

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Έρευνα & Πράξη

SCIENCE EDUCATION: RESEARCH & PRAXIS

Θεματικό Τεύχος 84 Σεπτέμβριος 2022

«Μάθηση μέσω Πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής»

ΤΡΙΜΗΝΗ ΕΚΔΟΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ
ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Η επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες, που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών, στη δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου

Επιχειρηματολογία Ελλήνων εκπαιδευτικών
Φυσικών Επιστημών

Επιστημονικός γραμματισμός και
Περιβαλλοντική Εκπαίδευση
στην πρώτη σχολική ηλικία

Αξιολογώντας μεθόδους μαθησιακής υποστήριξης
στη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων:
ο ευθύς και ο αντίστροφος σχεδιασμός
με παρακινήσεις αναστοχασμού

Διερεύνηση των δυσκολιών που
αντιμετωπίζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στο
σχεδιασμό πειραμάτων, με χρήση ρουμπρίκας

Τιμή τεύχους: 10 €

Τρίμηνη έκδοση για τη διδακτική των Φυσικών Επιστημών
**«Μάθηση μέσω Πρακτικών των Φυσικών
Επιστημών και της Μηχανικής»**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	1
Εκδοτικό Σημείωμα	4
Νέα & Ανακοινώσεις	7
Η επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες, που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών, στη δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου	9
<i>Κωνσταντίνος Αλεξόπουλος, Μαριάνθη Παρασκευοπούλου, Μιχαήλ Σκουμιός..</i>	
Επιχειρηματολογία Ελλήνων εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών	30
<i>Μάρθα Γεωργίου, Δημήτρης Κουμαρέλας</i>	
Επιστημονικός γραμματισμός και Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην πρώτη σχολική ηλικία	43
<i>Καλλιόπη Κανάκη, Μιχαήλ Καλογιαννάκης</i>	
Αξιολογώντας μεθόδους μαθησιακής υποστήριξης στη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων: ο ευθύς και ο αντίστροφος σχεδιασμός με παρακινήσεις αναστοχασμού	65
<i>Ιωάννης – Στυλιανός Λαφαζάνης, Μιχαήλ Σκουμιός</i>	
Διερεύνηση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στο σχεδιασμό πειραμάτων, με χρήση ρουμπρίκας	85
<i>Ιωάννης Λεύκος</i>	

ΕΚΔΟΤΗΣ

Ερευνητική Ομάδα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών
@fise Group (Activity Theory in Formal and Informal Science Education)
Συντονισμός: Κατερίνα Πλακίτση, Καθηγήτρια Διδακτικής Φυσικών Επιστημών
Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών
Σχολή Επιστημών Αγωγής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Πανεπιστημιούπολη, Δουρούτη
45110 Ιωάννινα

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΥ

Ερευνητική ομάδα Διδακτικής Φυσικών Επιστημών Παιδαγωγικού Τμήματος
Νηπιαγωγών Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.
Συντονισμός: Κατερίνα Πλακίτση Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών,
Πανεπιστημιούπολη Δουρούτη, 45110, Ιωάννινα

ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Δημητρίου Αναστασία, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Δημόπουλος Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Εργαζάκη Μαρίντα, Πανεπιστήμιο Πατρών
Ζόγκζα Βασιλική, Πανεπιστήμιο Πατρών
Κλωνάρη Αικατερίνη, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Κουλαϊδής Βασίλειος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Κουμαράς Παναγιώτης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Παντίδος Παναγιώτης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Πλακίτση Κατερίνα, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Ραβάνης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Πατρών
Σέρογλου Φανή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σκουμιός Μιχαήλ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Σολομωνίδου Χριστίνα, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σταυρίδου Ελένη, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Χατζηνικήτα Βασιλεία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
Χρηστίδου Βασιλεία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΚΡΙΤΩΝ

Αβρααμίδου Λούση, Πανεπιστήμιο Λευκωσίας, Κύπρος
Βαβουγιός Διονύσιος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Βαλανίδης Νικόλαος, Πανεπιστήμιο Frederick, Κύπρος
Γαβριλάκης Κώστας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Γραμματικάκης Ιωάννης, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Δημητρίου Αναστασία, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Δημόπουλος Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Εργαζάκη Μαρίντα, Πανεπιστήμιο Πατρών
Ζόγκζα Βασιλική, Πανεπιστήμιο Πατρών
Θεοδωράκη Χαρίκλεια, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Καλκάνης Γεώργιος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Καλογιαννάκης Μιχαήλ, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Καμπεζά Μαρία, Πανεπιστήμιο Πατρών
Καριώτογλου Πέτρος, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Κλωνάρη Αικατερίνη, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Κολιόπουλος Δημήτρης, Πανεπιστήμιο Πατρών
Κολοκούρη Ελένη, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Κουλαϊδής Βασίλειος, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Κουμαράς Παναγιώτης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Κωνσταντίνου Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιου Κύπρου
Κώτσης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Λουκά Παναγιώτης, Πανεπιστήμιο Frederick, Κύπρος
Μαλανδράκης Γεώργιος, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Μαυρικάκη Ευαγγελία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Μίχας Πάυλος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Νάννη Ευτυχία, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Παντίδος Παναγιώτης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Παπαγεωργίου Γεώργιος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Παπαδοπούλου Πηνελόπη, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Πήλιουρας Παναγιώτης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Πλακίτση Κατερίνα, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Πολάτογλου Χαρίτων, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Ραβάνης Κωνσταντίνος, Πανεπιστήμιο Πατρών
Σέρογλου Φανή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Σκορδούλης Κωνσταντίνος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Σκουμιάς Μιχαήλ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Σολομωνίδου Χριστίνα, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σπηλιωτοπούλου Βασιλική, Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής & Τεχνολογικής Εκπαίδευσης
Σπυροπούλου-Κατσάνη Δήμητρα, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής
Σπύρτου Άννα, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Σταμούλης Ευθύμιος, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Σταυρίδου Ελένη, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Σταύρου Δημήτριος, Πανεπιστήμιο Κρήτης
Τσελφές Βασίλειος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τσιτουρίδου Μένη, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
Χαλκιά Κρυσταλλία, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Χατζηνικήτα Βασιλεία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
Χρηστίδου Βασιλεία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Ψύλλος Δημήτριος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

ΕΚΔΟΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ

Κατερίνα Πλακίτση, Καθηγήτρια Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών,
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
Ευθύμης Σταμούλης, Δάσκαλος, M.Ed. Διδάκτορας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Ευτυχία Νάννη, Δασκάλα, M.Sc., Διδάκτορας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων
Ελένη Κολοκούρη, Νηπιαγωγός, Διδάκτορας Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

Υπεύθυνος Επικοινωνίας

Science Education Research & Praxis
Katerina Plakitsi

Associate Professor of Science Education School of Education
Department of Early Childhood Education University of Ioannina
45110 Ioannina Greece

Τηλέφωνο: +302651005771

Φαξ: +302651005842

Διεύθυνση ηλεκτρονικού ταχυδρομείου: journal.serp@gmail.com

Editor Journal SERP journal.serp@gmail.com

Webmaster - τεχνική υποστήριξη

Νίκος Ράπτης journal.serp@gmail.com

Ηλεκτρονική διεύθυνση

Βιβλιοθήκη Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

<http://www.lib.uoi.gr/serp/>

Εκδοτικό Σημείωμα

A

ΓΑΠΗΤΟΙ ΑΝΑΓΝΩΣΤΕΣ ΚΑΙ ΑΝΑΓΝΩΣΤΡΙΕΣ, σας καλωσορίζουμε στο νέο ΘΕΜΑΤΙΚΟ τεύχος «Μάθηση μέσω Πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής» του ηλεκτρονικού περιοδικού **Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα & Πράξη - Science Education: Research & Praxis**.

Έχει αναγνωριστεί ευρέως, ιδιαίτερα κατά τα τελευταία χρόνια, η σημασία της εμπλοκής των μαθητών και των μαθητριών με πρακτικές. Ειδικότερα, έχει επισημανθεί ότι η μάθηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών και των μαθητριών με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής. Ο όρος πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (*science and engineering practices*) αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο και οι μηχανικοί καθώς σχεδιάζουν και κατασκευάζουν μοντέλα και συστήματα. Χρησιμοποιείται ο όρος «πρακτικές» αντί του όρου «δεξιότητες» για να δηλώσει ότι η εμπλοκή με επιστημονικές διερευνήσεις απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε πρακτική.

