικός μετασχηματισμός της επιστημονικής στη σχολική επιστήμη παίζουν κριτικό ρόλο στη διαμόρφωση των αντιλήψεων και της κατανόησης των μαθητριών/τών.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που καθοδηγούν τη μελέτη μας είναι τα εξής:

α) Ποια από τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά των ιστορικών γονιδιακών μοντέλων συναντώνται στις αντιλήψεις των μαθητριών/τών και των εκπαιδευτικών στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση;

β) Ποια ιστορικά γονιδιακά μοντέλα εκπροσωπούνται;

2. Μεθοδολογία

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήσαμε συνεντεύξεις με 9 μαθήτριες/τές της Γ' Λυκείου (Ομάδα προσανατολισμού: Θετικών Σπουδών και Σπουδών Υγείας) και 17 Βιολόγους εκπαιδευτικούς στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Για την ποιοτική έρευνα επιλέχθηκε η θεωρητική δειγματοληψία (Ίσαρη & Πουρκός, 2015) ως στρατηγική συλλογής δεδομένων μέσω των συνεντεύξεων, καθώς θεωρήθηκε η πιο συμβατή με τον ερευνητικό μας σκοπό. Οι συνεντεύξεις που πραγματοποιήθηκαν και με τις δύο ομάδες συμμετεχόντων ήταν ημι-δομημένες, με ερωτήσεις σχετικά με τρεις βασικές κατηγορίες: α) την κληρονομικότητα, β) τη γενετική δομή και γ) τις γενετικές διαδικασίες.

Οι απομαγνητοφωνήσεις των συνεντεύξεων αναλύθηκαν έτσι ώστε οι φράσεις των συνεντευξιαζόμενων να αντιστοιχηθούν με τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά των γονιδιακών μοντέλων (Christidou & Papadopoulou, 2018˙ Gericke & Hagberg, 2007). Στη συνέχεια, τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά ταξινομήθηκαν στα αντίστοιχα γονιδιακά μοντέλα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1: Παράδειγμα ανίχνευσης στη μονάδα πληροφορίας των επιστημολογικών χαρακτηριστικών και η αντιστοίχιση των μοντέλων

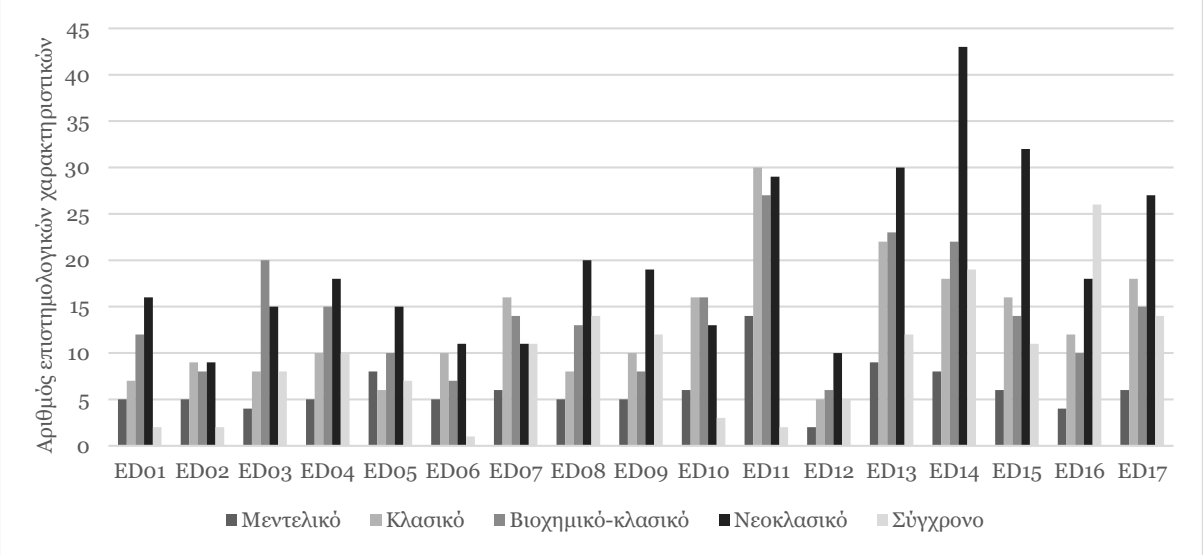
Μονάδα ανάλυσης	Επιστημολογικά χαρακτηριστικά μοντέλων		Μοντέλο/α
Εκπαιδευτικός: «Γονίδιο είναι η **ελάχιστη μονάδα αποθήκευσης της γενετικής πληροφορίας**. Είναι **ένα κομματάκι DNA με συγκεκριμένη αλληλουχία νουκλεοτιδίων**, αυτό με την πορεία της γονιδιακής έκφρασης, θα καταλήξει να δώσει **συνήθως μία πρωτεΐνη**, η οποία με τη σειρά της **συνδέεται με την εμφάνιση ενός χαρακτηριστικού σε έναν οργανισμό**.»	1c/1e	Το γονίδιο είναι ένα τμήμα DNA./ Το γονίδιο είναι φορέας και/ή μονάδα πληροφορίας.	νεοκλασικό
	2Icy	Το μοντέλο έχει οντότητες στο φαινοτυπικό και στο μοριακό επίπεδο.	μη ιστορικό επιστημολογικό χαρακτηριστικό
	2IIa	Η αντιστοιχία μεταξύ ενός γονιδίου και μιας γονιδιακής λειτουργίας είναι ένα-προς-ένα.	Μεντελικό/νεοκλασικό
	3b	Η λειτουργία του γονιδίου ορίζεται από κάτω προς τα πάνω (bottom-up).	βιοχημικό-κλασικό/νεοκλασικό
	4c	Υπάρχει διαχωρισμός μεταξύ γενοτύπου και φαινοτύπου με ένα ένζυμο ως διαμεσολαβητή.	βιοχημικό-κλασικό
	6bx	Υπάρχει επαγωγική ερμηνεία από το μακρο- επίπεδο στο μοριακό επίπεδο.	μη ιστορικό επιστημολογικό χαρακτηριστικό
	7a	Δε συμπεριλαμβάνονται περιβαλλοντικά στοιχεία.	Μεντελικό /κλασικό/ βιοχημικό-κλασικό

Σημείωση: Οι φράσεις με έντονη γραφή (bold) φέρουν την πληροφορία που αντιστοιχεί στα επιστημολογικά χαρακτηριστικά

3. Αποτελέσματα

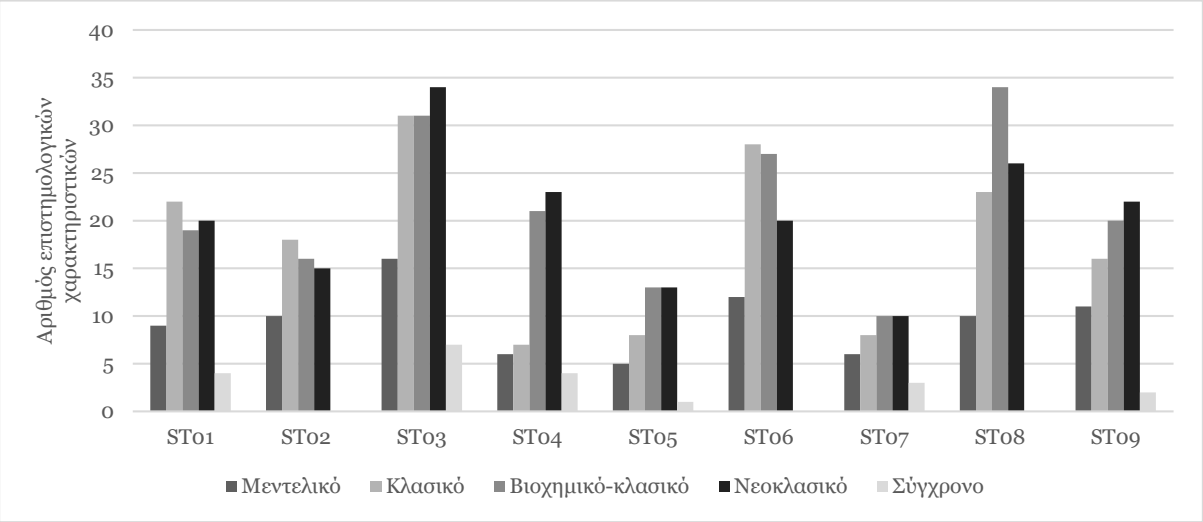
Στις απομαγνητοφωνήσεις των συνεντεύξεων των 17 Βιολόγων εκπαιδευτικών αναλύθηκαν 192 μονάδες ανάλυσης και εντοπίστηκαν 957 επιστημολογικά χαρακτηριστικά (

