

4^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΝΕΩΝ ΕΡΕΥΝΗΤΩΝ/ΤΡΙΩΝ

στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών
& Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

16 – 18
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ
2022

Τευχίδιο Εργασιών Ομάδα Α



4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

Μέντορες:

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

Το σώμα των μεντόρων, σε κάθε συνεδρία, συντονίζεται από διμελές προεδρείο, όπως φαίνεται αναλυτικά στις συνεδρίες παρακάτω.

Συμμετέχοντες:

Βασίλειος Γκάγκας, Υποψήφιος Διδάκτορας, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.
Στυλιανή Κουμή, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Π.Τ.Ν., Π.Δ.Μ.
Φωτεινή Μαρή, Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, Π.Τ.Δ.Ε., Ε.Κ.Π.Α.
Ιωάννης Μεταξάς, Υποψήφιος Διδάκτορας, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Βάια 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., Π.Δ.Μ.

Παρασκευή 16 Σεπτεμβρίου

Συνεδρία 1

Προεδρείο μεντόρων: Ιωάννης Σταράκης, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης

Ιωάννης Μεταξάς (*Δημήτριος Σταύρου*) ... σελίδα 5

Ιδέες και διαδικασίες μάθησης Φοιτητών Τμημάτων Φυσικής και Χημείας πάνω στις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες υλικών στην ναοκλίμακα

Βάϊα Μπακάλη (*Στέφανος Ασημόπουλος*) ... σελίδα 10

Σχεδιασμός, εφαρμογή και αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για την εννοιολογική κατανόηση της Εντροπίας από υποψήφιους εκπαιδευτικούς μέσω μιας μικροσκοπικής προσέγγισης

Σάββατο 17 Σεπτεμβρίου

Συνεδρία 2

Προεδρείο μεντόρων: Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Ιωάννης Σταράκης

Βασίλειος Γκάγκας (*Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης*) ... σελίδα 15

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*) ... σελίδα 21

Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικού υλικού με επίκεντρο το «infographic», για τη STEM εκπαίδευση στην κλιματική αλλαγή

Συνεδρία 3

Προεδρείο μεντόρων: Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Ιωάννης Λεύκος

Φωτεινή Μαρή (*Κωνσταντίνα Στεφανίδου*) ... σελίδα 25

Το Διερευνητικό Μοντέλο Διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες: απόψεις και δυσκολίες στην εφαρμογή του μοντέλου από προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς

Χρήστος Χρυσανθόπουλος (*Πηνελόπη Παπαδοπούλου*) ... σελίδα 31

Συνοχή της Συνεργατικής Μάθησης σε Ομάδες Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Κυριακή 18 Σεπτεμβρίου

Συνεδρία 4

Προεδρείο μεντόρων: Γιούλη Βαϊοπούλου, Ιωάννης Λεύκος

Στυλιανή Κουμή (*Αναστάσιος Ζουπίδης*) ... σελίδα 36

Η Διερεύνηση ως Μέθοδος Διδασκαλίας για το μάθημα της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Μία επισκόπηση της βιβλιογραφίας

Ευφρανσία Τζαγκαράκη (*Μιχαήλ Καλογιαννάκης*) ... σελίδα 40

Αξιοποίηση πλεονεκτημάτων STEM για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού στο δημοτικό. Υλοποίηση ρομποτικής εφαρμογής μέσω Micro:bit

Ιδέες και διαδικασίες μάθησης Φοιτητών Τμημάτων Φυσικής και Χημείας πάνω στις εξαρτώμενες από το μέγεθος οπτικές ιδιότητες υλικών στην νανοκλίμακα

Ιωάννης Μεταξάς, Υποψήφιος Διδάκτορας, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Δημήτριος Σταύρου, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης

Ιωάννης Παυλίδης, Τμήμα Χημείας, 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, και 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 στην NET αποσκοπούν στην χειραγώγηση της ύλης στην νανοκλίμακα (τυπικά 1 με 100 nm) με σκοπό την ανάδειξη νέων μακροσκοπικών ιδιοτήτων (πχ 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 (πχ Stevens et al, 2009) και πολλά εκπαιδευτικά προγράμματα με θεμέλια στην NET έχουν ήδη εφαρμοστεί (πχ 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 NET 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 NET και των εξαρτώμενων από το μέγεθος ιδιοτήτων στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση είναι εξίσου σημαντική, καθώς πολλές αποφάσεις που αφορούν την καριέρα και την εξέλιξη 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 (πχ Sakhini & Blonder, 2015). Εν αντιθέσει, στην πανεπιστημιακή εκπαίδευση οι έρευνες κυρίως αποτελούνται από πειραματικά πρωτόκολλα στα οποία το φυσικοχημικό περιεχόμενο παρουσιάζεται ως έχειν (πχ Jenkins et al, 2016) με ένα, μόνο, μικρό αριθμό δημοσιεύσεων να θεμελιώνεται σε κάποιο ξεκάθαρο διδακτικό πλαίσιο (πχ 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 (Mèheut & Psillos, 2004; Duschl et al, 2011). Όπως και στην περίπτωση των ενοτήτων της NET, έτσι και στις διαδικασίες μάθησης υπάρχει μία διχογνωμία στη βιβλιογραφία όσον αφορά την σχολική και την πανεπιστημιακή εκπαίδευση. Στην σχολική εκπαίδευση υπάρχουν παραδείγματα αποσαφήνισης διαδικασιών μάθησης (πχ 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 στην 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 αλληλεπιδρούν 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). Την στιγμή της συγγραφής της συγκεκριμένης πρότασης έχει ολοκληρωθεί η πιλοτική εφαρμογή του διδακτικού πειράματος και βάση των αποτελεσμάτων που λήφθηκαν αναμένετε μέχρι την ημερομηνία του συνεδρίου να έχει αναδιαμορφωθεί το περιεχόμενο του και να έχει ολοκληρωθεί η κυρίως έρευνα.

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. Συνεπώς αποσαφηνίστηκαν οι δραστηριότητες καθώς και οι παρεμβάσεις του διδάσκοντα που βοηθούν τους/τις φοιτητές/τριες να ξεπεράσουν αυτά τα 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 παράγοντα 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. 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 εξήγηση 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, με τους φοιτητές/τριες να οδηγούνται στην σύνδεση των οπτικών ιδιοτήτων ενός νανουλικού 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.

5. Βιβλιογραφία

- Bhushan, B., Luo, D., Schrickler, 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>
- 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., 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
- 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>
- Talanquer, V (2018) Progression in reasoning about structure-property relationships. *Chemistry Education Research and Practice*, 19, 998–1009. <https://doi.org/10.1039/C7RP00187H>
- Mayring P., (2015). Qualitative Content Analysis: Theoretical Background and Procedures. In A. Bikner-Ahsbals, C. Knipping & N. Presmeg (Eds.), *Approaches to Qualitative Research in Mathematics Education* (pp. 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>
- Duit, R., Gropengießer, H., Kattmann, U., Komorek, M., & Parchmann, I. (2012) The model of educational reconstruction – A framework for improving teaching and learning science. In *Science Education Research and Practice in Europe* (pp. 13–37). Rotterdam: Sense Publishers. DOI: 10.1007/978-94-6091-900-8_2

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

- 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 DOI: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. In Sattler, K. D. (Ed.), *21st Century nanoscience – A handbook: Public policy, education, and global trends* (pp. 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. DOI:10.1080/09500690310001614717
- Kong, Y., Rodgers, K. J., Diefes-Dux, H., Douglas, K. A. & Madhavan, K. (2014) First-year engineering students' communication of nanotechnology size & scale in a design challenge. *Proceedings of the 121st ASEE Annual Conference and Exposition*. Indianapolis: American Society for Engineering Education. <https://doi.org/10.1002/jee.20172>

Σχεδιασμός, εφαρμογή και αξιολόγηση Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας για την εννοιολογική κατανόηση της Εντροπίας από υποψήφιους εκπαιδευτικούς μέσω μιας μικροσκοπικής προσέγγισης

Βάια Μπακάλη, Υποψήφια Διδάκτορας, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Στέφανος Ασημόπουλος, Π.Τ.Δ.Ε., 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 να δοθούν απαντήσεις σε ερωτήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των μικροσκοπικών μοντέλων που εφαρμόζονται για την εισαγωγή της έννοιας της μικροκατάστασης και τη συνεισφορά των παρακινήτικων ερωτήσεων στην ανάπτυξη και εξέλιξη συλλογισμών από τις φοιτήτριες καθ' όλη τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας.