Για την εκπαίδευση των μαθητών και των μαθητριών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής: (α) υποβολή ερωτήσεων (για τις Φυσικές Επιστήμες) και καθορισμός προβλημάτων (για τη Μηχανική), (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδιασμός και πραγματοποίηση διερευνήσεων, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων (για τις Φυσικές Επιστήμες) και σχεδιασμός λύσεων (για τη Μηχανική), (ζ) εμπλοκή με επιχειρήματα που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και επικοινωνία των πληροφοριών.

Τα πρώτα ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι μαθητές και οι μαθήτριες που εμπλέκονται με αυτή τη διδακτική προσέγγιση («μάθηση μέσω πρακτικών») βελτιώνουν σημαντικά την κατανόησή τους για ιδέες, έννοιες και πρακτικές συγκριτικά με τους μαθητές που διδάσκονται με πιο παραδοσιακές προσεγγίσεις.

Επιδιώκεται λοιπόν η διαμόρφωση μαθησιακών περιβαλλόντων όπου οι μαθητές και οι μαθήτριες μιλούν στα είδη σκέψης, συζήτησης και δράσης που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες καθώς αυτοί αναπτύσσουν και αναθεωρούν τη γνώση. Σε αυτά τα μαθησιακά περιβάλλοντα προτεραιότητα δεν αποτελεί η απομνημόνευση γνώσης, αλλά οι μαθητές να οικοδομούν, να χρησιμοποιούν και να κρίνουν τη γνώση. Επιδιώκεται οι μαθητές και οι μαθήτριες να εμπλέκονται ενεργά με το να θέτουν ερωτήματα να διερευνούν και να εξηγούν το φυσικό κόσμο.

Συνεπώς, καθίσταται αναγκαία η μελέτη του βαθμού στον οποίο είναι εξοικειωμένοι οι μαθητές και οι μαθήτριες με τη χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, της επίδρασης διδακτικών παρεμβάσεων, που εμπλέκουν τους μαθητές και τις μαθήτριες με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, στα μαθησιακά τους αποτελέσματα, καθώς επίσης και της αποτελεσματικότητας επιμορφωτικών προγραμμάτων που αποσκοπούν στην ανάπτυξη των ικανοτήτων και των γνώσεων των εκπαιδευτικών να διδάσκουν με χρήση πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής.

Με βάση το παραπάνω σκεπτικό στο παρόν τεύχος κρίθηκαν και έχουν δημοσιευθεί

συνολικά πέντε (5) νέα άρθρα από το χώρο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.

Στο πρώτο άρθρο οι συγγραφείς επικεντρώνονται στην πρακτική που αφορά στη συγκρότηση επιχειρημάτων από τους μαθητές. Αντικείμενο του άρθρου είναι η μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης (που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών) στη βελτίωση της ποιότητας των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών. Ειδικότερα, διερευνάται η εξέλιξη της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου πριν και μετά την εφαρμογή μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες. Η ανάλυση των επιχειρημάτων πραγματοποιήθηκε μέσω κλιμάκων διαβαθμισμένων κριτηρίων. Προέκυψε ότι η διδακτική παρέμβαση επέφερε βελτίωση τόσο στη δομή όσο και στο περιεχόμενο των γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών.

Το δεύτερο άρθρο εστιάζεται στην πρακτική που αναφέρεται στην ικανότητα αξιολόγηση επιχειρημάτων από τους εκπαιδευτικούς. Ειδικότερα, μελετά το πώς αντιλαμβάνονται οι εκπαιδευτικοί Φυσικών Επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ένα ισχυρό και πλήρες επιχειρήμα και αντεπιχείρημα και πώς σχετίζεται αυτή τους η ικανότητα με τη διδακτική εμπειρία και την ειδικότητά τους. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με 49 εκπαιδευτικούς μέσω ερωτηματολογίου που αφορούσε στη θεωρία της εξέλιξης. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν αδυναμίες στο θέμα αυτό και μάλιστα συγκρίσεις ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς Βιολόγους και μη Βιολόγους φάνηκε πως δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές παρόλο που το αντικείμενο της Εξέλιξης ανήκει στο γνωστικό πεδίο της Βιολογίας. Αντίθετα, βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς με και χωρίς διδακτική εμπειρία.

Στο τρίτο άρθρο αντικείμενο μελέτης αποτελεί η διερεύνηση της κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος (και ειδικότερα των διατροφικών συνηθειών των ζώων) σε μαθητές των πρώτων τάξεων του δημοτικού σχολείου και η μελέτη της ύπαρξης διαφοροποίησης της επίδοσης σε σχέση με το φύλλο των μαθητών. Οι ερευνητές διεξήγαγαν έρευνα στην οποία συμμετείχαν 435 μαθητές Α' και Β' τάξης Δημοτικού, υιοθετώντας τις αρχές της μικτής μεθοδολογίας για τη συλλογή δεδομένων. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε τα επίπεδα κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος και εντόπισε έλλειψη συσχέτισης ανάμεσα στις μαθησιακές επιδόσεις και στο φύλο των μαθητών. Τα αποτελέσματα της έρευνας μπορούν να αποτελέσουν τη βάση μελλοντικών μελετών που θα επικεντρώνονται στην καλλιέργεια περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και οικολογικής συνείδησης, καθώς επίσης και στη βελτίωση της ικανότητας επιχειρηματολογίας των μαθητών.

Το τέταρτο άρθρο εστιάζεται στην πρακτική που αφορά στο σχεδιασμό διερευνήσεων από τους μαθητές. Ειδικότερα, οι συγγραφείς διερευνούν την επίδραση δύο μεθόδων μαθησιακής υποστήριξης των μαθητών για τη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» και του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού», στην ποιότητα των αναφορών που συγκροτούν οι μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου για τη διαστολή των υγρών. Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσε το περιεχόμενο 264 αναφορών των μαθητών. Η ανάλυση των αναφορών πραγματοποιήθηκε με μια κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων που αξιολογεί σε επίπεδα διαστάσεις της πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η μέθοδος της μαθησιακής υποστήριξης του

«αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» επέφερε σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα (αναφορικά με την ποιότητα των αναφορών των μαθητών) συγκριτικά με τη μέθοδο του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού».

Το πέμπτο άρθρο επικεντρώνεται σε διαστάσεις της πρακτικής που αφορά στο σχεδιασμό πειραμάτων από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς. Ειδικότερα, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από μια έρευνα, κατά την οποία γίνεται αξιολόγηση του σχεδιασμού πειραμάτων από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, με χρήση μιας κλίμακας διαβαθμισμένων κριτηρίων (ρουμπρίκας) αξιολόγησης. Το δείγμα της έρευνας αποτελέσαν φοιτητές (μελλοντικοί εκπαιδευτικοί) του Η' εξαμήνου παιδαγωγικού τμήματος που παρακολουθούσαν το μάθημα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εμφανίζουν δυσκολίες σε συγκεκριμένες διαστάσεις του σχεδιασμού των πειραμάτων, όπως η έκφραση της υπόθεσης και η διαχείριση των μεταβλητών του πειράματος. Προέκυψε ότι η προτεινόμενη ρουμπρίκα έχει την ικανότητα να διακρίνει τις δυσκολίες που εμφανίζονται. Ειδικότερα η δυσκολία στην έκφραση των υποθέσεων φαίνεται να συνδέεται κυρίως με την αντιμετώπιση προβλημάτων που έχουν μη-διαισθητική εξέλιξη, ενώ στη διαχείριση των μεταβλητών, με το πλήθος των μεταβλητών του προβλήματος που αντιμετωπίζουν. Τα αποτελέσματα της εργασίας συζητούνται σε σχέση με τις πιθανές τους επεκτάσεις στην εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών.

Καλή σας ανάγνωση!