Σχήμα *1*), ενώ σε αυτές των 9 μαθητριών/τών, 110 μονάδες ανάλυσης και βρέθηκαν 624 επιστημολογικά χαρακτηριστικά (Σχήμα 2) αντίστοιχα.



Σχήμα 1: Γονιδιακά μοντέλα στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών (EDxx) που αντιπροσωπεύονται από τον αριθμό των επιστημολογικών χαρακτηριστικών που ανιχνεύθηκαν.

Παρότι παρατηρήθηκε ταυτόχρονη παρουσία επιστημολογικών χαρακτηριστικών από διαφορετικά μοντέλα στο λόγο μαθητριών/τών και εκπαιδευτικών, τα κυρίαρχα μοντέλα που αντιπροσωπεύονται από τον αριθμό των (περισσότερων) επιστημολογικών χαρακτηριστικών αποτέλεσαν το κλασικό, βιοχημικό-κλασικό και νεοκλασικό για τις/τους μαθήτριες/τές και το νεοκλασικό, κλασικό και βιοχημικό για τις/τους εκπαιδευτικούς. Τα μοντέλα αντιπροσωπεύονται από τα μοναδικά επιστημολογικά χαρακτηριστικά τους, τα οποία ανέρχονταν στο 26% των συνολικών χαρακτηριστικών που καταγράφηκαν για τις/τους μαθήτριες/τές και 31% για τις/τους εκπαιδευτικούς. Εντοπίστηκαν, ακόμα, επιστημολογικά χαρακτηριστικά (27% και για τις δύο ομάδες), που παρότι δεν ταξινομούνται στα ιστορικά μοντέλα, έχουν καταγραφεί στα διδακτικά εγχειρίδια Βιολογίας (Christidou & Papadopoulou, 2018˙ Gericke & Hagberg, 2007).



Σχήμα 2: Γονιδιακά μοντέλα στις αντιλήψεις των μαθητριών/τών (STxx) που αντιπροσωπεύονται από τον αριθμό των επιστημολογικών χαρακτηριστικών που ανιχνεύθηκαν.

4. Συμπεράσματα

Η μελέτη αυτή αποκάλυψε ότι στις αντιλήψεις των μαθητριών/τών και βιολόγων εκπαιδευτικών συνυπάρχουν (υβριδικά) και τα πέντε ιστορικά γονιδιακά μοντέλα, φαινόμενο που καταγράφεται και στη διεθνή βιβλιογραφία σύμφωνα με τις Tsopoglou-Gkina και Papadopoulou (2019) με κυρίαρχα μοντέλα το Μεντελικό και το κλασικό. Συγκριτικά, στην παρούσα έρευνα ανιχνεύτηκαν λίγα μοναδικά χαρακτηριστικά του Μεντελικού μοντέλου, ενώ το κλασικό μοντέλο επικράτησε μόνο στις αντιλήψεις των μαθητριών/τών.

Τα μοντέλα που ανιχνεύτηκαν στις αντιλήψεις και των μαθητριών/τών (κλασικό) και των εκπαιδευτικών (νεοκλασικό), εντούτοις, εμφανίζονται στα τρία επικρατέστερα μοντέλα των σχολικών διδακτικών εγχειριδίων σύμφωνα με ανάλυση των Christidou και Papadopoulou (2018), που είναι το βιοχημικό-κλασικό, νεοκλασικό και κλασικό μοντέλο. Δεδομένου ότι το σχολικό εγχειρίδιο αποτελεί βασικό και πολλές φορές μοναδικό εργαλείο στην εκπαιδευτική διαδικασία, φαίνεται εύλογη η ισχυρή επιρροή στις αντιλήψεις των εμπλεκόμενων σε αυτή, κάτι που αναμένεται να φανεί και στην εξέλιξη της παρούσας έρευνας. Ακόμα, η φτωχή εκπροσώπηση του σύγχρονου μοντέλου στις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών φαίνεται να συμφωνεί και με την ανεπαρκή απεικόνιση των σύγχρονων γενετικών εννοιών στα προγράμματα σπουδών και σε ελληνικά και διεθνή σχολικά εγχειρίδια.

Οι σύγχρονες γενετικές έννοιες κρίνεται απαραίτητο να συμπεριληφθούν στα προγράμματα σπουδών σχετικά με τη λειτουργία και την έκφραση των γονιδίων (Heemann &

Hammann, 2020), καθώς η έλλειψή τους είναι συνδεδεμένη με γενετικά ντετερμινιστικές απόψεις για μαθήτριες/τές και εκπαιδευτικούς (Haskel-Ittah et al., 2021).

5. Ευχαριστίες

Η παρούσα ερευνητική εργασία εμπίπτει στα πλαίσια έργου, που συγχρηματοδοτείται από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) μέσω του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση», στο πλαίσιο της Πράξης «Ενίσχυση του ανθρώπινου ερευνητικού δυναμικού μέσω της υλοποίησης διδακτορικής έρευνας» (MIS-5000432), υλοποιούμενο από το Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών (ΙΚΥ).

6. Βιβλιογραφία

Ίσαρη, Φ., & Πουρκός, Μ. (2015). *Ποιοτική μεθοδολογία έρευνας*. Κάλλιπος, Ανοικτές Ακαδημαϊκές Εκδόσεις. http://hdl.handle.net/11419/5826

Agorram, B., Clement, P., Selmaoui, S., Khzami, S. E., Chafik, J., & Chiadli, A. (2010). University students' conceptions about the concept of gene: Interest of historical approach. *US-China Education Review, 7*(2), 9–15.