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 answer questions regarding the effectiveness of the microscopic models applied to introduce the concept of microstate as well as the contribution of probing questions to the students' developing and evolving their reasoning throughout the learning process.

Λέξεις κλειδιά: διδακτική μαθησιακή ακολουθία, εντροπία, μικροσκοπικά μοντέλα, παρακινήτικες ερωτήσεις

Key words: teaching learning sequence, entropy, microscopic models, probing questions

1. Εισαγωγή

Η αφηρημένη φύση της έννοιας της εντροπίας (Carson et al., 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 οπτικοποιησιμων νοητικών μοντέλων από τους φοιτητές.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αξιολόγηση 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 της έννοιας της μικροκατάστασης; Με ποιες δυσκολίες έρχονται αντιμέτωπες οι φοιτήτριες κατά την εφαρμογή τους; Γ. Με ποιο τρόπο και σε ποιο βαθμό συνεισφέρουν οι παρακινήτικες ερωτήσεις (probing questions) στην ανάπτυξη συλλογισμών από τις φοιτήτριες για την εννοιολογική κατανόηση της εντροπίας;

2. Μεθοδολογία

Σε έρευνα που προηγήθηκε (Μπακάλη κ. ά. 2017) 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 2021) 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*. 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.

Η αναθεωρημένη και διευρυμένη ΔΜΑ 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. Στα μικροσκοπικά μοντέλα που εφαρμόζονται στη διευρυμένη ΔΜΑ, οι διαφορετικές μικροκαταστάσεις προκύπτουν όχι μόνο ως διαφορετικοί τρόποι διάταξης των μορίων στις δυνατές θέσεις αλλά και ως διαφορετικοί τρόποι κατανομής των ενεργειών των μορίων σε ενεργειακά επίπεδα (Haglund & Jerpsson, 2012). Ωστόσο η αναπαράσταση του μοντέλου των ενεργειακών επιπέδων έχει τροποποιηθεί ώστε να προσαρμοστεί στην αναπαράσταση που χρησιμοποιήθηκε στο μοντέλο της διάχυσης. 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.

Μέσα στο πλαίσιο που περιγράφηκε, η ερευνήτρια-εκπαιδευτικός απευθύνει παρακινήτικές ερωτήσεις που αποσκοπούν στο να ενθαρρύνουν τις φοιτήτριες να εκφράσουν και να εξελίξουν τους απόψεις τους, να αποτυπώσουν τα νοητικά τους μοντέλα και να παρέχουν περιγραφικές και επεξηγηματικές απαντήσεις για την αύξηση της εντροπίας στις φυσικές διαδικασίες που μελετώνται.

Πίνακας 1. Συνολτική 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

3. Αποτελέσματα

Τα δεδομένα προς ανάλυση αποτελούν γραπτά κείμενα προερχόμενα από καταγραφές των διδασκαλιών με κάμερα και απομαγνητοφωνήσεις αυτών, τα σχέδια των φοιτητριών σε κάθε ενότητα της ΔΜΑ καθώς και οι σημειώσεις της ερευνήτριας σε ημερολόγιο.

Στη παρούσα φάση η ανάλυση των δεδομένων βρίσκεται σε εξέλιξη. Ειδικότερα για κάθε διδακτική ενότητα ορίζονται, υπό μορφή πίνακα,

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 φαίνεται στο ακόλουθο παράδειγμα:

Σ1: Επισημαίνει ότι *το μέγεθος και η ένταση του χρώματος* περιγράφουν τις αναπαραστάσεις της υποθετικής σταγόνας χρωστικής. [Μκ-μτβ]

Σ2: Επισημαίνει ότι μεταξύ των πλεγμάτων *αλλάζει η θέση κάθε μορίου*. [μκ-μτβ]

Στο παράδειγμα οι κωδικοί [Μκ-μτβ], [μκ-μτβ] δηλώνουν αντίστοιχα μεταβλητές μακροκατάστασης και μικροκατάστασης. 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 θα επιδιωχτεί 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. Επιπλέον θα επισημανθούν οι παρακινητικές ερωτήσεις (Sahin A & Kulm G., 2008) που απευθύνει η ερευνήτρια και θα διερευνηθεί σε ποιο βαθμό αυτές παρακινούν τις φοιτήτριες επανεξετάζοντας τις αρχικές ιδέες τους, να παρέχουν μια πιο επαρκή εξήγηση, δικαιολόγηση ή/και γενίκευση επανεξετάζοντας τις αρχικές ιδέες τους ή να εφαρμόσουν την πρότερη γνώση τους σε ένα νέο φαινόμενο.

Η περιγραφή των πορειών μάθησης που πραγματικά αναπτύσσουν οι φοιτήτριες και η σύγκριση αυτών με τις αναμενόμενες μπορεί να λειτουργήσει και ως εργαλείο για την αξιολόγηση της ΔΜΑ δεδομένου ότι αυτές επιτρέπουν να φανεί η εξέλιξη της εννοιολογικής κατανόησης των φοιτητριών για τις έννοιες και τα φαινόμενα που μελετώνται (Méheut & Psillos, 2004). Ωστόσο, για την τελική αξιολόγηση οι φοιτήτριες καλούνται να επιχειρηματολογήσουν και να ερμηνεύσουν την αύξηση της εντροπίας σε ένα νέο φαινόμενο, την τήξη του πάγου (3^η ενότητα), εφαρμόζοντας τις έννοιες που έχουν διδαχθεί και προτείνοντας μικροσκοπικά μοντέλα.

4. Συμπεράσματα

Τα συμπεράσματα της μελέτης θα εξαχθούν μετά την ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων.

5. Βιβλιογραφία

Μπακάλη, Β., Μπαμπάτσικου, Γ. & Ασημόπουλος Σ. (2017). 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 100 Πανελλήνιου Συνεδρίου 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.

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

- Μπακάλη, Β. & Ασημόπουλος Σ. (2021). Αναδόμηση ενός εκπαιδευτικού μοντέλου μικροσκοπικής προσέγγισης της εντροπίας μέσω του παραδείγματος της διάχυσης. Προφορική ανακοίνωση στο 10ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Ο Ρόλος της Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες στην κοινωνία του 21^{ου} αιώνα.
- Carson, E. M. and Watson, J. R. (2002). Undergraduate students' understandings of entropy and Gibbs' free energy. *Univ. Chem. Educ.*, 6(1), 4–12. Ανακτήθηκε στις 20/04/2022 από: https://www.perplex.ethz.ch/thermo_course/various_thermodynamics_texts/p2_carson.pdf
- 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>
- Sahin A & Kulm G. (2008) Sixth grade mathematics teachers' intentions and use of probing, guiding, and factual questions. [Journal of Mathematics Teacher Education](https://doi.org/10.1007/s10857-008-9071-2), 11(3), 221-241. <http://dx.doi.org/10.1007/s10857-008-9071-2>

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, Υποψήφιος Διδάκτορας, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.

Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης, Τμήμα Φυσικής, Α.Π.Θ.

Περίληψη

Θέλοντας να προωθήσουμε την επιστημολογική γνώση σε μαθητές και μαθήτριες Λυκείου όταν καλούνται να εργαστούν σύμφωνα με τις αρχές της διερευνητικής μάθησης, αρχικά εκτελέσαμε μια βιβλιογραφική ανασκόπηση εντοπίζοντας τις πτυχές της επιστημολογίας οι οποίες φαίνεται να είναι αποδεκτές από τους περισσότερους ερευνητές και εκπαιδευτικούς οργανισμούς. Στη συνέχεια επιλέξαμε αυτές τις οποίες προκρίνουμε ως κατάλληλες σύμφωνα με το πλαίσιο στο οποίο θέλουμε να τις εφαρμόσουμε.