Ρόδος, Σεπτέμβριος 2022

Ο επιμελητής του ειδικού αφιερώματος

Μιχαήλ Σκουμιός

Αναπληρωτής Καθηγητής

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

Νέα & Ανακοινώσεις

12ο Πανελλήνιο Συνέδριο
Οι Φυσικές Επιστήμες
στην Προσχολική Εκπαίδευση

Από τις επιστημονικές πρακτικές
και το πείραμα
έως τη διερεύνηση και το **STE(A)M**:
μια νέα εποχή σύνθεσης

Φλώρινα
4, 5 & 6
Νοεμβρίου 2022

ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
ΝΗΠΙΑΓΩΓΩΝ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΑΥΤΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Έρευνα & Πράξη
SCIENCE EDUCATION: RESEARCH & PRAXIS
ΤΡΙΜΗΝΗ ΕΚΔΟΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ
ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Πρόσκληση για υποβολή άρθρων σε περιοδικό

Αγαπητές/Αγαπητοί συνάδελφοι,

με μεγάλη μας χαρά σας καλούμε να επισκεφτείτε και να εγγραφείτε στο ηλεκτρονικό περιοδικό **"Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα & Πράξη"**. Το περιοδικό απευθύνεται σε όλους τους ερευνητές, εκπαιδευτικούς, μεταπτυχιακούς και προπτυχιακούς φοιτητές που ασχολούνται με τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης και εκδίδεται από την Ερευνητική Ομάδα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών -@fise group- της Σχολής Επιστημών Αγωγής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων.

Η εγγραφή των χρηστών/αναγνωστών του περιοδικού είναι **δωρεάν** και δεν απαιτείται συνδρομή.

Το περιοδικό φιλοξενεί άρθρα στην ελληνική ή αγγλική γλώσσα που πραγματεύονται θεωρητικά ή ερευνητικά θέματα σε σχέση με το αντικείμενο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Θα αποτελούσε ιδιαίτερη τιμή για εμάς να φιλοξενήσουμε κάποιο άρθρο σας σε επόμενο τεύχος. Πληροφορίες σχετικά με τη διαδικασία υποβολής άρθρου στον ιστότοπο του περιοδικού:

<http://www.lib.uoi.gr/serp/>

Η Εκδοτική Ομάδα

Η επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες, που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών, στη δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου

Κωνσταντίνος Αλεξόπουλος¹, Μαριάνθη Παρασκευοπούλου², Μιχαήλ Σκουμιός³

Περίληψη: Παρόλο που αρκετές έρευνες έχουν εστιαστεί στην ποιότητα των επιστημονικών επιχειρημάτων που συγκροτούν οι μαθητές, ελάχιστες είναι οι έρευνες που έχουν μελετήσει τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στη βελτίωση της ποιότητας των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών. Η παρούσα εργασία διερευνά την εξέλιξη της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου πριν και μετά την εφαρμογή μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 28 μαθητές της ΣΤ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τους ηλεκτρομαγνήτες, το οποίο βασίστηκε στη προσέγγιση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών μέσω πρακτικών και εφαρμόστηκε στους μαθητές. Τα δεδομένα της έρευνας ήταν τα γραπτά επιχειρήματα των μαθητών στο ερωτηματολόγιο που τους δόθηκε πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των επιχειρημάτων πραγματοποιήθηκε αξιολογώντας διακριτά τη δομή και το περιεχόμενό τους. Η ανάλυση των επιχειρημάτων επέτρεψε να μελετηθεί η εξέλιξη των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες. Προέκυψε ότι η διδακτική παρέμβαση επέφερε βελτίωση τόσο στη δομή όσο και στο περιεχόμενο των γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών.

Λέξεις κλειδιά: δομή και περιεχόμενο επιχειρημάτων, πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, μάθηση μέσω πρακτικών, ηλεκτρομαγνήτες

The impact of an instructional intervention for electromagnets, based on the approach “learning through science practices” in structure and content of primary school students’ arguments

Konstantinos Alexopoulos, Marianthi Paraskevopoulou, Michael Skoumios

Abstract: Although several studies have focused on the quality of scientific arguments constructed by the students, there is limited research investigating the impact of instructional interventions on improving the quality of students’ scientific arguments. This study investigates the development of the structure and the content of primary school students’ written scientific arguments before and after an instructional intervention for electromagnets. The research sample included 28 primary school students. The instructional material on electromagnets was developed based on the approach of teaching science-as-practice and was implemented to the students. Research data included students’ arguments written in the questionnaire before and after the instructional intervention. The arguments were analyzed by separately assessing their structure and content. Argument analysis enabled studying the development of students’ scientific arguments about electromagnets. It was found that the instructional intervention improved both the structure and the content of students’ written scientific arguments.

Keywords: structure and content of arguments, science and engineering practices, learning through practices, electromagnets

¹ Κωνσταντίνος Αλεξόπουλος: Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

² Μαριάνθη Παρασκευοπούλου: Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

³ Μιχαήλ Σκουμιός: Αν. Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστημίου Αιγαίου

Εισαγωγή

Η χρήση από τους μαθητές πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, δηλαδή των πρακτικών που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες και οι μηχανικοί όταν οικοδομούν μοντέλα και θεωρίες για να εξηγήσουν το φυσικό κόσμο ή όταν επιλύουν προβλήματα, έχει υποστηριχθεί ότι συμβάλλει σημαντικά στην κατανόηση των ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών (Jiménez-Aleixandre & Crujeiras, 2017; Mody, 2015; NRC, 2012; Stroupe, 2015). Μια από αυτές τις πρακτικές αναφέρεται στη συγκρότηση επιστημονικών επιχειρημάτων που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία.

Η ανάπτυξη της ικανότητας συγκρότησης επιχειρημάτων δεν περιορίζεται μόνο στους μαθητές που στοχεύουν να ασχοληθούν μελλοντικά με ένα κλάδο των Φυσικών Επιστημών, αλλά είναι απαραίτητη για κάθε ενεργό και υπεύθυνο πολίτη. Επιδιώκεται να είναι ικανοί όλοι οι πολίτες να κατανοούν τα επιχειρήματα των συνομηθών τους και να τα αξιολογούν, καθώς επίσης και να συγκροτούν επιχειρήματα όταν εκφράζουν τις απόψεις τους προκειμένου να πείθουν άλλους (McNeill & Krajcik, 2009). Ερευνητές στο πεδίο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών αποδίδουν ιδιαίτερη σημασία στην ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να συγκροτούν επιστημονικά επιχειρήματα (Henderson et al., 2018).

Παρά τη σημασία που αποδίδεται στη συγκρότηση επιστημονικών επιχειρημάτων από τους μαθητές, κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας συνήθως δεν δίνονται ευκαιρίες στους μαθητές να συγκροτούν επιχειρήματα και να αντιπαρατίθενται με τα επιχειρήματα άλλων (Hernandes & Tecran, 2018; Lemke, 1990; Driver, Newton, & Osborne, 2000). Επίσης, από έρευνες στις οποίες αξιολογήθηκαν τα επιστημονικά επιχειρήματα των μαθητών, προέκυψε ότι μαθητές συγκροτούν επιχειρήματα χαμηλής ποιότητας (Jimenez-Aleixandre, Rodríguez, & Duschl, 2000). Έχει υποστηριχθεί ότι οι μαθητές μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ποιότητα των επιχειρημάτων τους με τη συμβολή κατάλληλα σχεδιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων οι οποίες στοχεύουν στη διδασκαλία των συστατικών στοιχείων ενός επιχειρήματος και δίνουν ευκαιρίες στους μαθητές να συγκροτούν επιχειρήματα, να κρίνουν τα συστατικά τους στοιχεία και να αντιπαραθέτουν τα επιχειρήματά τους με τα επιχειρήματα των άλλων (Driver et al., 2000).

Μολονότι υπάρχουν αρκετές έρευνες που αξιολογούν τα επιστημονικά επιχειρήματα που συγκροτούν οι μαθητές, ελάχιστες είναι οι έρευνες που μελετούν την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων στη βελτίωση της ποιότητας των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών (Berland & McNeill, 2010; Chen et al., 2016; McNeill et al., 2006; Sampson et al., 2013; Sampson & Walker, 2012; Sandoval, 2003; Walker & Sampson, 2013). Στις έρευνες αυτές δεν έχει μελετηθεί διακριτά η δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων αλλά η συνολική τους ποιότητα. Επίσης, για την εννοιολογική περιοχή που αναφέρεται στους ηλεκτρομαγνήτες δεν εντοπίστηκαν έρευνες που να εξετάζουν τα επιστημονικά επιχειρήματα των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Στην παρούσα εργασία διερευνάται η συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στην εξέλιξη της δομής και του περιεχομένου των γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου.