Aivelo, T., & Uitto, A. (2015). Genetic determinism in the Finnish upper secondary school biology textbooks. *Nordic Studies in Science Education*, *11*(2), 139–152. https://doi.org/10.5617/nordina.2042

Christidou, A., & Papadopoulou, P. (2018). Representations of gene models in Greek secondary school biology textbooks. *XII Conference of European Researchers in Didactics of Biology (ERIDOB)*, 65. https://eventos.unizar.es/_files/_event/_8746/_editorFiles/file/eridob2018/Abstracts%20Book%20Eridob%202018.pdf

dos 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 & Education*, *21*(4), 543–578. https://doi.org/10.1007/s11191-011-9348-1

Gericke, N., & Hagberg, M. (2007). Definition of historical models of gene function and their relation to students' understanding of genetics. *Science & Education*, *16*(7–8), 849–881. https://doi.org/10.1007/s11191-006-9064-4

Gericke, N., & Hagberg, M. (2010a). Conceptual Incoherence as a Result of the use of Multiple Historical Models in School Textbooks. *Research in Science Education*, *40*(4), 605–623. https://doi.org/10.1007/s11165-009-9136-y

Gericke, N., & Hagberg, M. (2010b). Conceptual Variation in the Depiction of Gene Function in Upper Secondary School Textbooks. *Science & Education*, *19*(10), 963–994. https://doi.org/10.1007/s11191-010-9262-y

Gericke, N., Hagberg, M., dos Santos, V. C., Joaquim, L. M., & El-Hani, C. N. (2014). Conceptual Variation or Incoherence? Textbook Discourse on Genes in Six Countries. *Science & Education*, *23*(2), 381–416. https://doi.org/10.1007/s11191-012-9499-8

Haskel-Ittah, M. (2021). How Can We Help Students Reason About the Mechanisms by Which Genes Affect Traits? Στο M. Haskel-Ittah & A. Yarden (Επιμ.), *Genetics Education: Current Challenges and Possible Solutions,* σ. 71–86. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86051-6_5

Heemann, T., & Hammann, M. (2020). Towards teaching for an integrated understanding of trait formation: An analysis of genetics tasks in high school biology textbooks. This paper was presented at the ERIDOB conference 2020. *Journal of Biological Education, 54*(2), 191–201. https://doi.org/10.1080/00219266.2020.1739421

Tsopoglou-Gkina, D., & Papadopoulou, P. (2019). Genetic Concepts, Representations And Models In Students' And Educators' Conceptions. Στο Levrini, O. & Tasquier, G. (Επιμ.), *Electronic*

Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education, Learning Science: Conceptual Understanding/Strand 1 (συνεπιμ. De Ambrosis A. & Finlayson O.), (σ. 50-59). Bologna: ALMA MATER STUDIORUM – University of Bologna. 978-88-945874-0-1978-88-945874-0-1

Συνεργατική Συνοχή Ομάδων Συνεργατικής Μάθησης στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

Χρήστος Χρυσανθόπουλος[1], Πηνελόπη Παπαδοπούλου[2], Αλεξάνδρα Μπεκιάρη[3], Γεώργιος Μαλανδράκης[4]

[1]Υποψήφιος Διδάκτορας, [2]Καθηγήτρια, [3]Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, [4]Επίκουρος Καθηγητής

[1,2] Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας,

[3]Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,

[4]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα διδακτορικής διατριβής η οποία επικεντρώνεται στην μελέτη της συνεργατικής μάθησης στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ) με ανάλυση κοινωνικών δικτύων (ΑΚΔ). Προκειμένου να διερευνηθεί η συνεργατική συνοχή ομάδων συνεργατικής μάθησης στην ΠΕ, ομάδες μαθητών που επισκέπτονται Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΚΠΕ), συμπληρώνουν, πριν και μετά το Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΠΠΕ), ερωτηματολόγια καταγραφής ενδο-ομαδικών αλληλεπιδράσεων συνεργατικών σχέσεων. Από τις απαντήσεις των μαθητών, με την μεθοδολογία της ΑΚΔ, δημιουργούνται δίκτυα συνεργατικών σχέσεων ανά ομάδα, υπολογίζονται δικτυακοί δείκτες συνοχής των αλληλεπιδράσεων ανά δίκτυο και ομάδα, η ανάλυση των οποίων δείχνει αύξηση της συνεργατικής συνοχής των ομάδων μετά το ΠΠΕ.

Abstract

This paper is part of a PhD thesis which focuses on the study of Cooperative Learning in Environmental Education (EE) using social network analysis (SNA). In order to investigate the cooperative cohesion of cooperative learning groups in EE, groups of students visiting an Environmental Education Center (EEC), fill in, before and after the Environmental Education Program (EEP), questionnaires recording intra-group interactions of cooperative relations. From the answers of the students, with the methodology of the SNA, networks of cooperative relations are created per group, network cohesion indices of the interactions per network and group are calculated, the analysis of which shows an increase in the cooperative cohesion of the groups after the EEP.

Λέξεις κλειδιά: Συνεργατική Συνοχή, Συνεργατική Μάθηση, Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Ανάλυση Κοινωνικών Δικτύων

Key words: Cooperative Cohesion, Cooperative Learning, Environmental Education, Social Network Analysis

1. Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αποτελεί τμήμα διδακτορικής διατριβής η οποία επικεντρώνεται στην μελέτη της συνεργατικής μάθησης στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (ΠΕ) με Ανάλυση Κοινωνικών Δικτύων (ΑΚΔ). Η συνεργατική μάθηση αναφέρεται σε μεθόδους διδασκαλίας στις οποίες οι μαθητές συνεργάζονται σε μικρές ομάδες για την ολοκλήρωση ομαδικών εργασιών και την επιτυχία κοινών στόχων βοηθώντας ο ένας τον άλλον να μάθουν (Slavin, 2014). Η ΑΚΔ είναι μέθοδος διερεύνησης των κοινωνικών δομών, η οποία στηρίζεται στη θεωρία δικτύων, θεωρώντας τις κοινωνικές δομές ως συστήματα, και τις σχέσεις που αναπτύσσονται στο εσωτερικό τους ως δίκτυα αλληλεπιδράσεων των μελών τους (Otte & Rousseau, 2002˙ Wang & Li, 2008). Η συνοχή αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της

συνεργασίας των ομάδων συνεργατικής μάθησης η οποία επηρεάζει την συνεργατική τους απόδοση (Strijbos et al., 2004˙ Wang & Li, 2008). Αφορά την διαμόρφωση των αλληλεπιδράσεων των μελών μιας συνεργατικής ομάδας ώστε η ομάδα να διασυνδέεται με τέτοιον τρόπο που να καθίσταται ενωμένη και λειτουργική ως συνεργατικό σύστημα μάθησης (Altebarmakian & Alterman, 2019˙ Gašević et al., 2019˙ Reffay & Chanier, 2003). Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της συνοχής της συνεργασίας σε μαθητικές ομάδες πριν και μετά την υλοποίηση Προγράμματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΠΠΕ). Κατά την συνεργατική μάθηση οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελών των ομάδων οδηγούν στην παραγωγή ομαδικής γνώσης η οποία με τη σειρά της μέσω των αλληλεπιδράσεων διαχέεται στα μέλη της ομάδας (Altebarmakian & Alterman, 2019). Στην παρούσα εργασία προκειμένου να μελετηθεί η συνεργατική συνοχή ομάδων συνεργατικής μάθησης στο πλαίσιο υλοποίησης ΠΠΕ εξετάζεται η συνοχή των αλληλεπιδράσεων δύο χαρακτηριστικών συνεργατικών σχέσεων συνεργατικής μάθησης οι οποίες αναπτύσσονται κατά την υλοποίηση ΠΠΕ, της επικοινωνίας και της περιβαλλοντικής πληροφόρησης μεταξύ των μαθητών κάθε ομάδας. Η συνοχή των αλληλεπιδράσεων μελετάται με την μέθοδο Ανάλυσης Κοινωνικών Δικτύων (ΑΚΔ), η οποία είναι μία μέθοδος ανάλυσης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των συμμετεχόντων (Wang & Li, 2008), με την δημιουργία κατευθυνόμενων δικτύων για κάθε συνεργατική σχέση. Ένα κατευθυνόμενο δίκτυο αλληλεπιδράσεων μιας συνεργατικής σχέσης μιας συνεργατικής ομάδας αποτελείται από τα μέλη της ομάδας, τις εξερχόμενες αλληλεπιδράσεις που αποστέλλει κάθε μέλος της ομάδας προς τα άλλα μέλη, και τις εισερχόμενες αλληλεπιδράσεις που λαμβάνει κάθε μέλος από τα άλλα μέλη (Vargas et al., 2018). Για την εκτίμηση της συνοχής χρησιμοποιούνται δικτυακοί δείκτες συνοχής, η συνεκτίμηση των οποίων μπορεί να μας δώσει μία εικόνα της συνοχής των δικτύων ως προς τις εξερχόμενες αλληλεπιδράσεις, τις εισερχόμενες αλληλεπιδράσεις και τις συνολικές αλληλεπιδράσεις των συνεργατικών σχέσεων και συνεπώς της συνεργατικής συνοχής των ομάδων συνεργατικής μάθησης για κάθε συνεργατική σχέση (Hernandez & Uddameri, 2016˙ Saqr et al., 2018˙ Wang & Li, 2008). Στα κατευθυνόμενα συνεργατικά δίκτυα οι εξερχόμενες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελών ενός δικτύου αντικατοπτρίζουν την συνεργατική συνεισφορά των μελών, από πλευράς δραστηριότητας και προσπάθειας που καταβάλλουν, για την ανάπτυξη της σχέσης που αποτυπώνει το δίκτυο, οι εισερχόμενες αλληλεπιδράσεις αντικατοπτρίζουν την συνεργατική συνεισφορά των μελών ως προς την λειτουργία της σχέσης αυτής, και ο συνολικός αριθμός των αλληλεπιδράσεων εκφράζει την συνολική συνεργατική συνεισφορά των μελών ως προς την ανάπτυξη και λειτουργία της σχέσης αυτής (Saqr & Alamro, 2019˙ Saqr et al., 2018).