Abstract

Seeking to promote the epistemological knowledge to senior high school students who are called to work according to the principles of inquiry-based learning, we first performed a literature review to identify the aspects of epistemology that seem to be acceptable by the majority of researchers, and educational organizations. Then we selected those aspects which seem to be more appropriate to be promoted, in reference to the context in which we want to implement them.

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

Key words: inquiry-based learning, nature of science, nature of scientific inquiry

1. Εισαγωγή

Αρκετοί ερευνητές συμφωνούν ότι η επιστημολογική γνώση της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ) (Nature of Science) και της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης (ΦτΕΔ) (Nature of Scientific Inquiry) θα πρέπει να διδάσκεται στα μαθήματα επιστημών στα σχολεία (Lederman, 2009; Mesci, 2016). Ταυτόχρονα, τονίζεται η σημασία της επιστημολογικής γνώσης των μαθητών, τόσο από ανεξάρτητους ερευνητές (Tsai et al., 2011) όσο και από οργανισμούς (NRC, 2012). Ωστόσο, η διδασκαλία της ΦτΕ και της ΦτΕΔ είναι αρκετά δύσκολη.

Η ΦτΕ ορίζεται ως «η επιστημολογία και η κοινωνιολογία της επιστήμης». Ο όρος «επιστημολογία» αναφέρεται στη λειτουργία της επιστήμης ως ένας τρόπος γνώσης και ο όρος «κοινωνιολογία» αναφέρεται στις πεποιθήσεις και τις αξίες των επιστημόνων καθώς αναπτύσσουν επιστημονική γνώση (Lederman et al., 2002). Έτσι, η ΦτΕ εστιάζει περισσότερο στην κατανόηση της λειτουργίας της επιστήμης και λιγότερο στις επιστημονικές διαδικασίες που αφορούν περισσότερο τη ΦτΕΔ (Lederman et al., 2014a; Lederman, 2009).

Μελετώντας τη βιβλιογραφία συναντάμε αρκετές διδακτικές προσεγγίσεις μέσω των οποίων έχει επιχειρηθεί να διδαχθούν πτυχές της ΦτΕ και της ΦτΕΔ. Κάποιες

προωθούνται στο πλαίσιο του μαθήματος «Ιστορία των Επιστημών» (Karucu et al., 2015), κάποιες με πειραματικές δραστηριότητες (Prima et al., 2018), άλλες μέσω εναλλακτικών δραστηριοτήτων (Afacan & Çanlı, 2019) ή και διερευνήσεων (Lubiano & Magrantay, 2021). Αναφορικά με τον τρόπο διδασκαλίας, συναντώνται τρεις διδακτικές προσεγγίσεις: η άρρητη (έμμεση), η ρητή (άμεση) και η ρητή/αναστοχαστική με την πλειονότητα των ερευνητών να θεωρούν την άρρητη προσέγγιση ακατάλληλη (Al-saidi, 2004; Bell et al., 1998; Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Βιβλιογραφικά, διαπιστώνουμε λίγες ερευνητικές προσπάθειες οι οποίες να προωθούν τη ΦτΕ και τη ΦτΕΔ σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στα πλαίσια της διερευνητικής μάθησης.

Έτσι ο στόχος του παρόντος άρθρου είναι διττός:

1) να αναφέρουμε τις βασικές πτυχές της ΦτΕ και της ΦτΕΔ οι οποίες είναι αποδεκτές από τους περισσότερους ερευνητές και εκπαιδευτικούς οργανισμούς,

2) να γνωστοποιήσουμε στην ερευνητική κοινότητα ποιες πτυχές της ΦτΕ και της ΦτΕΔ προκρίνουμε ως κατάλληλες να προωθηθούν σε μαθητές Λυκείου όταν καλούνται να εργαστούν σε διερευνητικές δραστηριότητες Φυσικής.

2. Μεθοδολογία

Διεξαγάγαμε μια βιβλιογραφική ανασκόπηση προκειμένου να αναζητήσουμε τις κοινά αποδεκτές πτυχές (λειτουργικούς κανόνες) της ΦτΕ και ΦτΕΔ οι οποίες προκρίνονται από τους περισσότερους ερευνητές προς διδασκαλία σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Για την ανασκόπηση μας, χρησιμοποιήσαμε τη βάση δεδομένων ERIC (<https://eric.ed.gov>) και τη μηχανή αναζήτησης Google Scholar (<https://scholar.google.gr>). Η αναζήτηση έγινε με τη λογική Boolean και ο αλγόριθμος ήταν ο εξής: (“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. Επιλέχθηκαν ερευνητικά άρθρα και εργασίες, με πλήρη πρόσβαση στο κείμενο, που αφορούσαν τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και που το πλαίσιο της διδασκαλίας ήταν «Inquiry Based». Η γλώσσα των επιλεγμένων άρθρων επιλέχθηκε να είναι η Αγγλική ή Ελληνική.

Τα επιμέρους στάδια επιλογής της βιβλιογραφικής αναζήτησης ακολούθησαν τη ροή του μοντέλου PRISMA (Moher et al., 2009). Στη συνέχεια επιλέξαμε συγκεκριμένες πτυχές της ΦτΕ & ΦτΕΔ τις οποίες θεωρήσαμε κατάλληλες να ενταχθούν σε διερευνητικές δραστηριότητες στα πλαίσια λειτουργίας ενός ομίλου Φυσικής (Science Club). Βασική συνιστώσα των επιλογών μας ήταν πως κάποιες από τις πτυχές ενδεχομένως να μην μπορούν να προωθηθούν επαρκώς είτε λόγω του σύντομου χρονικού διαστήματος των δραστηριοτήτων είτε λόγω της θεματολογίας των δραστηριοτήτων.

3. Αποτελέσματα

Οι πτυχές της ΦτΕ

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση αναδεικνύονται έξι πτυχές-κανόνες της ΦτΕ (Afacan & Çanlı, 2019; Karucu et al., 2015; Lederman et al., 2002; Liang et al., 2008; Prima et al., 2018; Sampson et al., 2017; Shaakumeni, 2019; Yalaki et al., 2019):

1. *Η επιστημονική γνώση βασίζεται σε παρατηρήσεις, συναγόμενα και ερμηνείες (observations, inferences & explanations).* Οι φυσικές επιστήμες βασίζονται σε εμπειρικές παρατηρήσεις του φυσικού κόσμου. Στη συνέχεια ακολουθείται ένα νοητικό φιλτράρισμα στο οποίο οι επιστήμονες οδηγούνται σε συναγόμενες ιδέες-υποθέσεις και στη συνέχεια προτείνονται ερμηνείες μέσω ανάλυσης

πειραματικών δεδομένων και επιπλέον νοητικών διεργασιών συνδυάζοντας θεωρητικά πλαίσια.

2. *Οι θεωρίες και οι νόμοι είναι διαφορετικά είδη επιστημονικής γνώσης (Theories and Laws)*. Οι επιστημονικές θεωρίες αποτελούν εσωτερικά συνεπή συστήματα εξηγήσεων τα οποία είναι καθιερωμένα και εξαιρετικά 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 μεγάλη σταθερότητα και μπορεί να μεταβληθεί υπό το φως νέων αποδεικτικών στοιχείων.
4. *Η επιστήμη διαθέτει κοινωνικοπολιτισμική συνιστώσα (Social and Cultural Embeddedness of Science)*. Η επιστήμη λειτουργεί, επηρεάζει και επηρεάζεται από το εκάστοτε κοινωνικό και πολιτισμικό καθεστώς.
5. *Δεν υπάρχει ένας 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 που εκτελούν τις ίδιες διαδικασίες έρευνας ενδεχομένως να μην καταλήξουν στα ίδια συμπεράσματα είτε λόγω του ότι οι πεποιθήσεις και οι γνώσεις τους επηρεάζουν τον τρόπο που αυτοί εργάζονται, είτε λόγω του ότι οι παρατηρήσεις τους επηρεάζονται από τις ανθρώπινες αισθήσεις και από τα επιστημονικά όργανα που χρησιμοποιούνται.