Θεωρητικό πλαίσιο

Τα επιστημονικά επιχειρήματα των μαθητών: συστατικά στοιχεία και κριτήρια ποιότητας

Σύμφωνα με τον Toulmin (1958) τα επιχειρήματα περιλαμβάνουν ισχυρισμούς που απαντούν στα ερωτήματα που έχουν τεθεί, δεδομένα που υποστηρίζουν τους ισχυρισμούς, εγγυήσεις που αποδεικνύουν γιατί τα δεδομένα υποστηρίζουν τους ισχυρισμούς, υποστηρίξεις που είναι πληροφορίες που υποστηρίζουν τις εγγυήσεις, πιστοποιήσεις που καταδεικνύουν την ισχύ των στοιχείων των εγγυήσεων και αντικρούσεις που υποδεικνύουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες τα δεδομένα μαζί με τις εγγυήσεις δεν οδηγούν στους ισχυρισμούς. Έχει επισημανθεί

ότι η παραπάνω δομή του επιχειρήματος παρουσιάζει δυσκολίες όταν χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση του λόγου των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, έχουν εντοπιστεί δυσκολίες στη διάκριση των εγγυήσεων, των υποστηρίξεων και των πιστοποιήσεων στο λόγο των μαθητών (Keith & Beard, 2008; McNeill et al., 2006).

Τα επιστημονικά επιχειρήματα των μαθητών, σύμφωνα με μια τροποποιημένη εκδοχή του μοντέλου επιχειρημάτων του Toulmin (1958), αποτελούνται από τέσσερα συστατικά στοιχεία: ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός και αντίκρουση (McNeill & Krajcik, 2012). Ο ισχυρισμός είναι το συμπέρασμα που απαντά σε ένα ερώτημα, τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό, ο συλλογισμός συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό μέσω επιστημονικών αρχών και η αντίκρουση αιτιολογεί γιατί ένας άλλος ισχυρισμός θα ήταν λανθασμένος (McNeill & Krajcik, 2012).

Η ποιότητα ενός επιχειρήματος καθορίζεται από τη δομή του και το περιεχόμενό του (McNeill, Lizotte, Krajcik & Marx, 2006). Ως προς τη δομή αξιολογείται αν το επιχείρημα διαθέτει όλα τα συστατικά του στοιχεία (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός, αντίκρουση) και αν τα συστατικά αυτά είναι επαρκή, ανεξάρτητα από το περιεχόμενό τους. Ως προς το περιεχόμενο, εξετάζεται κατά πόσο τα συστατικά στοιχεία του επιχειρήματος συνάδουν με τη σχολική γνώση.

Η προσέγγιση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών μέσω πρακτικών

Σύμφωνα με την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση, ο μαθητής δεν λαμβάνει παθητικά τη νέα γνώση, αλλά αντιθέτως κατασκευάζει τη γνώση με βάση τις αρχικές του αντιλήψεις οι οποίες διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη μάθηση (Forbes et al., 2014; Widolo et al., 2002). Σύμφωνα με το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ, η διανοητική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής (NRC, 2012).

Ο όρος πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για να εξηγούν τα φαινόμενα και οι μηχανικοί καθώς σχεδιάζουν και κατασκευάζουν συστήματα για να επιλύουν προβλήματα (NRC, 2012). Έχουν προταθεί οι ακόλουθες πρακτικές (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων και καθορισμός προβλημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδιασμός και πραγματοποίηση διερευνήσεων, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων και σχεδίαση λύσεων, (ζ) εμπλοκή με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Η εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης και να κατανοήσουν ακόμα και δυσνόητες ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007; NRC, 2012).

Συνεπώς, στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών καθοριστικό ρόλο διαδραματίζουν οι πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής. Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών θα μπορούσε να ενσωματώνει πρακτικές και γνώσεις περιεχομένου Φυσικών Επιστημών. Αυτή η προσέγγιση, θεωρεί τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ως μια διαδικασία εμπλοκής των μαθητών με πρακτικές ώστε να κατασκευάζουν και να χρησιμοποιούν τη γνώση (Krajcik et al., 2014; Schwarz et al., 2017).

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Έρευνες έχουν εστιάσει στα επιχειρήματα των μαθητών και έχουν αξιολογήσει τη ποιότητά τους. Από τις έρευνες αυτές έχει διαπιστωθεί ότι συνήθως οι μαθητές διατυπώνουν έναν ισχυρισμό που απαντά στην ερώτηση που τους τίθεται χωρίς να τον αιτιολογούν (Jiménez-Aleixandre, Rodríguez & Duschl, 2000; Kuhn, 1993; Sadler, 2004). Επίσης, οι μαθητές συνήθως για να υποστηρίξουν τον ισχυρισμό τους χρησιμοποιούν ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία (Bell & Linn, 2000; Bravo-Torija & Jiménez-Aleixandre, 2018; Chinn & Brewer, 2001; Heng, Surif, & Seng, 2015; Jiménez-Aleixandre et al., 2000; McNeill & Krajcik, 2009; 2012; Moje et al., 2004; Sadler, 2004; Sandoval, 2003; Sandoval & Millwood, 2005). Τα αποδεικτικά στοιχεία που προτείνουν συχνά εμπλέκουν προσφυγή στην αυθεντία (Ford, 2008; McNeill & Berland, 2016; Sandoval & Cam, 2012) και προηγούμενες εμπειρίες (Songer, Kelcey, & Gotwals, 2009; McNeill & Krajcik, 2009). Πολλές φορές οι μαθητές αγνοούν εκείνα τα δεδομένα που έρχονται σε σύγκρουση με την αρχική τους άποψη (Kuhn, 1993). Επιπλέον, οι μαθητές σπάνια διατυπώνουν έναν συλλογισμό, συνδέοντας τα αποδεικτικά στοιχεία με τον αρχικό τους ισχυρισμό, και όταν το κάνουν δεν αναφέρουν επιστημονικές αρχές που να συνδέουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό (Kuhn & Reiser, 2005; Lizotte et al., 2003; McNeill & Krajcik, 2007, 2012; Moje et al., 2004; Sadler, 2004; Songer & Gotwals, 2012; Zeidler, 1997). Τέλος, σπάνια οι μαθητές προτείνουν αντικρούσεις στα επιχειρήματά τους (Kuhn, 1993; McNeill & Krajcik, 2012; Zeidler, 1997).

Παρόλο που σε αρκετές έρευνες έχει μελετηθεί η ποιότητα των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών, ελάχιστες είναι οι έρευνες που έχουν ασχοληθεί με τη σχεδίαση και εφαρμογή διδακτικών παρεμβάσεων με σκοπό τη βελτίωση της ποιότητας των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών (Chen, Wang, Lu, Lin, & Hong, 2016; Klieger & Rochsar, 2017; McNeill & Krajcik, 2012; Rodríguez-Mora et al., 2021; Sampson et al., 2013). Από αυτές προέκυψε ότι οι διδακτικές παρεμβάσεις που δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές να συγκροτούν και να αξιολογούν επιχειρήματα, μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών. Μάλιστα, έχουν προταθεί διδακτικές στρατηγικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να υποστηρίξουν τους μαθητές ώστε να συγκροτούν επιχειρήματα. Όταν οι μαθητές διδάσκονται τι είναι ένα επιχείρημα και ποια είναι τα συστατικά στοιχεία του μπορούν να συγκροτήσουν βελτιωμένα επιχειρήματα (McNeill & Krajcik, 2008). Όταν τίθεται στους μαθητές ένα ερώτημα και τους ζητείται να συμπληρώσουν ξεχωριστά κάθε συστατικό στοιχείο του επιχειρήματος (ισχυρισμό, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμό) τείνουν να συγκροτούν υψηλότερης ποιότητας επιχειρήματα (Gotwals, Songer, & Bullard, 2012). Επίσης, προτείνεται οι εκπαιδευτικοί να παρέχουν ευκαιρίες στους μαθητές να αξιολογούν οι ίδιοι τα επιχειρήματα που παράγουν (αυτό-αξιολόγηση) (McNeill & Krajcik, 2008).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι έχει μελετηθεί η ποιότητα των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών. Ωστόσο, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων στη βελτίωση της ποιότητας των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών. Η έρευνα αυτή έχει εστιάσει στην ποιότητα των επιχειρημάτων. Δεν έχει μελετηθεί διακριτά η εξέλιξη της δομής και του περιεχομένου των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών. Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης τέτοιων ερευνών.