Στην παρούσα εργασία εξετάζονται τα εξής ερωτήματα: 1) Πως διαμορφώνεται η συνεργατική συνοχή των ομάδων συνεργατικής μάθησης μετά την υλοποίηση του ΠΠΕ συγκριτικά με την συνοχή τους πριν την υλοποίηση του ΠΠΕ ως προς τις σχέσεις επικοινωνίας και περιβαλλοντικής πληροφόρησης. 2) Με βάση την διαμόρφωση της συνεργατικής συνοχής μετά την υλοποίηση του ΠΠΕ συγκριτικά με την συνοχή πριν την υλοποίηση του ΠΠΕ, τι συμπεράσματα συνάγονται για την επίδραση της συνεργατικής μάθησης στο πλαίσιο του ΠΠΕ στην συνεργατική συμπεριφορά των ομάδων ως προς τις σχέσεις επικοινωνίας και περιβαλλοντικής πληροφόρησης;

2. Μεθοδολογία

Στην έρευνα συμμετείχαν 74 μαθητές δύο Γυμνασίων οι οποίοι τοποθετούμενοι σε 10 ομάδες των 7-8 ατόμων υλοποίησαν μονοήμερο ΠΠΕ σε Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΚΠΕ).

Οι μαθητές, πριν το ΠΠΕ , κλήθηκαν με ερωτηματολόγιο να απαντήσουν στα εξής δύο δικτυακά ερωτήματα: 1) «Υπάρχουν στην ομάδα σου άτομα με τα οποία έχεις καλή επικοινωνία εντός ή εκτός σχολείου;» 2) «Υπάρχουν στην ομάδα σου άτομα που θα ρωτούσες τη γνώμη τους αν είχες απορίες σχετικά με το περιβάλλον;» Και μετά το ΠΠΕ στα εξής δύο αντίστοιχα δικτυακά ερωτήματα: 1) «Υπάρχουν στην ομάδα σου άτομα με τα οποία σήμερα εδώ είχες καλή επικοινωνία;» 2) «Υπάρχουν στην ομάδα σου άτομα τα οποία τώρα θα

ρωτούσες τη γνώμη τους αν είχες απορίες σχετικά με το περιβάλλον;» Από τις απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα δημιουργήθηκαν δύο τύποι κατευθυνόμενων δικτύων, το δίκτυο της «Επικοινωνίας» και το δίκτυο της «Περιβαλλοντικής Πληροφόρησης», τα οποία αναπαριστούν τις αλληλεπιδράσεις δύο βασικών συνεργατικών σχέσεων συνεργατικής μάθησης που λαμβάνουν χώρα στο πλαίσιο υλοποίησης του ΠΠΕ, της επικοινωνίας και της περιβαλλοντικής πληροφόρησης μεταξύ των μαθητών κάθε συνεργατικής ομάδας.

Προκειμένου να μελετηθεί η συνοχή των αλληλεπιδράσεων των περιβαλλοντικών ομάδων ως προς τις παραπάνω συνεργατικές σχέσεις, για κάθε τύπο δικτύου κάθε ομάδας υπολογίστηκαν και αναλύθηκαν, πριν και μετά το ΠΠΕ, οι εξής δείκτες συνοχής:

1) Δείκτες πυκνότητας: α) Πυκνότητα (Density) (D). Είναι ένα μέτρο του βαθμού στον οποίον τα μέλη ενός δικτύου μιας ομάδας τείνουν να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (Dado & Bodemer, 2017˙ Dou & Zwolak, 2019˙ Lee & Bonk, 2016). β) Συντελεστής Ομαδοποίησης (Clustering Coefficient) (CC). Είναι ένα μέτρο του βαθμού στον οποίον τα μέλη μιας ομάδας τείνουν να ομαδοποιούνται, στο πλαίσιο του δικτύου σε υποομάδες, αλληλεπιδρώντας μεταξύ τους σχηματίζοντας δικτυακές κλίκες. Όσο ποιο μεγάλος είναι ο δείκτης αυτός τόσο πιο εύρωστο και ανθεκτικό είναι ένα δίκτυο λόγω της υψηλής εναλλακτικής συνδεσιμότητας που του προσδίδουν τα πλέγματα αλληλεπιδράσεων των κλικών (Saqr & Alamro, 2019˙ Saqr et al., 2018˙ Saqr et al., 2019˙ Saqr et al., 2020˙ Traxler et al., 2018).

2) Δείκτες συγκέντρωσης: α) Η Συγκέντρωση Έσω Βαθμών (In-Degree Centralization) (IDC) αποτυπώνει την κατανομή των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μελών ενός δικτύου. β) η Συγκέντρωση Έξω Βαθμών (Out-Degree Centralization) (ODC) αποτυπώνει την κατανομή των εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μελών ενός δικτύου και γ) η Συνολική Συγκέντρωση Βαθμών (Total-Degree-Centralization) (TDC) αποτυπώνει την συνολική κατανομή των εισερχόμενων και εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μελών ενός δικτύου (Hernandez & Uddameri, 2016˙ Mameli et al., 2015˙ Saqr et al., 2020).