Οι πτυχές της ΦτΕΔ

Βιβλιογραφικά απαντώνται οχτώ πτυχές-κανόνες της ΦτΕΔ (Lederman et al., 2014b), κάποιες από τις οποίες επικαλύπτονται από τις πτυχές-κανόνες της ΦτΕ καταλήγοντας στις παρακάτω έξι:

1. *Οι διαδικασίες της έρευνας καθοδηγούνται από την αρχική ερώτηση που τέθηκε.*
2. *Οι επιστημονικές έρευνες ξεκινούν πάντα με ένα ερώτημα προς διερεύνηση αλλά δεν είναι απαραίτητο όλες να ελέγχουν μια υπόθεση.*
3. *Τα συμπεράσματα της έρευνας θα πρέπει να συμφωνούν με τα δεδομένα της έρευνας.*
4. *Οι ερμηνείες αναπτύσσονται από συνδυασμό των δεδομένων της έρευνας και όλων όσων είναι ήδη γνωστά.*
5. *Τα επιστημονικά δεδομένα δεν είναι το ίδιο πράγμα με τις επιστημονικές αποδείξεις.*
6. *Οι ερευνητικές διαδικασίες ενδέχεται να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της έρευνας.*

Οι σχεδιαστικές επιλογές για την υλοποίηση των δραστηριοτήτων

Δεν μπορούν να διδαχθούν επαρκώς όλες οι επιστημολογικές πτυχές, είτε λόγω χρονικών περιορισμών της εφαρμογής των διερευνητικών δραστηριοτήτων είτε λόγω της θεματολογίας που άπτεται του μαθήματος της Φυσικής. Επίσης κατανοούμε ότι οι έννοιες της ΦτΕ & της ΦτΕΔ δεν χρειάζεται να κατανοηθούν σε υψηλό φιλοσοφικό επίπεδο από τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Με βάση αυτά, προκρίνουμε τις παρακάτω πτυχές:

- η επιστημονική γνώση βασίζεται σε παρατηρήσεις, συναγόμενα και ερμηνείες (ΦτΕ),
- οι θεωρίες και οι νόμοι είναι διαφορετικά είδη επιστημονικής γνώσης (ΦτΕ),

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

- οι επιστημονικές έρευνες ξεκινούν με στόχο να απαντηθεί ένα ερώτημα (ΦτΕΔ),
- τα συμπεράσματα της έρευνας πρέπει να συμφωνούν με τα δεδομένα της έρευνας (ΦτΕΔ).

Επιλέγουμε να μην προωθήσουμε την πτυχή της υποκειμενικότητας της επιστημονικής γνώσης καθώς παραπέμπει περισσότερο σε ερευνητική μεθοδολογία χωρίς ταυτόχρονα να κυριαρχεί σε κάθε επιστημονική έρευνα. Επίσης, οφείλουμε να είμαστε προσεκτικοί ώστε οι μαθητές να μην δημιουργήσουν την εναλλακτική αντίληψη ότι οι επιστήμονες εργάζονται αυθαίρετα σύμφωνα με τη φαντασία τους. Κρίνουμε 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 δευτέρας τάξης φαινόμενο. Θεωρούμε 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.

Ο λόγος που επιλέξαμε να μην προωθήσουμε την πτυχή της ΦτΕΔ σχετικά με το ότι οι ερευνητικές διαδικασίες μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της έρευνας, κατά τη γνώμη μας 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, κατά τη γνώμη μας 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, κατά τη γνώμη μας 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, κάποιου θέματος Φυσικής.

4. Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι σχεδιαστικές επιλογές των πτυχών (λειτουργικών κανόνων) της Φύσης της Επιστήμης & της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης σε μαθητές Λυκείου, στα πλαίσια λειτουργίας ενός ομίλου Φυσικής (Science Club). Η πλήρης δομή των δραστηριοτήτων και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή τους θα παρουσιαστούν στο Συνέδριο.

5. Βιβλιογραφία

- Afacan, Ö., & Çanlı, 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>
- Al-saidi, A. (2004). *The influence of explicit versus implicit instructional approaches during a technology -based curriculum on students' understanding of nature of science (NOS)*. Ανακτήθηκε στις 20/4/2022, από: <https://www.proquest.com/dissertations-theses/influence-explicit-versus-implicit-instructional/docview/305119703/se-2?accountid=8359>

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

- 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](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199811)35:9<1057::AID-TEA6>3.0.CO;2-C)
- Bell, R. L., Matkins, J. J., & Gansneder, B. M. (2011). Impacts of contextual and explicit instruction on preservice elementary teachers' understandings of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(4), 414-436. <https://doi.org/10.1002/tea.20402>
- 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://doi.org/10.12738/estp.2015.3.2186>
- 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: The Official Journal of the National Association for 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. In *National geographic science: Best practices and research base* (pp. 8-20). Hapton-Brown Publishers. Ανακτήθηκε στις 20/4/2022, από: http://www.ngspscience.com/profdev/monographs/scl22-0439a_sci_am_lederman_lores.pdf
- Lederman, N.G., Antink, A., & Bartos, S. (2014a). 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>
- 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>
- 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. *Pacific Forum on science learning and teaching*, 9(1), 1-20.
- 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*. hD dissertation, Western Michigan University, USA. <http://scholarworks.wmich.edu/dissertations/1606>.
- 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.
- 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>
- 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).

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

- Shaakumeni, S. N. (2019). Exploring the factorial validity of the beliefs about nature of science questionnaire. *Science Education International*, 30(1), 38-44.
- 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>
- Yalaki, Y., Doğan, N., Serhat, İ. R. E. Z., Doğan, N., Çakmakçı, G., & Kara, B. E. (2019). Measuring nature of science views of middle school students. *International Journal of Assessment Tools in Education*, 6(3), 461-475. <https://dx.doi.org/10.21449/ijate.561154>

Ανάπτυξη και αξιολόγηση διδακτικού υλικού με επίκεντρο το «infographic», για τη STEM εκπαίδευση στην κλιματική αλλαγή

Έλλη Σαμπροβαλάκη, Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης

Δημήτριος Σταύρου, Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης

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. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται δύο infographics τα οποία σχεδιάστηκαν για διδασκαλία STEM στην κλιματική αλλαγή ενώ αναμένεται η αξιολόγηση αυτών, από τριτοετείς φοιτητές του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης.

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 two infographics are presented designed for STEM education on climate change while they are expected to be evaluated by third year pre-service teachers of the Pedagogical Department of Primary Education of the University of Crete.

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, Ritchie, & Crooks, 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 κατασκευή 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, Mojtahedi, & Shams, 2017). Η αξιοποίηση του ενός μοντέλου, αφορούσε τη δημιουργία του Infographic αυτήν καθ' αυτήν. Σύμφωνα με τον Vanichvasin (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, Mojtahedi, & Shams, 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, 2002). 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 2), πρόκειται για ένα Infographic στο οποίο μελετάται ο τρόπος με τον οποίον ο άνθρωπος ενισχύει το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Για αρχή, αποτυπώνονται μέσω ενός δια-δραστικού 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



Εικόνα 1:
Infographic
Ανθρωπογενείς
δραστηριότητες

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

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).

3. Αποτελέσματα - 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. Στην παρούσα φάση βρίσκεται σε εξέλιξη η ανάλυση των δεδομένων. Οι άξονες στους οποίους βασίζεται κατά κύριο λόγο η προαναφερθείσα ανάλυση είναι σύμφωνα με τους (Polman & Gebre, 2015) οι εξής: Η οργάνωση και ο σχεδιασμός του Infographic, οι αναπαραστάσεις που αξιοποιούνται, τα δεδομένα που επιλέγονται ενώ προστέθηκε επιπλέον η αλληλεπίδραση, ο τρόπος δηλαδή με τον οποίον ο χρήστης αλληλεπιδρά με το περιεχόμενο. Στο συνέδριο νέων ερευνητών θα παρουσιαστούν τα πρώτα αποτελέσματα από την ανάλυση των δεδομένων.