Επιπρόσθετα, ενώ η έρευνα σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για θέματα ηλεκτρισμού είναι αρκετά εκτεταμένη (ενδεικτικά: Psillos et al., 1987; Shipstone, 1984, 1985, 1988; Shipstone et al., 1988), η αντίστοιχη έρευνα για θέματα ηλεκτρομαγνητισμού είναι ιδιαίτερα περιορισμένη και εστιάζεται σε μαθητές κυρίως της δευτεροβάθμιας και φοιτητές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Anderson, 1986; Galili, 1995; Selman et al., 1982; Smaill et al.,

2012). Συνεπώς είναι περιορισμένα τα ερευνητικά δεδομένα που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες. Σύμφωνα με αυτά οι μαθητές δεν συνδέουν το ηλεκτρικό ρεύμα με την εμφάνιση μαγνητικού πεδίου και θεωρούν ότι ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένας μόνιμος μαγνήτης με σταθερή δύναμη έλξης (Barrow, 1987). Όμως, δεν έχουν μελετηθεί τα επιχειρήματα των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες, καθώς επίσης και η εξέλιξη αυτών των επιχειρημάτων ως απόρροια της εφαρμογής διδακτικών παρεμβάσεων.

Σκοπός και Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες, η οποία βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών, στην εξέλιξη της ποιότητας (δομής και περιεχομένου) των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών της ΣΤ τάξης του δημοτικού σχολείου.

Πιο συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα που επιδιώκεται να απαντηθούν είναι τα εξής:

- (α) ποια είναι η συμβολή αυτής της διδακτικής παρέμβασης στη δομή των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών;
- (β) ποια είναι η συμβολή αυτής της διδακτικής παρέμβασης στο περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών;

Μεθοδολογία

Ερευνητική διαδικασία και συμμετέχοντες

Για το σχεδιασμό και την υλοποίηση της παρούσας έρευνας επιλέχθηκε να αξιοποιηθεί ο σχεδιασμός της μικτής μεθόδου μελέτης περίπτωσης και συγκεντρώθηκαν τόσο ποσοτικά όσο και ποιοτικά δεδομένα. Η ερευνητική διαδικασία υλοποιήθηκε σε δύο φάσεις.

Στην πρώτη φάση συγκροτήθηκαν το εκπαιδευτικό υλικό για τους ηλεκτρομαγνήτες (φύλλα εργασίας) και ένα ερωτηματολόγιο. Το ερωτηματολόγιο και το εκπαιδευτικό υλικό εφαρμόστηκαν σε τρεις μαθητές με σκοπό να αναδειχτούν πιθανές αστοχίες και επίσης δόθηκε σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών για έλεγχο. Με βάση τα αποτελέσματα της εφαρμογής στους μαθητές και τις παρατηρήσεις των ερευνητών έγιναν οι κατάλληλες διορθώσεις.

Στην δεύτερη φάση οι μαθητές που συμμετείχαν στη έρευνα συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο (προ-τεστ), ακολούθησε η εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης και μετά από δυο εβδομάδες οι μαθητές απάντησαν και πάλι στο ίδιο ερωτηματολόγιο (μετά-τεστ). Στη συνέχεια, μελετήθηκαν τα επιχειρήματα που κατέγραψαν οι μαθητές στα ερωτηματολόγια (πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση).

Οι συμμετέχοντες μαθητές και οι γονείς τους ενημερώθηκαν πριν την έναρξη της ερευνητικής διαδικασίας για τον σκοπό, το περιεχόμενο και τα εργαλεία της έρευνας, και έδωσαν τη συναίνεσή τους. Επίσης, δεσμευτήκαμε απέναντί τους ως προς την εμπιστευτικότητα, αλλά και την αποκλειστική χρήση των στοιχείων που θα προκύψουν από τη συγκεκριμένη έρευνα, με απόλυτο σεβασμό στα προσωπικά δεδομένα τους.

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 28 μαθητές της ΣΤ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Όλοι οι μαθητές μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν προφορικά και γραπτά την ελληνική γλώσσα.

Η διδακτική παρέμβαση

Για το σχεδιασμό του εκπαιδευτικού υλικού ακολουθήθηκε η διδακτική προσέγγιση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών μέσω πρακτικών. Συγκεκριμένα, το εκπαιδευτικό υλικό περιλάμβανε δύο ενότητες. Η πρώτη ενότητα («Συνδέοντας τον ηλεκτρισμό με τον μαγνητισμό») επεδίωκε οι μαθητές να οικοδομήσουν την αντίληψη ότι όταν ένας αγωγός

διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα αποκτά μαγνητικές ιδιότητες. Η δεύτερη ενότητα («Ο ηλεκτρομαγνήτης και οι παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη έλξης του») επεδίωκε οι μαθητές να οικοδομήσουν την αντίληψη ότι ο ηλεκτρομαγνήτης λειτουργεί μόνο όταν διαρρέεται από ρεύμα και η δύναμη έλξης του εξαρτάται από τον αριθμό των μπαταριών με τις οποίες συνδέεται, τον αριθμό των σπειρών που έχει ο πυρήνας του και από τη σύσταση του πυρήνα του.

Στη διαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού αξιοποιήθηκε το μαθησιακό μοντέλο 5E των Bybee et al. (2006) το οποίο αποτελείται από πέντε φάσεις: ενεργοποίηση, διερεύνηση, εξήγηση, εφαρμογή, αξιολόγηση. Οι δραστηριότητες που συγκροτήθηκαν πέραν των γνώσεων ενέπλεκαν και πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής.

(α) Ενεργοποίηση

Η πρώτη φάση είχε ως στόχους την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, την ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων, τη συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών και τη διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη ενότητα στους μαθητές τέθηκε ένα πρόβλημα το οποίο τους ζητούσε να προβούν σε κατασκευή σχεδίων, προβλέψεις και αιτιολογήσεις σχετικά με το τι θα συμβεί σε μια μαγνητική βελόνα όταν παράλληλα με αυτήν υπάρχει ένας αγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Στη δεύτερη ενότητα ζητήθηκε από τους μαθητές να προβούν σε προβλέψεις και αιτιολογήσεις σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη. Αρχικά, οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά και κατέγραψαν τις απαντήσεις τους. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές της ομάδας τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους. Ακολούθησε αντιπαράθεση των μαθητών στην προσπάθειά τους να υποστηρίξουν τις απόψεις τους. Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοίνωσαν τα αποτελέσματα των συζητήσεων των ομάδων των μαθητών στο σύνολο των μαθητών της τάξης. Η φάση αυτή ολοκληρώθηκε με συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης και τη διατύπωση από πλευράς μαθητών ερωτημάτων για έρευνα. Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης ενέπλεξαν τους μαθητές με τις ακόλουθες πρακτικές: ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, υποβολή ερωτημάτων.

(β) Διερεύνηση

Στη φάση αυτή επιδιώχθηκε να γίνει σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων από τους μαθητές και στη συνέχεια ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων προκειμένου να απαντηθούν τα ερωτήματα που τέθηκαν προς διερεύνηση. Για τη σχεδίαση κάθε διερεύνησης οι μαθητές υποστηρίχθηκαν από ένα φύλλο εργασίας που τους παρότρυνε να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα, να εκφέρουν υποθέσεις, να εντοπίσουν τις μεταβλητές που υπεισέρχονται στο πρόβλημα που μελετούσαν, να κάνουν έλεγχο των μεταβλητών (αναγνωρίζοντας την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου και την εξαρτημένη μεταβλητή) και να περιγράψουν τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας (βλ. Σχήμα 1).

Φύλλο εργασίας για σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων

- Τι πρόκειται να ερευνήσουμε;
- Ποιες είναι οι απόψεις μας;
- Συμπληρώνουμε τον πίνακα.