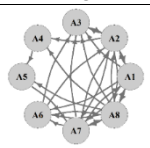
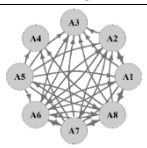
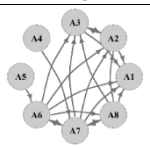
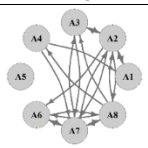
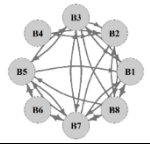
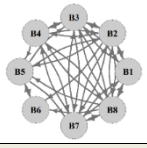
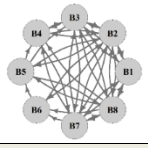
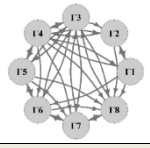
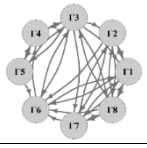
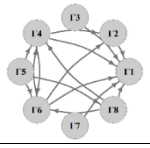
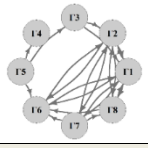
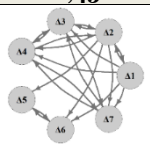
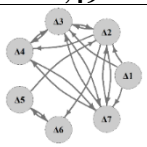
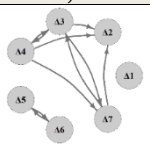
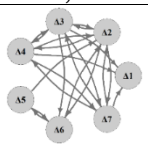
Και οι πέντε δείκτες παίρνουν τιμές από 0 έως 1. Όσο οι δείκτες πυκνότητας τείνουν προς το 1 τόσο ο αριθμός των αλληλεπιδράσεων τείνει προς το μέγιστο δυνατό ενώ όσο οι δείκτες συγκέντρωσης τείνουν προς το 0 τόσο οι αλληλεπιδράσεις τείνουν να κατανέμονται ομοιόμορφα μεταξύ των μαθητών. Η συνοχή εκτιμάται συναρτήσει του βαθμού της πυκνότητας και του βαθμού ομοιομορφίας της κατανομής των αλληλεπιδράσεων. Τα δίκτυα τείνουν προς την μέγιστη συνοχή όσο οι δείκτες πυκνότητας αυξάνονται, τείνοντας προς το μέγιστο (1) και οι δείκτες συγκέντρωσης μειώνονται, τείνοντας προς το ελάχιστο (0), όπου όλα τα μέλη του δικτύου τείνουν να αλληλεπιδρούν με όλα ομοιόμορφα. (Hernandez & Uddameri, 2016˙ Saqr et al., 2020). Τα δίκτυα με υψηλές τιμές δεικτών συγκέντρωσης χαρακτηρίζονται από συγκέντρωση των αλληλεπιδράσεων σε ένα ή λίγα μέλη με συνέπεια να είναι ευάλωτα στην απομάκρυνση των μελών αυτών (Saqr et al., 2020). Υπό το πρίσμα της συνεκτίμησης των παραπάνω δεικτών συνοχής, η συνοχή διακρίνεται ως συνοχή των εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων που εκτιμάται από την σχέση των δεικτών πυκνότητας (D, CC) προς τον δείκτη συγκέντρωσης ODC, ως συνοχή των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων που εκτιμάται από την σχέση των δεικτών πυκνότητας (D, CC) προς τον δείκτη συγκέντρωσης IDC, και ως συνολική συνοχή των αλληλεπιδράσεων που εκτιμάται από την σχέση των δεικτών πυκνότητας (D, CC) προς τον δείκτη συγκέντρωσης TDC.

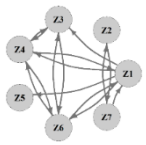
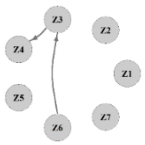
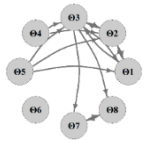
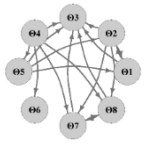
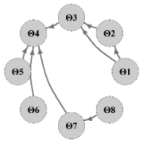
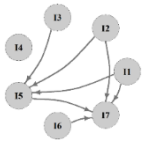
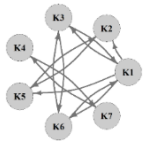
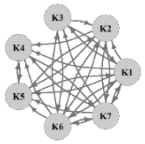
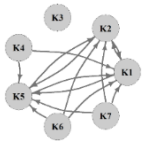
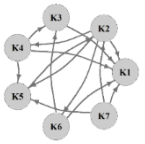
Για την ανάλυση των δεδομένων, πριν και μετά το ΠΠΕ, α) δημιουργήθηκαν και απεικονίστηκαν τα δίκτυα ανά ομάδα και τύπο δικτύου και υπολογίστηκαν οι τιμές των δεικτών συνοχής για καθένα απ' αυτά (Πίνακας 1), β) υπολογίστηκαν και αναπαραστάθηκαν σε διαγράμματα (Σχήμα 1) οι μέσοι όροι των δεικτών, η ποσοστιαία μεταβολή τους και η στατιστική σημαντικότητά της με το Wilcoxon signed-rank test, για κάθε τύπο δικτύου. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την γλώσσα ανάλυσης δεδομένων R στο λογισμικό RStudio.

3. Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της απεικόνισης των δικτύων και των τιμών των δεικτών συνοχής των αλληλεπιδράσεων, ανά ομάδα και ανά τύπο δικτύου. Από την οπτική σύγκριση της απεικόνισης των δικτύων κάθε ομάδας και την αριθμητική σύγκριση των αντίστοιχων τιμών των δεικτών συνοχής πριν και μετά την υλοποίηση ΠΠΕ παρατηρούμε ότι και στους δύο τύπους δικτύων των περισσότερων ομάδων, μετά το ΠΠΕ, α) οι αλληλεπιδράσεις απεικονίζονται να πυκνώνουν και να κατανέμονται πιο ομοιόμορφα μεταξύ των μελών των δικτύων, β) οι τιμές των δεικτών πυκνότητας (D, CC) αυξάνονται και οι τιμές των δεικτών συγκέντρωσης (TDC, IDC, ODC) είτε μειώνονται είτε αυξάνονται, λιγότερο όμως απ' ότι αυξάνεται το άθροισμα των δεικτών της πυκνότητας. Δεδομένου ότι όσο αυξάνεται η σχέση των δεικτών πυκνότητας προς τους δείκτες συγκέντρωσης των αλληλεπιδράσεων τόσο αυξάνεται η συνοχή, οι παραπάνω παρατηρήσεις υποδηλώνουν αύξηση τόσο της συνοχής των εισερχόμενων και εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων όσο και της συνολικής συνοχής των αλληλεπιδράσεων και στους δύο τύπους δικτύων των περισσότερων ομάδων μετά το ΠΠΕ.

Πίνακας 1: Απεικονίσεις δικτύων και τιμές των δεικτών συνοχής, ανά τύπο δικτύων και ανά ομάδα, πριν και μετά την υλοποίηση του ΠΠΕ. Με γκρι φόντο επισημαίνονται οι τιμές των δεικτών που υποδηλώνουν μεγαλύτερη συνοχή (οι μεγαλύτερες για τους δείκτες πυκνότητας και οι μικρότερες για τους δείκτες συγκέντρωσης) μεταξύ των τιμών πριν και μετά την υλοποίηση ΠΠΕ.