5. Βιβλιογραφία

- Bybee, R. (2002). Scientific inquiry, student learning, and the science curriculum. Στο R. Bybee (Ed.) *Learning science and the science of learning*, pp. 25-35.
- 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), 1-24.
- 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)), σσ. 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*, 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*, (σσ. 135-142).
- Yıldırım, S. (2016). Infographics for Educational Purposes: Their Structure, Properties and Reader Approaches. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 15(3), 98- 110.

Το Διερευνητικό Μοντέλο Διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες: απόψεις και δυσκολίες στην εφαρμογή του μοντέλου από προϋπηρεσιακούς εκπαιδευτικούς

Φωτεινή Μαρή, Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, Π.Τ.Δ.Ε., Ε.Κ.Π.Α.

Κωνσταντίνα Στεφανίδου, Π.Τ.Δ.Ε., Ε.Κ.Π.Α.

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 περισσότερο 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 εμπάθυνση των μαθητών όχι μόνο στο περιεχόμενο αλλά και στη φύση της επιστημονικής έρευνας (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021). Τα κυριότερα στάδια εφαρμογής του μοντέλου είναι η διατύπωση του Ερευνητικού Ερωτήματος, δηλαδή του “προβλήματος προς

επίλυση”, η διατύπωση υπόθεσης, η οποία είναι μία “προσεγγμένη 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 (Zouridis 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 68 φοιτητές/φοιτήτριες εκ των οποίων 59 γυναίκες και 9 άνδρες και είναι ακόμα εν εξελίξει. 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;

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

2. Ποιες είναι οι δυσκολίες των φοιτητών/ προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών στην εφαρμογή του ΔΜΔ;
3. Σχετίζονται οι δυσκολίες αυτές με την προς διδασκαλία θεματική;
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 να δοθεί η βέλτιστη δυνατή καθοδήγηση και στήριξη.

Η δομή του Εργαστηρίου Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, το οποίο παρακολούθησαν οι φοιτητές, έχει ως εξής: Το εργαστήριο αποτελείται από 4 συναντήσεις διάρκειας 90' με θεματικές 1.Διδακτικές προσεγγίσεις Φ.Ε. 2. Φύση της Επιστήμης 3. Ηλεκτρομαγνητισμός 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 σεναρία 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. 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 σεναρία του. Στα πλαίσια της διορθωτικής αυτής συνάντησης πραγματοποιήθηκαν και οι στοχευμένες συνεντεύξεις.

Δια μέσου των εργαστηριακών αυτών ασκήσεων, αναμένεται οι φοιτητές/προϋπηρεσιακοί εκπαιδευτικοί να εξοικειωθούν περαιτέρω 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, παραδίδουν τρία διδακτικά σεναρία, τα οποία μελετώνται και αναλύονται και πραγματοποιούνται στοχευμένες συνεντεύξεις σε μέρος του δείγματος, προκειμένου να διερευνηθούν εις βάθος οι αντιλήψεις και ο τρόπος σκέψης των φοιτητών/ προϋπηρεσιακών εκπαιδευτικών. Τα δύο ερωτηματολόγια, έναρξης και λήξης, μας τροφοδοτούν με δεδομένα σχετικά με τις στάσεις τους απέναντι στο ΔΜΔ, οι οποίες εξετάζονται στο 4ο ερευνητικό ερώτημα. Η ανάλυση των διδακτικών σεναρίων και η σύγκρισή τους μας τροφοδοτεί με δεδομένα σχετικά με τις δυσκολίες που έχουν στο σχεδιασμό των διδακτικών σεναρίων και τη συσχέτιση των δυσκολιών με τη διδαχθείσα ή μη διδαχθείσα θεματική, το οποίο 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 συχνότητων. 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 ερευνηθεί το πρωτότυπο ερωτηματολόγιο, αφού δεν έχουν μεγάλη εμπειρία σχολικής τάξης.

Όσον αφορά την ανάλυση των διδακτικών σεναρίων, εξετάζεται η ικανότητα των φοιτητών να θέτουν Διδακτικούς Στόχους και να σχεδιάζουν κατάλληλες δραστηριότητες, προκειμένου αυτοί να επιτευχθούν, η διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων και το κατά πόσο ακολουθείται η δομή και τα στάδια του ΔΜΔ. Συγκεκριμένα, όσον αφορά τη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων εξετάζεται κατά πόσο αυτά αφορούν ή όχι επιστημονικά ζητήματα, αν προσεγγίζονται ή όχι με βάση το ΔΜΔ, αν οι υποθέσεις μπορούν να εξεταστούν πειραματικά και αν σχετίζονται ή όχι με τους στόχους που έχουν τεθεί. 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 έρευνα 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. 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 ανακοινωθούν στο συνέδριο.

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

Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A. (2006). *The BSCS 5E Instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, CO: BSCS.
https://www.researchgate.net/publication/281412517_The_BSCS_5E_instructional_model_Origins_and_effectiveness

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

- 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*, Vol.86, 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, M., Almasroa, 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>
- The PRIMAS project: Promoting inquiry-based learning (IBL) in mathematics and science education across Europe*, 12. 2013, pp. 43-48. Retrieved: April, 28, 2022, from https://primas-project.eu/wp-content/uploads/sites/323/2017/11/PRIMAS_D-9.3_IBL-Implementation-survey-report.pdf?fbclid=IwAR1AaTsgqPc3wZ8kUWTWY2zCjcA9dS3wcInN_ntc5XEoKangMcrNyZ_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*. <https://doi.org/10.1080/09669760.2021.1890552>

Συνοχή της Συνεργατικής Μάθησης σε Ομάδες Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης

Χρήστος Χρυσανθόπουλος, Υποψήφιος Διδάκτορας, Π.Τ.Ν., Π.Δ.Μ.
Πηνελόπη Παπαδοπούλου, Π.Τ.Ν., Π.Δ.Μ.
Αλεξάνδρα Μπεκιάρη, Τ.Ε.Φ.Α.Α., Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Γεώργιος Μαλανδράκης, Π.Τ.Δ.Ε., Α.Π.Θ.

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 συνοχή της συνεργατικής μάθησης στην ΠΕ, ομάδες μαθητών σχολείων που επισκέπτονται Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (ΚΠΕ), συμπληρώνουν, πριν και μετά το πρόγραμμα ΠΕ, ερωτηματολόγια καταγραφής ενδο-ομαδικών αλληλεπιδράσεων συνεργατικής μάθησης. Από τις απαντήσεις των μαθητών, με την μεθοδολογία της ΑΚΔ, δημιουργούνται δίκτυα αλληλεπιδράσεων συνεργατικής μάθησης ανά ομάδα, υπολογίζονται δικτυακοί δείκτες συνοχής των συνεργατικών αλληλεπιδράσεων ανά δίκτυο και ομάδα, με ανάλυση των οποίων προσεγγίζονται τα χαρακτηριστικά της συνοχής της συνεργατικής μάθησης των περιβαλλοντικών ομάδων.

Abstract

This paper is part of a PhD thesis which focuses on the study of Collaborative Learning in Environmental Education (EE) using social network analysis (SNA). In order to investigate the cohesion of collaborative learning in EE, groups of school students visiting an Environmental Education Centre (EEC) complete, before and after the EE programme, questionnaires recording intra-group collaborative learning interactions. From the students' responses, using the SNA methodology, networks of collaborative learning interactions per group are created, network indexes of the cohesion of collaborative interactions per network and group are calculated, by analyzing which the characteristics of the cohesion of collaborative learning of environmental groups are approximated.