Τι αλλάζουμε;	Τι κρατούμε ίδια;	Τι ελέγχουμε;

Πραγματοποίηση της έρευνας

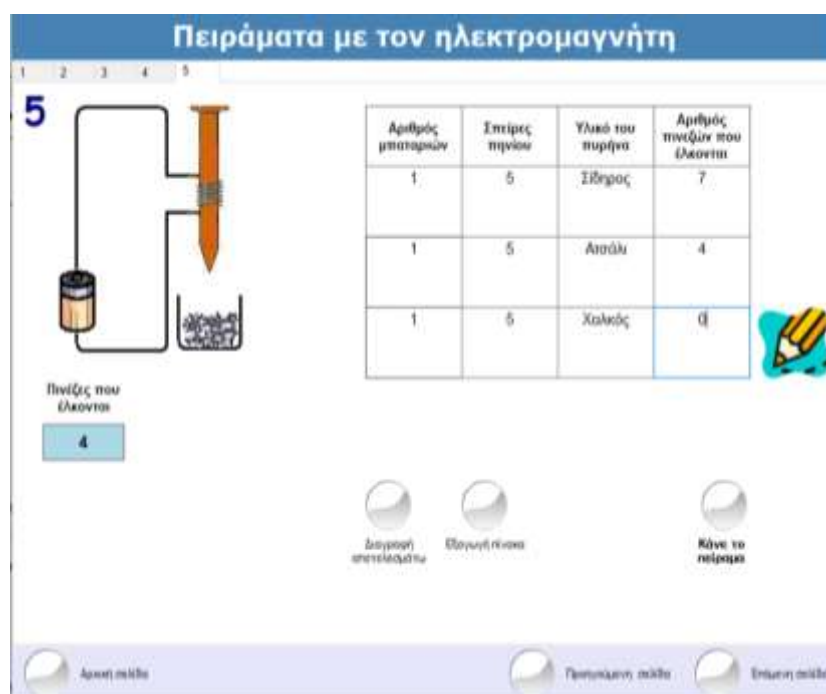
Τι χρειαζόμαστε;
 Τι θα κάνουμε;
 Βήμα 1: ...
 Βήμα 2: ...
 Παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα σε ένα πίνακα.

Συμπεράσματα

- Τι διαπιστώσαμε από την έρευνα που κάναμε;
- Αυτό που διαπιστώσαμε ήταν αυτό που περιμέναμε;
- Τι δυσκολίες συναντήσαμε σε αυτή την έρευνα;
- Πώς μπορούμε να βελτιώσουμε την έρευνα αυτή;
- Τι άλλο θέλουμε να ερευνήσουμε;

Σχήμα 1. Φύλλο εργασίας για τη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων

Για την πραγματοποίηση κάθε διερεύνησης που αφορούσε στους παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό «Μαθαίνω να κάνω πειράματα» (βλ. Σχήμα 2). Με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού οι μαθητές πήραν τις ζητούμενες μετρήσεις και τις κατέγραψαν σε πίνακες. Με τη βοήθεια των πινάκων εξήγαγαν τους ισχυρισμούς τους (δηλαδή απαντήσεις στα ερωτήματα που είχαν θέσει). Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης ενέπλεξαν τους μαθητές με τις ακόλουθες πρακτικές: υποβολή ερωτημάτων, ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, σχεδιασμός και πραγματοποίηση διερευνήσεων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.



Σχήμα 2. Εικόνα από το λογισμικό «Μαθαίνω να κάνω πειράματα»

(γ) Εξήγηση

Επιδιώχθηκε οι μαθητές να αποσαφηνίσουν τη σχέση ανάμεσα στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε αγωγό και των μαγνητικών ιδιοτήτων που αποκτά, καθώς επίσης και στον αριθμό των μπαταριών με τις οποίες συνδέεται ο ηλεκτρομαγνήτης, τον αριθμό των σπειρών που έχει ο πυρήνας του και από τη σύσταση του πυρήνα του και στη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη. Επιπρόσθετα, οι μαθητές επιδιώχθηκε να εισαχθούν στην έννοια του επιχειρήματος και των συστατικών τους στοιχείων και να εξοικειωθούν με διαδικασίες συγκρότησης επιχειρημάτων. Οι μαθητές κλήθηκαν να συγκροτήσουν επιχειρήματα (βασισμένα στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν από τις διερευνήσεις), ώστε να υποστηρίξουν τους ισχυρισμούς τους και να καταρρίψουν πιθανούς άλλους ισχυρισμούς. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός παρουσίασε στους μαθητές τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός και αντίκρουση) και συζήτησε μαζί τους για την αναγκαιότητα συγκρότησης επιχειρημάτων. Δόθηκαν στους μαθητές παραδείγματα επιχειρημάτων στα οποία τους ζητήθηκε να εντοπίσουν τα συστατικά στοιχεία (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) και ακολούθησε συζήτηση για την επάρκεια και την καταλληλότητα καθενός συστατικού στοιχείου. Στη συνέχεια οι μαθητές συγκρότησαν επιχειρήματα χρησιμοποιώντας υποστηρικτικά πλαίσια (βλ. Σχήμα 3). Επίσης αξιολόγησαν τα επιχειρήματα ως προς την επάρκεια και την καταλληλότητα καθενός συστατικού τους στοιχείου με τη βοήθεια υποστηρικτικών πλαισίων (βλ. Σχήμα 4). Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης ενέπλεξαν τους μαθητές με τις ακόλουθες πρακτικές: ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, σχεδιασμός και πραγματοποίηση διερευνήσεων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, συγκρότηση εξηγήσεων και σχεδίαση λύσεων, εμπλοκή με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία.

Γράφω ένα ισχυρισμό
Γράφω τα δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό
Γράφω ένα συλλογισμό που να συνδέει τα δεδομένα με τον ισχυρισμό

Σχήμα 3. Υποστηρικτικό πλαίσιο για τη συγκρότηση επιχειρήματος

Έγραψες ισχυρισμό, δηλαδή μια απάντηση στην ερώτηση;	<input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι
Είναι η απάντησή σου μια πλήρης πρόταση;	<input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι
Έγραψες αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό σου;	<input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι
Είναι τα αποδεικτικά στοιχεία μετρήσεις από Πίνακες;	<input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι
Έγραψες συλλογισμό;	<input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι
Ο συλλογισμός σου συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό;	<input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι
Γράψε ξανά το επιχειρήμα σου:

Σχήμα 4. Υποστηρικτικό πλαίσιο για την αυτο-αξιολόγηση επιχειρήματος

(δ) Εφαρμογή

Στη φάση αυτή δόθηκαν ευκαιρίες στους μαθητές να συγκροτήσουν και να αξιολογήσουν επιχειρήματα μέσω νέων προβλημάτων διαφορετικών από αυτά που είχαν διαπραγματευθεί. Δόθηκαν στους μαθητές νέα προβλήματα και τους ζητήθηκε να συγκροτήσουν επιχειρήματα με τη βοήθεια υποστηρικτικών πλαισίων καταγράφοντας ξεχωριστά το κάθε συστατικό στοιχείο των επιχειρημάτων τους (ισχυρισμό, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμό και αντίκρουση).

Επίσης, δόθηκαν στους μαθητές υποστηρικτικά πλαίσια και τους ζητήθηκε να αυτό-αξιολογήσουν τα επιχειρήματά τους (ως προς τη δομή και το περιεχόμενό τους) και στη συνέχεια να επαναδιατυπώσουν τα επιχειρήματά τους διορθώνοντας τα αδύναμα σημεία τους. Επιπρόσθετα, ζητήθηκε από τους μαθητές να συγκρίνουν δύο διαφορετικά επιχειρήματα τα οποία περιείχαν τον ίδιο ισχυρισμό αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία και διαφορετικό συλλογισμό. Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης ενέπλεξαν τους μαθητές με τις ακόλουθες πρακτικές: ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, εμπλοκή με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία.

(ε) Αξιολόγηση

Επιδιώχθηκε οι μαθητές να αναστοχαστούν πάνω στις αρχικές εκδοχές των επιχειρημάτων τους και να συνειδητοποιήσουν τις αλλαγές στην ποιότητά τους. Ειδικότερα, οι μαθητές απάντησαν ξανά στις ερωτήσεις που είχαν διαπραγματευτεί κατά τη φάση της ενεργοποίησης και σύγκριναν τα επιχειρήματά τους με σκοπό να συνειδητοποιήσουν τις αλλαγές που συντελέστηκαν τόσο στη δομή όσο και στο περιεχόμενό τους. Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης ενέπλεξαν τους μαθητές με τις ακόλουθες πρακτικές: εμπλοκή με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία και απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Συλλογή δεδομένων

Για τις ανάγκες της έρευνας διαμορφώθηκε ένα ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση της ικανότητας των μαθητών να συγκροτούν επιστημονικά επιχειρήματα. η συγκρότηση των προβλημάτων του ερωτηματολογίου βασίστηκε στο πλαίσιο των Knight et al. (2013).

Το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση αποτελούνταν από τρία προβλήματα. Σε κάθε πρόβλημα ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν στην ερώτηση που τους έθετε και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους.

Το πρώτο πρόβλημα παρουσίαζε στους μαθητές έναν πίνακα που περιλάμβανε τον αριθμό πινεζών που έλκει ένας ηλεκτρομαγνήτης αποτελούμενος από μία, δύο ή τρεις μπαταρίες αντίστοιχα διατηρώντας σταθερό τον αριθμό των σπειρών του πηνίου και το υλικό του πυρήνα. Ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν στο ερώτημα τι επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους (βλ. Σχήμα 5).