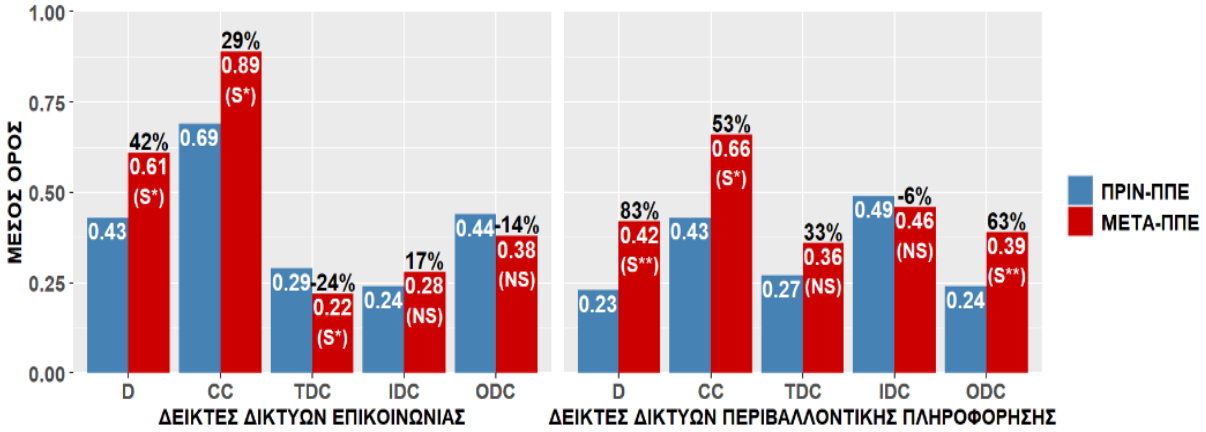
ΔΙΚΤΥΑ ΑΝΑ ΟΜΑΔΑ			ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ		ΔΙΚΤΥΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ	
			ΠΡΙΝ ΤΟ ΠΠΕ	ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΠΕ	ΠΡΙΝ ΤΟ ΠΠΕ	ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΠΕ
ΟΜΑΔΑ Α	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ					
	ΔΕΙΚΤΕΣ	D	0,50	0,61	0,36	0,38
		CC	0,80	0,93	0,67	0,50
		TDC	0,38	0,24	0,29	0,36
		IDC	0,25	0,29	0,41	0,39
		ODC	0,57	0,45	0,41	0,39
ΟΜΑΔΑ Β	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ					
	ΔΕΙΚΤΕΣ	D	0,48	0,68	0,34	0,68
		CC	0,68	0,87	0,54	0,81
		TDC	0,41	0,33	0,21	0,43
		IDC	0,27	0,20	0,43	0,37
		ODC	0,43	0,37	0,27	0,37
ΟΜΑΔΑ Γ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ					
	ΔΕΙΚΤΕΣ	D	0,61	0,57	0,27	0,39
		CC	0,84	0,91	0,57	0,54
		TDC	0,24	0,29	0,21	0,33
		IDC	0,45	0,33	0,67	0,37
		ODC	0,45	0,49	0,18	0,20
ΟΜΑΔΑ Δ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ					
	ΔΕΙΚΤΕΣ	D	0,50	0,43	0,24	0,50
		CC	0,84	0,87	0,57	0,78
		TDC	0,35	0,33	0,25	0,35
		IDC	0,19	0,28	0,31	0,39
		ODC	0,58	0,28	0,31	0,39

ΟΜΑΔΑ Ε	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ					
	ΔΕΙΚΤΕΣ	D	0,55	0,74	0,19	0,38
		CC	0,84	0,95	0,48	0,74
		TDC	0,17	0,13	0,20	0,40
		IDC	0,14	0,11	0,17	0,53
		ODC	0,53	0,31	0,36	0,72
ΟΜΑΔΑ Ζ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ					
	ΔΕΙΚΤΕΣ	D	0,36	0,55	0,05	0,50
		CC	0,47	0,92	0,00	0,88
		TDC	0,32	0,28	0,17	0,35
		IDC	0,17	0,33	0,14	0,39
		ODC	0,36	0,53	0,14	0,58
ΟΜΑΔΑ Η	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ					
	ΔΕΙΚΤΕΣ	D	0,36	0,93	0,21	0,50
		CC	0,57	1,00	0,41	0,69
		TDC	0,08	0,10	0,40	0,35
		IDC	0,36	0,08	0,72	0,39
		ODC	0,36	0,08	0,33	0,39
ΟΜΑΔΑ Θ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ					
	ΔΕΙΚΤΕΣ	D	0,27	0,32	0,11	0,14
		CC	0,75	0,62	0,00	0,29
		TDC	0,41	0,14	0,43	0,19
		IDC	0,35	0,61	0,86	0,49
		ODC	0,35	0,45	0,04	0,16
ΟΜΑΔΑ Ι	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ					
	ΔΕΙΚΤΕΣ	D	0,38	0,60	0,17	0,38
		CC	0,48	0,89	0,38	0,81
		TDC	0,28	0,22	0,23	0,63
		IDC	0,14	0,47	0,58	0,72
		ODC	0,33	0,47	0,19	0,33
ΟΜΑΔΑ Κ	ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ					
	ΔΕΙΚΤΕΣ	D	0,29	0,71	0,33	0,33
		CC	0,62	0,92	0,72	0,60
		TDC	0,30	0,17	0,35	0,23
		IDC	0,06	0,14	0,58	0,58
		ODC	0,44	0,33	0,19	0,39

Στο διάγραμμα του Σχήματος 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τον υπολογισμό των μέσων τιμών των δεικτών συνοχής των δικτύων επικοινωνίας και περιβαλλοντικής πληροφόρησης των ομάδων, της ποσοστιαίας μεταβολής τους και της στατιστικής

σημαντικότητάς της, πριν και μετά την υλοποίηση του ΠΠΕ. Από τη σύγκριση των ποσοστών μεταβολής των μέσων τιμών των δεικτών συνοχής, πριν και μετά την υλοποίηση του ΠΠΕ, για κάθε τύπο δικτύου παρατηρούμε τα εξής ως προς την μεταβολή της μέσης συνοχή του:

Ως προς τα δίκτυα επικοινωνίας: Η μέση πυκνότητα (D) και ο μέσος συντελεστής ομαδοποίησης (CC) αυξάνονται, στατιστικά σημαντικά κατά 42% (S*), (από 0,43 σε 0,61) και 29% (S*), (από 0,69 σε 0,89) αντίστοιχα. Συνεπώς ως προς τους δείκτες αυτούς η μέση συνοχή αυξάνεται σε ποσοστό 42% και 29% αντίστοιχα. Η μέση συγκέντρωση (TDC) μειώνεται, στατιστικά σημαντικά, κατά 24% (S*) (από 0,29 σε 0,22). Συνεπώς ως προς τον δείκτη αυτόν η μέση συνοχή αυξάνεται σε ποσοστό 24%. Η μέση συγκέντρωση (IDC) αυξάνεται, όχι στατιστικά σημαντικά, κατά 17 % (NS) (από 0,29 σε 0,22) και η μέση συγκέντρωση (ODC) μειώνεται, όχι στατιστικά σημαντικά, κατά 14% (NS) (από 0,44 σε 0,38). Επειδή οι μέσες τιμές των δεικτών αυτών δεν μεταβάλλονται στατιστικά σημαντικά, το ποσοστό μεταβολής της μέσης συνοχής ως προς τους δείκτες αυτούς λογίζεται ως μηδενικό.



Σχήμα 1: Οι μέσοι όροι των δεικτών των δικτύων Ε και ΠΠ, η ποσοστιαία μεταβολή τους και η στατιστική σημαντικότητά της [S**: Significant ($P \leq .01$), S*: Significant ($P \leq .05$), NS: Non Significant ($P > .05$)] πριν και μετά το ΠΠΕ.

Από την συνεκτίμηση της μεταβολής των μέσων τιμών των παραπάνω δεικτών συνοχής ως προς τα δίκτυα επικοινωνίας έχουμε τα εξής: Το ποσοστό μεταβολής της μέσης συνοχής των εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων υπολογίζεται από τον μέσο όρο των ποσοστού μεταβολής των μέσων τιμών των δεικτών D, CC και ODC. Συνεπώς η μέση συνοχή των εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων, μετά το ΠΠΕ, αυξάνεται σε ποσοστό (42+29+0)/3=24%. Το ποσοστό μεταβολής της μέσης συνοχής των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων υπολογίζεται από τον μέσο όρο των ποσοστού μεταβολής των μέσων τιμών των δεικτών D, CC και IDC. Συνεπώς η μέση συνοχή των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων, μετά το ΠΠΕ, αυξάνεται σε ποσοστό (42+29+0)/3=24%. Το ποσοστό μεταβολής της μέσης συνολικής συνοχής των αλληλεπιδράσεων υπολογίζεται από τον μέσο όρο των ποσοστού μεταβολής των μέσων τιμών των δεικτών D, CC και TDC. Συνεπώς η μέση συνολική συνοχή των αλληλεπιδράσεων, μετά το ΠΠΕ, αυξάνεται σε ποσοστό (42+29+24)/3=32%.