Λέξεις κλειδιά: Περιβαλλοντική Εκπαίδευση, Συνεργατική Μάθηση, Ανάλυση Κοινωνικών Δικτύων, Συνοχή Συνεργατικής Μάθησης

Key words: Environmental Education, Collaborative Learning, Social Network Analysis, Collaborative Learning Cohesion

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). Σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη της συνοχής της συνεργατικής μάθησης σε ομάδες ΠΕ. Η συνοχή αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της δομής της συνεργατικής μάθησης η οποία επηρεάζει την απόδοσή της (Strijbos, Martens, Jochems, & Broers, 2004; Wang & Li, 2008). Αφορά την διαμόρφωση των αλληλεπιδράσεων των μελών μιας συνεργατικής ομάδας ώστε η ομάδα να διασυνδέεται με τέτοιο τρόπο που να καθίσταται ενωμένη και λειτουργική ως συνεργατικό σύστημα μάθησης (Altebarmakian & Alterman, 2019; Gašević, Joksimović, Eagan, & Shaffer, 2019; Reffay & Chanier, 2003). Για το σκοπό αυτό εξετάζονται εκείνα τα χαρακτηριστικά των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μαθητών της ομάδας, όπως η Πυκνότητα (density), η Ομαδοποίηση (clustering) και η Συγκέντρωση (centralization), τα οποία μπορούν να μας δώσουν μία

εικόνα της συνοχής των συνεργατικών ομάδων (Hernandez & Uddameri, 2016; Saqr, Fors, Tedre, & Nouri, 2018; Wang & Li, 2008).

2. Μεθοδολογία

Στην έρευνα συμμετείχαν 74 μαθητές δύο Γυμνασίων οι οποίοι τοποθετούμενοι σε 10 ομάδες των 7-8 ατόμων υλοποίησαν μονοήμερο Πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (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 δικτύων, το δίκτυο της «Επικοινωνίας» (Ε) και το δίκτυο της «Περιβαλλοντικής Πληροφόρησης» (ΠΠ), τα οποία απεικονίζουν δύο τύπους αλληλεπιδράσεων που λαμβάνουν χώρα κατά την συνεργατική μάθηση στην ΠΕ, την επικοινωνία και την διάδοση περιβαλλοντικών πληροφοριών μεταξύ των μαθητών κάθε συνεργατικής ομάδας.

Προκειμένου να μελετηθεί η συνοχή των συνεργατικών περιβαλλοντικών ομάδων, σε κάθε δίκτυο κάθε ομάδας υπολογίστηκαν και αναλύθηκαν οι εξής δείκτες:

1) Δείκτες πυκνότητας των αλληλεπιδράσεων: α) Πυκνότητα (Density) (D). Είναι ένα μέτρο του βαθμού στον οποίον οι μαθητές 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 οι μαθητές μιας ομάδας τείνουν να ομαδοποιούνται, στο πλαίσιο του δικτύου σε υποομάδες, αλληλεπιδρώντας μεταξύ τους σχηματίζοντας δικτυακές κλίκες (Saqr & Alamro, 2019; Saqr et al., 2018; Saqr, Nouri, & Jormanainen, 2019; Traxler, Gavrin, & Lindell, 2018).

2) Δείκτες συγκέντρωσης: α) Η Συγκέντρωση Έσω Βαθμών (In-Degree Centralization) (IDC) αποτυπώνει την κατανομή των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων στους μαθητές, β) η Συγκέντρωση Έξω Βαθμών (Out-Degree Centralization) (ODC) αποτυπώνει την κατανομή των εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων από τους μαθητές και γ) η Συνολική Συγκέντρωση Βαθμών (Total-Degree-Centralization) (TDC) αποτυπώνει την συνολική κατανομή των εισερχόμενων και εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μαθητών (Hernandez & Uddameri, 2016; Mameli, Mazzoni, & Molinari, 2015; Saqr, Nouri, Vartiainen, & Tedre, 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 των αλληλεπιδράσεων τείνουν προς το 0 τόσο οι αλληλεπιδράσεις τείνουν να κατανέμονται ομοιόμορφα μεταξύ των μαθητών. Το συνεργατικό δίκτυο τείνει προς την μέγιστη συνοχή όσο οι δείκτες πυκνότητας τείνουν προς το μέγιστο (1) και οι δείκτες συγκέντρωσης τείνουν

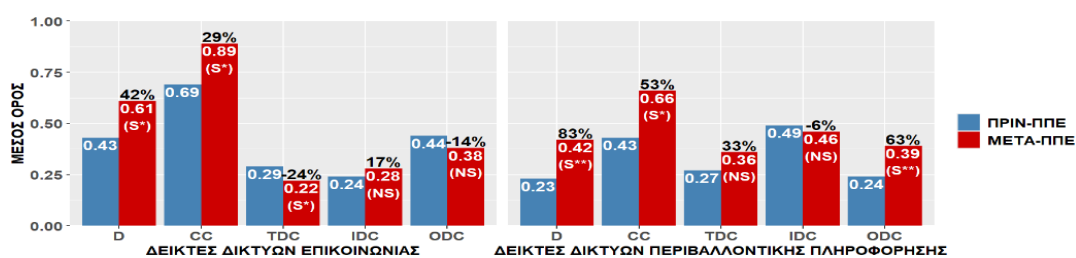
προς το ελάχιστο (0), όπου όλοι οι μαθητές τείνουν να αλληλεπιδρούν με όλους ομοιόμορφα (Hernandez & Uddameri, 2016; Saqr et al., 2020).

Για την ανάλυση των δεδομένων, πριν και μετά το ΠΠΕ υπολογίστηκαν και αναπαραστάθηκαν σε διαγράμματα (Σχήμα 1) για κάθε τύπο δικτύου οι μέσοι όροι των δεικτών, η ποσοστιαία μεταβολή τους και η στατιστική σημαντικότητά της με το Wilcoxon signed-rank test. Η ανάλυση των δεδομένων έγινε με την γλώσσα ανάλυσης δεδομένων R στο λογισμικό RStudio.

3. Αποτελέσματα

Από το σχήμα 1 παρατηρούμε τα εξής:

Θεωρώντας ως δείκτη συνοχής την σχέση της μέσης πυκνότητας D προς τον μέσο όρο της συγκέντρωσης, ανάλογα με τον δείκτη συγκέντρωσης έχουμε: α) Η μέση συνολική συνοχή (D/TDC) στα δίκτυα E είναι 0,43/0,29=1,48 πριν το ΠΠΕ και 0,61/0,22=2,77 μετά, ενώ στα δίκτυα ΠΠ είναι 0,23/0,27=0,85 πριν και 0,42/0,36=1,17 μετά. β) Η μέση συνοχή των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων (D/IDC) στα δίκτυα E είναι 0,43/0,24=1,79 πριν το ΠΠΕ και 0,61/0,28=2,18 μετά, ενώ στα δίκτυα ΠΠ είναι 0,23/0,49=0,47 πριν και 0,42/0,46=0,91 μετά. γ) Η μέση συνοχή των εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων (D/ODC) στα δίκτυα E είναι 0,43/0,44=0,98 πριν το ΠΠΕ και 0,61/0,38=1,61 μετά, ενώ στα δίκτυα ΠΠ είναι 0,23/0,24=0,96 πριν και 0,42/0,39=1,08 μετά. Επίσης ο δείκτης συνοχής CC στα δίκτυα E είναι 0,69 πριν το ΠΠΕ και 0,89 μετά, ενώ στα δίκτυα ΠΠ 0,43 πριν και 0,66 μετά.



Σχήμα 1: Οι μέσοι όροι των δεικτών των δικτύων E 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.