Το δεύτερο πρόβλημα παρουσίαζε έναν πίνακα που περιλάμβανε τον αριθμό των πινεζών που έλκει ένας ηλεκτρομαγνήτης αποτελούμενος από πέντε, δέκα και είκοσι σπείρες πηνίου διατηρώντας σταθερό τον αριθμό των μπαταριών και το υλικό του πυρήνα. Ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν στο ερώτημα τι επηρεάζει τη δύναμη έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους.

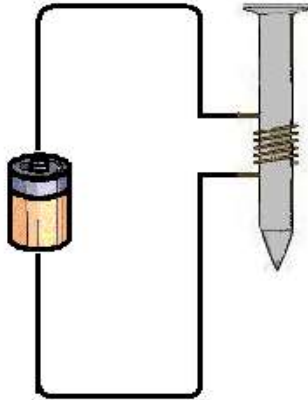
Το τρίτο πρόβλημα παρουσίαζε έναν πίνακα που περιλάμβανε τον αριθμό των πινεζών που έλκει ένας ηλεκτρομαγνήτης αποτελούμενος από ατσάλινο, σιδερένιο και χάλκινο πυρήνα αντίστοιχα διατηρώντας σταθερό τον αριθμό των μπαταριών και των σπειρών του πηνίου. Ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν στο ερώτημα τι επηρεάζει τη δύναμη έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους.

Αρχικά, οι μαθητές συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο (1 διδακτική ώρα) μια εβδομάδα πριν τη διδακτική παρέμβαση. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση με

βάση το εκπαιδευτικό υλικό που είχε ετοιμαστεί (φύλλα εργασίας), η οποία διήρκησε 15 διδακτικές ώρες. Αφού πέρασαν δύο εβδομάδες από τη διδακτική παρέμβαση δόθηκε και πάλι στους μαθητές να απαντήσουν το ίδιο ερωτηματολόγιο (1 διδακτική ώρα).

Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν οι απαντήσεις (επιχειρήματα) των μαθητών στο ερωτηματολόγιο πριν και μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης.

Ο Θάνος και τρεις συμμαθητές του επισκέφθηκαν το εργαστήριο Φυσικής του σχολείου τους. Πάνω σε ένα θρανίο της αίθουσας βρήκαν έναν ηλεκτρομαγνήτη που είχε κατασκευάσει το άλλο τμήμα της έκτης τάξης, ο οποίος αποτελούνταν από μια μπαταρία, καλώδιο και ένα σιδερένιο καρφί.



Αφού τα παιδιά έλεγξαν ότι ο ηλεκτρομαγνήτης μπορούσε να έλξει μεταλλικές πινέζες, ο Θάνος αναρωτήθηκε πώς θα μπορούσε να κάνει τον ηλεκτρομαγνήτη πιο ισχυρό, ώστε να έλκει περισσότερες πινέζες. Τότε σκέφτηκε πως αν πρόσθετε μια μπαταρία ακόμα ίσως ο ηλεκτρομαγνήτης γινόταν πιο ισχυρός. Όμως οι φίλοι του διαφώνησαν, λέγοντας πως το μόνο που θα κατάφερνε ήταν ο ηλεκτρομαγνήτης να έλκει για περισσότερη ώρα τις πινέζες. Έτσι, έκαναν μια αναζήτηση στο διαδίκτυο και εντόπισαν τον παρακάτω Πίνακα.

Αριθμός μπαταριών	Σπείρες πηνίου	Υλικό του πυρήνα	Αριθμός πινεζών που έλκονται
1	5	Σίδηρος	7
2	5	Σίδηρος	11
3	5	Σίδηρος	14

Χρησιμοποίησε τις πληροφορίες που βρήκε ο Θάνος ώστε να απαντήσεις στην παρακάτω ερώτηση:

Τι επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη;

Όταν γράψεις την απάντησή σου προς τον Θάνο, μην ξεχάσεις:

α) να την αιτιολογήσεις όσο πιο καλά μπορείς και

β) να πείσεις τον Θάνο και τους συμμαθητές του ότι η δική σου απάντηση είναι πιο σωστή από οποιαδήποτε άλλη.

Σχήμα 5. Το Πρόβλημα 1 του ερωτηματολογίου

Ανάλυση δεδομένων

Για την ανάλυση των γραπτών απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων που πρότειναν οι Σκουμιός και Χατζηνικήτα (2014) η οποία αξιολογεί ξεχωριστά τη δομή και το περιεχόμενο των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (βλ. Πίνακα 1). Η αξιολόγηση των επιχειρημάτων των μαθητών περιλαμβάνει τα τρία από τα τέσσερα συστατικά στοιχεία του επιχειρήματος, τον ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία και τον συλλογισμό.

Ποιότητα επιχειρήματος	Συστατικά στοιχεία	Περιγραφή και Επίπεδα
Δομή επιχειρήματος	Ισχυρισμός	Δεν περιλαμβάνει ισχυρισμό (επίπεδο 0) Περιλαμβάνει ανεπαρκή ισχυρισμό (επίπεδο 1) Περιλαμβάνει επαρκή ισχυρισμό (επίπεδο 2)
	Αποδεικτικά στοιχεία	Δεν περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 0) Περιλαμβάνει ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 1) Περιλαμβάνει επαρκή αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 2)
	Συλλογισμός	Δεν περιλαμβάνει συλλογισμό (επίπεδο 0) Περιλαμβάνει ανεπαρκή συλλογισμό (επίπεδο 1) Περιλαμβάνει επαρκή συλλογισμό (επίπεδο 2)
Περιεχόμενο επιχειρήματος	Ισχυρισμός	Περιλαμβάνει ακατάλληλο ισχυρισμό (επίπεδο 0) Περιλαμβάνει μερικώς κατάλληλο ισχυρισμό (επίπεδο 1) Περιλαμβάνει κατάλληλο ισχυρισμό (επίπεδο 2)
	Αποδεικτικά στοιχεία	Περιλαμβάνει ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 0) Περιλαμβάνει μερικώς κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 1) Περιλαμβάνει κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 2)
	Συλλογισμός	Περιλαμβάνει ακατάλληλο συλλογισμό (επίπεδο 0) Περιλαμβάνει μερικώς κατάλληλο συλλογισμό (επίπεδο 1) Περιλαμβάνει κατάλληλο συλλογισμό (επίπεδο 2)

Πίνακας 1: Το πλαίσιο ανάλυσης των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών

Στη συνέχεια παρατίθενται τέσσερα επιχειρήματα μαθητών με την αξιολόγησή τους ως προς τη δομή και το περιεχόμενό τους.

Επιχείρημα 1 (Προ-τεστ): «Την επηρεάζει ο αριθμός των μπαταριών γιατί η μπαταρία είναι πιο ισχυρή»

Αξιολόγηση επιχειρήματος

Σχετικά με τη δομή, το επιχείρημα αυτό περιλαμβάνει ισχυρισμό («Την επηρεάζει ο αριθμός των μπαταριών») που κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2) και αποδεικτικά στοιχεία («γιατί η μπαταρία είναι πιο ισχυρή») που κρίνονται ανεπαρκή (επίπεδο 1). Δεν περιλαμβάνει συλλογισμό (επίπεδο 0).

Σχετικά με το περιεχόμενο, το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό («Την επηρεάζει ο αριθμός των μπαταριών») που κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 2), αποδεικτικά στοιχεία («γιατί η μπαταρία είναι πιο ισχυρή») που κρίνονται ακατάλληλα (επίπεδο 0), ενώ απουσιάζει ο συλλογισμός (επίπεδο 0).

Επιχείρημα 2 (Προ-τεστ): «Αν βάλεις 1 μπαταρία θα δώσει λιγότερη ενέργεια ενώ αν βάλεις 5 μπαταρίες θα δώσει περισσότερη ενέργεια και θα παίρνει περισσότερες πινέζες»

Αξιολόγηση επιχειρήματος

Σχετικά με τη δομή, το επιχείρημα αυτό δεν περιλαμβάνει ισχυρισμό (επίπεδο 0), διαθέτει αποδεικτικά στοιχεία («Αν βάλεις 1 μπαταρία θα δώσει λιγότερη ενέργεια ενώ αν βάλεις 5 μπαταρίες θα δώσει περισσότερη ενέργεια και θα παίρνει περισσότερες πινέζες») που κρίνονται επαρκή (επίπεδο 2), ενώ δεν υπάρχει συλλογισμός (επίπεδο 0).