Ως προς τα δίκτυα περιβαλλοντικής πληροφόρησης: Η μέση πυκνότητα (D) και ο μέσος συντελεστής ομαδοποίησης (CC) αυξάνονται, στατιστικά σημαντικά κατά 83% (S*), (από 0,23 σε 0,42) και 53% (S*), (από 0,43 σε 0,66) αντίστοιχα. Συνεπώς ως προς τους δείκτες αυτούς η μέση συνοχή αυξάνεται σε ποσοστό 83% και 53% αντίστοιχα. Η μέση συγκέντρωση (TDC) αυξάνεται, όχι στατιστικά σημαντικά, κατά 33 % (NS) (από 0,49 σε 0,46) και η μέση συγκέντρωση (IDC) μειώνεται, όχι στατιστικά σημαντικά, κατά 6% (NS) (από 0,44 σε 0,38). Επειδή οι μέσες τιμές των δεικτών αυτών δεν μεταβάλλονται στατιστικά σημαντικά, το ποσοστό μεταβολής της μέσης συνοχής ως προς τους δείκτες αυτούς λογίζεται ως μηδενικό. Η μέση συγκέντρωση (ODC) αυξάνεται, στατιστικά σημαντικά, κατά 63% (S*) (από 0,24 σε 0,39). Συνεπώς ως προς τον δείκτη αυτόν η μέση συνοχή μειώνεται σε ποσοστό 63%.

Από την συνεκτίμηση της μεταβολής των μέσων τιμών των παραπάνω δεικτών συνοχής ως προς τα δίκτυα περιβαλλοντικής πληροφόρησης έχουμε τα εξής: Το ποσοστό μεταβολής της μέσης συνοχής των εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων υπολογίζεται από τον μέσο όρο των ποσοστού μεταβολής των μέσων τιμών των δεικτών D, CC και ODC. Συνεπώς η μέση συνοχή των εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων, μετά το ΠΠΕ, αυξάνεται σε ποσοστό (83+53-63)/3=24%. Το ποσοστό μεταβολής της μέσης συνοχής των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων υπολογίζεται από τον μέσο όρο των ποσοστού μεταβολής των μέσων τιμών των δεικτών D, CC και IDC. Συνεπώς η μέση συνοχή των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων, μετά το ΠΠΕ, αυξάνεται σε ποσοστό (83+53+0)/3=45%. Το ποσοστό μεταβολής της μέσης συνολικής συνοχής των αλληλεπιδράσεων υπολογίζεται από τον μέσο όρο των ποσοστού μεταβολής των μέσων τιμών των δεικτών D, CC και TDC. Συνεπώς η μέση συνολική συνοχή των αλληλεπιδράσεων, μετά το ΠΠΕ, αυξάνεται σε ποσοστό (83+53+0)/3=45%.

4. Συμπεράσματα

Η μέση συνεργατική συνοχή των ομάδων ως προς τις εξερχόμενες αλληλεπιδράσεις, μετά την υλοποίηση του ΠΠΕ, αυξάνεται και στους δύο τύπους συνεργατικών σχέσεων στο ίδιο ποσοστό. Που σημαίνει ότι οι εξερχόμενες αλληλεπιδράσεις των ομάδων αυξάνονται και κατανέμονται πιο ομοιόμορφα μεταξύ των μελών, και στον ίδιο βαθμό στις σχέσεις επικοινωνίας και περιβαλλοντικής πληροφόρησης. Με βάση τα παραπάνω και δεδομένου ότι στα κατευθυνόμενα δίκτυα συνεργατικών σχέσεων οι εξερχόμενες δικτυακές αλληλεπιδράσεις μιας συνεργατικής σχέσης μεταξύ των μελών μιας ομάδας αντικατοπτρίζουν την συνεργατική συνεισφορά των μελών, από πλευράς δραστηριότητας και προσπάθειας που καταβάλλουν, για την ανάπτυξη της σχέσης αυτής (Saqr & Alamro, 2019˙ Saqr et al., 2018), συνάγεται ότι υπό την επίδραση της συνεργατικής μάθησης κατά την υλοποίηση του ΠΠΕ, οι ομάδες τείνουν να γίνονται πιο αποτελεσματικά συνεργατικές ως προς την ανάπτυξη των συνεργατικών σχέσεων επικοινωνίας και περιβαλλοντικής πληροφόρησης.

Η μέση συνεργατική συνοχή των ομάδων ως προς τις εισερχόμενες αλληλεπιδράσεις, μετά την υλοποίηση του ΠΠΕ, αυξάνεται και στους δύο τύπους συνεργατικών σχέσεων, περισσότερο όμως στις σχέσεις της περιβαλλοντικής πληροφόρησης. Που σημαίνει ότι οι εισερχόμενες αλληλεπιδράσεις των ομάδων αυξάνονται και κατανέμονται πιο ομοιόμορφα μεταξύ των μελών στις σχέσεις της επικοινωνίας και περισσότερο στις σχέσεις περιβαλλοντικής πληροφόρησης. Με βάση τα παραπάνω και δεδομένου ότι στα κατευθυνόμενα δίκτυα συνεργατικών σχέσεων οι εισερχόμενες δικτυακές αλληλεπιδράσεις μιας συνεργατικής σχέσης μεταξύ των μελών μιας ομάδας αντικατοπτρίζουν την συνεργατική συνεισφορά των μελών ως προς την λειτουργία της σχέσης αυτής (Saqr & Alamro, 2019˙ Saqr et al., 2018), συνάγεται ότι υπό την επίδραση της συνεργατικής μάθησης κατά την υλοποίηση του ΠΠΕ, οι ομάδες τείνουν να γίνονται πιο αποτελεσματικά συνεργατικές ως προς την λειτουργία των συνεργατικών σχέσεων της επικοινωνίας και περισσότερο της περιβαλλοντικής πληροφόρησης.

Η μέση συνολική συνεργατική συνοχή των ομάδων ως προς τις συνολικές αλληλεπιδράσεις, μετά την υλοποίηση του ΠΠΕ, αυξάνεται και στους δύο τύπων συνεργατικών σχέσεων, περισσότερο όμως στις σχέσεις της περιβαλλοντικής πληροφόρησης. Που σημαίνει ότι οι αλληλεπιδράσεις των ομάδων αυξάνονται και κατανέμονται πιο ομοιόμορφα μεταξύ των μελών, περισσότερο όμως στις σχέσεις περιβαλλοντικής πληροφόρησης. Το οποίο αποτελεί ένδειξη ότι, υπό την επίδραση της συνεργατικής μάθησης κατά την υλοποίηση του ΠΠΕ, οι ομάδες τείνουν να γίνονται πιο αποτελεσματικά συνεργατικές, ως προς την ανάπτυξη και λειτουργία, των συνεργατικών σχέσεων της επικοινωνίας και της περιβαλλοντικής πληροφόρησης. Ιδίως όμως της περιβαλλοντικής πληροφόρησης, η οποία εμφανίζεται ως αναδυόμενη συνεργατική σχέση στο πλαίσιο της συνεργατικής μάθησης στην περιβαλλοντική εκπαίδευση.