Εξετάζοντας την ποσοστιαία μεταβολή της μέσης συνοχής πριν και μετά το ΠΠΕ βάσει της σχέσης της μέσης πυκνότητας D προς τον μέσο όρο της συγκέντρωσης, ανάλογα με τον δείκτη συγκέντρωσης έχουμε: α) Μεταβολή της μέσης συνολικής συνοχής (D/TDC): Στα δίκτυα E είναι $(2,77-1,48)/1,48=87\%$ θετική. Στα δίκτυα ΠΠ, επειδή η μεταβολή της μέσης TDC δεν είναι στατιστικά σημαντική, η μεταβολή της μέσης D/TDC ισοδυναμεί με την μεταβολή της μέσης D (83% θετική). β) Μεταβολή της μέσης συνοχής των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων (D/IDC): Η μεταβολή της μέσης IDC και στους δύο τύπους δικτύων δεν είναι στατιστικά σημαντική. Ως εκ τούτου η μεταβολή της μέσης συνοχής D/IDC και στους δύο τύπους δικτύων ισοδυναμεί με την μεταβολή της μέσης D (42% θετική στα δίκτυα E και 83% θετική στα δίκτυα ΠΠ). γ) Μεταβολή της μέσης συνοχής των εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων (D/ODC): Η μεταβολή της μέσης ODC στα δίκτυα E δεν είναι στατιστικά σημαντική. Συνεπώς η μεταβολή της μέσης συνοχής D/ODC στα

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

δίκτυα Ε ισοδυναμεί με την μεταβολή της μέσης D (42% θετική), ενώ στα δίκτυα ΠΠ με $(1,08-0,96)/0,96=13\%$ θετική.

Επίσης ο δείκτης συνοχής CC μεταβάλλεται θετικά 29% και 53% στα δίκτυα Ε και ΠΠ.

4. Συμπεράσματα

Η μέση συνολική συνοχή των ομάδων ΠΕ μετά το ΠΠΕ εμφανίζεται υψηλή στα δίκτυα Ε και ικανοποιητική στα δίκτυα ΠΠ. Εμφανίζεται επίσης αρκετά μικρότερη στα δίκτυα ΠΠ απ' ό,τι στα δίκτυα Ε, τόσο πριν όσο και μετά το ΠΠΕ. Αυξάνεται όμως σχεδόν το ίδιο και στους δύο τύπους δικτύων. Η μέση συνοχή των εισερχόμενων και εξερχόμενων αλληλεπιδράσεων μετά το ΠΠΕ αυξάνεται και στους δύο τύπους δικτύων. Στα δίκτυα ΠΠ αυξάνεται περισσότερο η μέση συνοχή των εισερχόμενων αλληλεπιδράσεων ενώ στα δίκτυα Ε των εξερχόμενων. Που σημαίνει ότι μετά το ΠΠΕ περισσότεροι μαθητές α) επικοινωνούν καλά με τους συμμαθητές τους, β) ενδιαφέρονται να μάθουν για το περιβάλλον, και ακόμη περισσότεροι α) νιώθουν ικανοποιημένοι από την επικοινωνία τους με τους άλλους, β) έχουν γνώσεις για το περιβάλλον. Συνεπώς, οι μαθητές στο πλαίσιο του προγράμματος ΠΕ δραστηριοποιούνται και συνεργάζονται ικανοποιητικά μεταξύ τους και οι συνεργατικές ομάδες ΠΕ λειτουργούν συνεκτικά και αποτελεσματικά.

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(July), 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>
- Reffay, C., & Chanier, T. (2003). How Social Network Analysis can help to Measure Cohesion in Collaborative Distance-Learning. *Designing for Change in Networked Learning Environments*, 343–352.
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. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11722 LNCS(August), 466–479. 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>
- 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>
- Wang, Y., & Li, X. (2008). An exploration of social network analysis on cohesion in online collaborative learning. *Proceedings of 2008 IEEE International Symposium on IT in Medicine and Education, ITME 2008*, 224–229. <https://doi.org/10.1109/ITME.2008.4743858>

Η Διερεύνηση ως Μέθοδος Διδασκαλίας για το μάθημα της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Μία επισκόπηση της βιβλιογραφίας

Στυλιανή Κουμή, Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια, Π.Τ.Ν., Π.Δ.Μ.

Αναστάσιος Ζουπιδής, Π.Τ.Δ.Ε., Δ.Π.Θ.

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, τότε 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 και να αναπτύσσουν την ικανότητα να σκέφτονται και να δρουν με τρόπους διερεύνησης όπως κάνουν και οι επιστήμονες. Οι τρόποι αυτοί είναι η διατύπωση ερωτημάτων, ο σχεδιασμός και η διεξαγωγή έρευνας με τα κατάλληλα εργαλεία και τεχνικές που θα συλλέξουν τα δεδομένα, η κριτική και λογική σκέψη που αναπτύσσουν και οι ερμηνείες που θα δοθούν στα συμπεράσματα (Hackling et al, 2005).

Δίνεται έμφαση τόσο στις διαδικασίες μάθησης μέσω επιστημονικών μοντέλων, «διερεύνηση ως μέσο», όσο και στη μύηση στις επιστημονικές μεθόδους, «διερεύνηση ως σκοπός» (Abd-El-Khalick et al, 2004).

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

Στη συνέχεια ακολουθεί πίνακας (Πίνακας 1) όπου δίνονται οι τύποι της διερεύνησης (Abrams et al, 2007), με κριτήριο την ανοιχτότητα της διερευνητικής διαδικασίας, δηλαδή τον βαθμό στον οποίο οι μαθητές έχουν την δυνατότητα επιλογής στις διάφορες φάσεις της διερευνητικής διαδικασίας.

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

Το είδος της διερεύνησης που θα χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός, εξαρτάται από την τάξη και τις απαιτήσεις του μαθήματος. Επίσης πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το επίπεδο ετοιμότητας των μαθητών (Blanchard et al, 2010).

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.

Η εφαρμογή της στη χώρα μας, αν και προτείνεται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του ΙΕΠ, συνίσταται κυρίως για το Γυμνάσιο και λιγότερο για το Λύκειο. Από τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων Φυσικής Β και Γ Γυμνασίου απουσιάζουν σημαντικές παράμετροι που συνάδουν με τις πρακτικές της διερεύνησης (Βόμβας & Σκούμιος 2019).

2. Μεθοδολογία

Το κύριο ερευνητικό ερώτημα που τίθεται στην μελέτη αυτή είναι:

Με ποιον τρόπο προσεγγίζεται η διερεύνηση στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία στη διδασκαλία της φυσικής;

Προκειμένου να απαντηθεί το ερώτημα αυτό θέτουμε τα παρακάτω υποερωτήματα:

- I. Σε ποιες θεματικές περιοχές της Φυσικής προτείνεται η διερεύνηση;
- II. Πώς κατανέμονται αυτές οι περιοχές στο φάσμα της διερεύνησης;
- III. Ποιες είναι οι πτυχές της διερεύνησης που κυριαρχούν στη βιβλιογραφία;
- IV. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων που προτείνονται σε κάθε περίπτωση;
- V. Πόσο αποτελεσματικές είναι οι προτάσεις αυτές; Ποια είναι τα χαρακτηριστικά -που τις κάνουν αποτελεσματικές σύμφωνα με τους συγγραφείς;
- VI. Παρουσιάζεται συνέχεια ως προς τη χρήση της διερεύνησης στα ελληνικά σχολεία;

Η έρευνα είναι 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 χρησιμοποιήθηκαν 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. 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. 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 αποτελεσμάτων από τα οποία η γράφουσα κατέληξε σε 47 τα οποία είχαν σχέση με τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν. Τα άρθρα αυτά είναι 31 από τη διεθνή βιβλιογραφία, από 19 χώρες ενώ τα υπόλοιπα 16 είναι από την ελληνική βιβλιογραφία.

Η έρευνα επί του παρόντος, έχει αναδείξει ότι στις μικρότερες τάξεις, είναι καλύτερα να αποφεύγεται υψηλού τύπου διερεύνηση, Ανοιχτή, ενώ αντίθετα έχουμε καλύτερα αποτελέσματα όταν δίνονται απευθείας οδηγίες (Klahr and Nigam, 2004).

Πίνακας 2. Αριθμός άρθρων ανά κατηγορία σύμφωνα με τα ερευνητικά ερωτήματα

	Είδη διερεύνησης				Κεφάλαια Φυσικής						
	Επιβεβαίωση	Δομημένη	Καθοδηγούμενη	Ανοιχτή	Σύγχρονη /Κβαντομηχανική	Μηχανική	Οπτική	Ηλεκτρισμός	Πίεση		
Άρθρα	2	2	5	2	4	6	4	2	2	7	26

Κυρίως εφαρμόζεται η καθοδηγούμενη διερεύνηση με φύλλα εργασίας που δίνονται από τον εκπαιδευτικό της τάξης και λιγότερο οι υπόλοιποι τύποι. Παρατηρούμε ότι γίνεται ευρεία χρήση 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. Επίσης, γίνεται χρήση των Νέων Τεχνολογιών σε όλους τους κλάδους της Φυσικής όπου συνεισφέρουν αποτελεσματικά στη διερεύνηση.

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση παρατηρούμε ότι γίνεται χρήση της διερεύνησης σε όλες τις τάξεις της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κυρίως σε χώρες του εξωτερικού και λιγότερο στην Ελλάδα όπου η διερεύνηση επικεντρώνεται στο Δημοτικό και στο Γυμνάσιο.

4. Συμπεράσματα

Σε πολλές χώρες έχει εφαρμοστεί εδώ και δεκαετίες η μέθοδος αυτή και κρίνονται τα αποτελέσματά της. Από την μέχρι τώρα μελέτη συμπεραίνουμε ότι στην Ελλάδα δεν έχει γίνει με το ίδιο εύρος χρήση της και επιπλέον δεν υπάρχει συνέχεια στις μεγαλύτερες τάξεις της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Επιπλέον συμπεραίνουμε ότι ο εκπαιδευτικός παίζει καταλυτικό ρόλο και για το λόγο αυτό θα έπρεπε να ενισχυθεί κατάλληλα όπως για παράδειγμα με περισσότερες επιμορφώσεις των εν ενεργεία εκπαιδευτικών καθώς αυτοί τις περισσότερες φορές δεν έχουν διδαχθεί πώς να εφαρμόζουν διερεύνηση στην τάξη.

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 11^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση «Επιαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21^ο αι.»*, σελ. 674 – 682. Φλώρινα, Ελλάδα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. ISBN: 978-618-83267-7-4.
- Abd -El – Khalick, Boujaoude S., Duschil R., Lederman N., Hofstein A., Niaz M., Treagust D. & Tuan H. (2004). Inquiry in Science Education: International Perspectives. *Culture and Comparative Studies*. 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 (Eds.), *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
<http://www.eddept.wa.edu.au/science/teach/workingscientificallyrevised.pdf>.

Αξιοποίηση πλεονεκτημάτων STEM για τη διδασκαλία του ηλεκτρισμού στο δημοτικό. Υλοποίηση ρομποτικής εφαρμογής μέσω Micro:bit

Ευφρανσία Τζαγκαράκη, Υποψήφια Διδάκτορας, Π.Τ.Π.Ε., Πανεπιστήμιο Κρήτης
Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Π.Τ.Π.Ε., 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 και καθώς βρίσκεται σε εξέλιξη δεν έχει ολοκληρωθεί ακόμη η επεξεργασία των δεδομένων.

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 consisted of 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. The data processing has not yet been completed as it is in progress.

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 (Videnovik, Zdraveniski, Lameski & Trajkonik, 2018; Kalelioglu & Sentance, 2020). 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.

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

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

τομείς μεταξύ των οποίων και τομείς STEM, ενώ μπορεί να γίνει το μέσο για το σχεδιασμό και την υλοποίηση σχετικών δραστηριοτήτων (Tzagkaraki, Papadakis & Kalogiannakis, 2021).

Η χρήση φυσικών συσκευών περιλαμβάνει διαδικασίες σχεδιασμού και ανάπτυξης διαφόρων έργων και στην ουσία αποτελούν το συνδυαστικό 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, Tzagkaraki, & Papadakis, 2021).

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-Aleman, Guisasola, Rosa Cintas, & Martínez-Torregrosa, 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.
- Υπάρχουν έμφυλες διαφοροποιήσεις ως προς την επίδοση στην κατανόηση εννοιών και εφαρμογών του ηλεκτρισμού μεταξύ των δύο ομάδων.
- 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 οιοσδήποτε πειραματική μέθοδος (quasi-experimental design) της μη ισοδύναμης ομάδας ελέγχου (non-equivalent control group design) (Cohen, Manion & Morrison, 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.

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 25 ερωτήσεων ανίχνευσης στάσεων για το μάθημα των Φυσικών. Στη δεύτερη φάση πραγματοποιήθηκε διδακτική παρέμβαση 12 διδακτικών ωρών με την υλοποίηση των προβλεπόμενων

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

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. Τα ερωτηματολόγια που χρησιμοποιήθηκαν βασίστηκαν στην έρευνα των Hillman, Zeeman, Tilburg, et al. (2016) και Tai, Ryoo, Skeeles-Worley, et al. (2022).

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 κουμπιού 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	<ul style="list-style-type: none"> • Σχολικό εγχειρίδιο • Υλικά κατασκευών: λαμπάκια, λυχνιολαβές, διακόπτες, μπαταρίες, καλώδια, και υλικά όπως π.χ μανταλάκια, αλουμινοχαρτο χαρτόνια και άλλα όμοια. • Ιστοσελίδες προσομοίωσης σχετικών πειραμάτων • Φύλλα εργασιών /δραστηριοτήτων 	<ul style="list-style-type: none"> • Σχολικό εγχειρίδιο • Υλικά κατασκευών: καλώδια, χαρτόνια, αλουμινοχαρτο, χαρτίνα ποτήρια, καλαμάκια, κέρματα, μπαταρίες, πλακέτα Micro:bit, μοτέρ • Ιστοσελίδα Micro:bit • Φύλλο εργασιών / δραστηριοτήτων
Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα	<ul style="list-style-type: none"> • 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 12^ο 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

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

(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.

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 πολλοί παράγοντες μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα και δύσκολα μπορεί να εξασφαλιστεί ο ίδιος βαθμός ελέγχου και για τις δυο ομάδες.

3. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Καθώς η πιλοτική έρευνα είναι σε εξέλιξη αποτελέσματα και συμπεράσματα αναμένεται να παρουσιαστούν λεπτομερώς στο συνέδριο που θα πραγματοποιηθεί.

4. Βιβλιογραφία

- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education* (6th Ed.). Routledge/Taylor & Francis Group.
- Gorakhnath I. & Padmanabhanm J. (2017). Educational robotics in teaching learning process. *Online International Interdisciplinary Research Journal*, 7, 161 - 168.
- Hillman, S.J., Zeeman, S.I., Tilburg, C.E. et al. (2016). My Attitudes Toward Science (MATS): the development of a multidimensional instrument measuring students' science attitudes. *Learning Environ Res* 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*, 1–27.
- Kalogiannakis, M. Tzagkaraki, E., & Papadakis, St. (2021). A Systematic Review of the Use of BBC Micro:bit in Primary School. In *Proceedings of the 10th Virtual Edition of the International Conference New Perspectives in Science Education*, 379-384, Italy-Florence: Filodiritto - Pixel, 18-19 March 2021. 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>
- 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>
- Savall-Aleman, 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/physrevphyseducre.15.020138>
- Tai, R.H., Ryoo, J.H., Skeeles-Worley, A. et al. (2022). (Re-)Designing a measure of student's attitudes toward science: a longitudinal psychometric approach. *IJ STEM Ed* 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. In M. Malvezzi, D. Alimisis, & M. Moro (Eds). *Education in & with Robotics to Foster 21st Century Skills. Proceedings of EDUROBOTICS 2020*, Online Conference February 25–26, 2021, 216-229, Switzerland, Cham: Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-030-77022-8_19

4^ο ΣΝΕ – Τευχίδιο Εργασιών: Ομάδα Α

- 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.
- 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>