5. Βιβλιογραφία

Altebarmakian, M., & Alterman, R. (2019). Cohesion in online environments. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning, 14*(4), 443–465. https://doi.org/10.1007/s11412-019-09309-y

Dado, M., & Bodemer, D. (2017). A review of methodological applications of social network analysis in computer-supported collaborative learning. *Educational Research Review, 22,* 159–180. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.08.005

Dou, R., & Zwolak, J. P. (2019). Practitioner's guide to social network analysis: Examining physics anxiety in an active-learning setting. *Physical Review Physics Education Research, 15*(2), 20105. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020105

Gašević, D., Joksimović, S., Eagan, B. R., & Shaffer, D. W. (2019). SENS: Network analytics to combine social and cognitive perspectives of collaborative learning. *Computers in Human Behavior, 92*, 562–577. https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.07.003

Hernandez, E. A., & Uddameri, V. (2016). Heard it through the Grapevine - Social Network Analysis of a Hydrology Class. *Journal of Contemporary Water Research & Education, 158*(1), 85–97. https://doi.org/10.1111/j.1936-704x.2016.03221.x

Lee, J., & Bonk, C. J. (2016). Social network analysis of peer relationships and online interactions in a blended class using blogs. *Internet and Higher Education, 28,* 35–44. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2015.09.001

Mameli, C., Mazzoni, E., & Molinari, L. (2015). Patterns of discursive interactions in primary classrooms: an application of social network analysis. *Research Papers in Education, 30*(5), 546–566. https://doi.org/10.1080/02671522.2015.1027727

Otte, E., & Rousseau, R. (2002). Social network analysis: A powerful strategy, also for the information sciences. *Journal of Information Science, 28*(6), 441–453. https://doi.org/10.1177/016555150202800601

Reffay, C., & Chanier, T. (2003). How Social Network Analysis can help to Measure Cohesion in Collaborative Distance-Learning. Στο: B. Wasson, S. Ludvigsen, U. Hoppe (επιμ.) *Designing for Change in Networked Learning Environments. Computer-Supported Collaborative Learning, τομ. 2*, σ. 343–352. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0195-2_42

Saqr, M., & Alamro, A. (2019). The role of social network analysis as a learning analytics tool in online problem based learning. *BMC Medical Education, 19*(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/s12909-019-1599-6

Saqr, M., Fors, U., Tedre, M., & Nouri, J. (2018). How social network analysis can be used to monitor online collaborative learning and guide an informed intervention. *PLoS ONE, 13*(3), 1–22. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194777

Saqr, M., Nouri, J., & Jormanainen, I. (2019). A Learning Analytics Study of the Effect of Group Size on Social Dynamics and Performance in Online Collaborative Learning. Στο M. Scheffel, J. Broisin, V. Pammer-Schindler, A. Ioannou, J. Schneider (Επιμ.) *Transforming Learning with Meaningful Technologies. EC-TEL 2019. Lecture Notes in Computer Science, vol 11722,* 466–479. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7_35

Saqr, M., Nouri, J., Vartiainen, H., & Tedre, M. (2020). Robustness and rich clubs in collaborative learning groups: a learning analytics study using network science. *Scientific Reports, 10*(1), 1–16. https://doi.org/10.1038/s41598-020-71483-z

Slavin, R. E. (2014). Cooperative Learning and Academic Achievement: Why Does Groupwork Work? *Annals of Psychology, 30*(3), 785–791. https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.201201

Strijbos, J. W., Martens, R. L., Jochems, W. M. G., & Broers, N. J. (2004). The Effect of Functional Roles on Group Efficiency: Using Multilevel Modeling and Content Analysis to Investigate Computer-Supported Collaboration in Small Groups. *Small Group Research, 35*(2), 195–229. https://doi.org/10.1177/1046496403260843

Traxler, A., Gavrin, A., & Lindell, R. (2018). Networks identify productive forum discussions. *Physical Review Physics Education Research, 14*(2), 20107. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020107

Vargas, D. L., Bridgeman, A. M., Schmidt, D. R., Kohl, P. B., Wilcox, B. R., & Carr, L. D. (2018). Correlation between student collaboration network centrality and academic performance. *Physical Review Physics Education Research, 14*(2), 20112. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020112

Wang, Y., & Li, X. (2008). An exploration of social network analysis on cohesion in online collaborative learning. Στο *Proceedings of 2008 IEEE International Symposium on IT in Medicine and Education, ITME 2008*, 224–229. https://doi.org/10.1109/ITME.2008.4743858

Ευρετήριο

μεταπτυχιακών φοιτητών και φοιτητριών, υποψηφίων διδακτόρων, επιβλεπόντων, επιβλεπουσών & συν-συγγραφέων

Μεταπτυχιακές Φοιτήτριες

Βαλκάνου Ελένη-Μαρία	3
Βαλσαμούλη Δέσποινα	11
Κουμή Στυλιανή	19
Κυριακού Ιωάννα	25
Μαρή Φωτεινή	31
Μπιτσάκη Χαρά	37
Παναγοπούλου Μαρία	45
Σαμπροβαλάκη Έλλη	51
Σκεύα Γλυκερία	57

Υποψήφιες και υποψήφιοι Διδάκτορες

Γαλάνης Νικόλαος	65
Γκάγκας Βασίλειος	73
Δορούκα Πανδώρα	81
Ζουρμπάκης Αλκίνοος Ιωάννης	89
Κανελλιά Ελένη	97
Καπελώνης Νικόλαος	103
Κλαυδιανού Στυλιανή	109
Μεταξάς Ιωάννης	115
Μπακάλη Βάια	121
Ντινολάζου Χριστίνα	129
Σακελλαρίου Σιλβέστρα	135
Τζαγκαράκη Ευφρανσία	149
Τσόπογλου-Γκίνα Δέσποινα	157
Χρυσανθόπουλος Χρήστος	163

Επιβλέποντες, επιβλέπουσες και συν-συγγραφείς

Ασημόπουλος Στέφανος *(asimstef@uth.gr)*	121
Ζουπίδης Αναστάσιος *(azoupidis@eled.duth.gr)*	3, 19, 57
Καλογιαννάκης Μιχαήλ *(mkalogian@uth.gr)*	81, 89, 149
Κλώθου Άννα *(aklothou@eled.duth.gr)*	57
Λεύκος Ιωάννης *(lefkos@uom.edu.gr)*	11, 25
Μαλανδράκης Γεώργιος *(gmalandrakis@eled.auth.gr)*	65, 163
Μολοχίδης Αναστάσιος *(tasosmol@physics.auth.gr)*	109
Μπεκιάρη Αλεξάνδρα *(sandrab@pe.uth.gr)*	163
Παπαδοπούλου Πηνελόπη *(ppapadopoulou@uowm.gr)*	129, 157, 163
Παυλίδης Ιωάννης *(ipavlidis@uoc.gr)*	115
Σοφιανίδης Άγγελος *(asofianidis@uowm.gr)*	135
Στεφανίδου Κωνσταντίνα *(sconstant@primedu.uoa.gr)*	31, 45
Σταμοβλάσης Δημήτριος *(stadi@edlit.auth.gr)*	97
Σταράκης Ιωάννης *(gstarakakis@ecd.uoa.gr)*	3
Σταύρου Δημήτριος *(dstavrou@edc.uoc.gr)*	37, 51, 103, 115
Χατζηκρανιώτης Ευριπίδης *(evris@physics.auth.gr)*	73, 135

Πρακτικά

4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών/τριών

Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και

Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Πρακτικά Συνεδρίου

ISSN 2623-3622

ISBN 978-618-85582-1-2

https://doi.org/10.12681/nrcodiste.7373

2024, Ένωση για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Web site: **http://www.enephet.gr**