Σχετικά με το περιεχόμενο, στο επιχείρημα δεν περιλαμβάνεται κατάλληλος ισχυρισμός (επίπεδο 0), τα αποδεικτικά στοιχεία («Αν βάλεις 1 μπαταρία θα δώσει λιγότερη ενέργεια ενώ αν βάλεις 5 μπαταρίες θα δώσει περισσότερη ενέργεια και θα παίρνει περισσότερες πινέζες») κρίνονται μερικώς κατάλληλα (επίπεδο 1) ενώ απουσιάζει ο συλλογισμός (επίπεδο 0).

Επιχείρημα 3 (Μετά-τεστ): «Πιστεύω ότι την επηρεάζει ο αριθμός των μπαταριών γιατί με 1 μπαταρία έλκει 7 πινέζες. Με 2 μπαταρίες έλκει 11 πινέζες και με 3 μπαταρίες έλκει 14 πινέζες»

Αξιολόγηση επιχειρήματος

Σχετικά με τη δομή, το επιχείρημα αυτό περιλαμβάνει ισχυρισμό («Πιστεύω ότι την επηρεάζει ο αριθμός των μπαταριών») που κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2) και αποδεικτικά στοιχεία («γιατί με 1 μπαταρία έλκει 7 πινέζες. Με 2 μπαταρίες έλκει 11 πινέζες και με 3 μπαταρίες έλκει 14 πινέζες») που κρίνονται επαρκή (επίπεδο 2). Δεν περιλαμβάνεται συλλογισμός (επίπεδο 0).

Σχετικά με το περιεχόμενο, το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό («Πιστεύω ότι την επηρεάζει ο αριθμός των μπαταριών») που κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 2) και αποδεικτικά στοιχεία («γιατί με 1 μπαταρία έλκει 7 πινέζες. Με 2 μπαταρίες έλκει 11 πινέζες και με 3 μπαταρίες έλκει 14 πινέζες») που κρίνονται κατάλληλα (επίπεδο 2), ενώ δεν περιλαμβάνεται συλλογισμός (επίπεδο 0).

Επιχείρημα 4 (Μετά-τεστ): «Πιστεύω ότι ο αριθμός των μπαταριών επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη. Γιατί με 1 μπαταρία ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει 7 πινέζες και με 3 μπαταρίες έλκει 14 πινέζες. Άρα ο αριθμός των μπαταριών επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη»

Αξιολόγηση επιχειρήματος

Σχετικά με τη δομή, το επιχείρημα αυτό περιλαμβάνει ισχυρισμό («Πιστεύω ότι ο αριθμός των μπαταριών επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη») που κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2), αποδεικτικά στοιχεία («Γιατί με 1 μπαταρία ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει 7 πινέζες και με 3 μπαταρίες έλκει 14 πινέζες») που κρίνονται επαρκή (επίπεδο 2) και συλλογισμό («Άρα ο αριθμός των μπαταριών επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη») που κρίνεται μερικώς επαρκής (επίπεδο 1).

Σχετικά με το περιεχόμενο, το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό («Πιστεύω ότι ο αριθμός των μπαταριών επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη») που κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 2), αποδεικτικά στοιχεία («Γιατί με 1 μπαταρία ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει 7 πινέζες και με 3 μπαταρίες έλκει 14 πινέζες») που κρίνονται κατάλληλα (επίπεδο 2) και συλλογισμό

(«Άρα ο αριθμός των μπαταριών επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη») που κρίνεται μερικώς κατάλληλος (επίπεδο 1).

Αποτελέσματα

Σύγκριση της δομής των επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά που αφορούν στην επάρκεια των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ. Σχετικά με την επάρκεια των ισχυρισμών των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών προέκυψε πως στο προ-τεστ τα περισσότερα επιχειρήματα (92,8%) περιλάμβαναν επαρκείς ισχυρισμούς (επίπεδο 2). Μετά τη διδακτική παρέμβαση, όλα τα επιχειρήματα (100%) περιλάμβαναν επαρκείς ισχυρισμούς (επίπεδο 2).

Αναφορικά με την επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων προέκυψε πως πολλά επιχειρήματα (42,9%) δεν περιλάμβαναν αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 0). Ίδιος αριθμός επιχειρημάτων (42,9%) περιλάμβανε επαρκή αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 2), ενώ ένας μικρός αριθμός επιχειρημάτων (14,2%) περιλάμβανε ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 1). Στο μετά-τεστ προέκυψε ότι τα περισσότερα επιχειρήματα (97,6%) περιλάμβαναν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 2).

Σε ό,τι αφορά την επάρκεια των συλλογισμών προέκυψε πως στο προ-τεστ δεν υπήρξαν επιχειρήματα που να περιλαμβάνουν επαρκείς συλλογισμούς (100% στο επίπεδο 0). Στο μετά-τεστ τα περισσότερα επιχειρήματα (61,9%) περιλάμβαναν ανεπαρκείς συλλογισμούς (επίπεδο 1) ενώ λίγα ήταν τα επιχειρήματα (38,1%) που δεν περιλάμβαναν επαρκείς συλλογισμούς (επίπεδο 0).

Συνεπώς, στο μετά-τεστ τα επιχειρήματα των μαθητών ήταν βελτιωμένα κυρίως ως προς την επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων, και των συλλογισμών σε σχέση με τα επιχειρήματά τους στο προ-τεστ.

Συστατικά στοιχεία	Επίπεδα	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
		f	%	f	%
Ισχυρισμός	Επίπεδο 0	4	4,8	0	0
	Επίπεδο 1	2	2,4	0	0
	Επίπεδο 2	78	92,8	84	100
Αποδεικτικά στοιχεία	Επίπεδο 0	36	42,9	2	2,4
	Επίπεδο 1	12	14,2	0	0
	Επίπεδο 2	36	42,9	82	97,6
Συλλογισμός	Επίπεδο 0	84	100	32	38,1
	Επίπεδο 1	0	0	52	61,9
	Επίπεδο 2	0	0	0	0

Πίνακας 2: Η δομή των επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά.

Σύγκριση του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά που αφορούν στην καταλληλότητα των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ.

Αναφορικά με την καταλληλότητα των ισχυρισμών προέκυψε πως στο προ-τεστ τα περισσότερα επιχειρήματα των μαθητών (57,1%) περιλάμβαναν κατάλληλους ισχυρισμούς (επίπεδο 2), ενώ λίγα ήταν αυτά (35,7%) που περιλάμβαναν ακατάλληλους ισχυρισμούς (επίπεδο 1) ή καθόλου ισχυρισμούς (7,2%) (επίπεδο 0). Στο μετά-τεστ τα περισσότερα επιχειρήματα (88,1%) περιλάμβαναν κατάλληλους ισχυρισμούς (επίπεδο 2).

Σχετικά με την καταλληλότητα των αποδεικτικών στοιχείων προέκυψε πως στο προ-τεστ τα περισσότερα επιχειρήματα (58,1%) δεν περιλάμβαναν κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 0) ενώ ένα μικρό ποσοστό (26,2%) περιλάμβανε ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 1). Λίγα ήταν τα επιχειρήματα (19%) που περιλάμβαναν κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 2). Στο μετά-τεστ τα περισσότερα επιχειρήματα (97,6%) περιλάμβαναν κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 2).

Τέλος, αναφορικά με την καταλληλότητα των συλλογισμών, στο προ-τεστ κανένα επιχείρημα δεν περιλάμβανε κατάλληλο συλλογισμό (100% στο επίπεδο 0). Στο μετά-τεστ τα περισσότερα επιχειρήματα (54,8%) περιλάμβαναν μερικώς κατάλληλους συλλογισμούς (επίπεδο 1) ενώ τα υπόλοιπα (45,2%) δεν περιλάμβαναν κατάλληλους συλλογισμούς (επίπεδο 0).

Συνεπώς, τα επιχειρήματα των μαθητών στο μετά-τεστ ήταν βελτιωμένα ως προς την καταλληλότητα των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων, και των συλλογισμών σε σχέση με τα επιχειρήματά τους στο προ-τεστ.

Συστατικά στοιχεία	Επίπεδα	Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
		f	%	f	%
Ισχυρισμός	Επίπεδο 0	6	7,2	0	0
	Επίπεδο 1	30	35,7	10	11,9
	Επίπεδο 2	28	57,1	74	88,1
Αποδεικτικά στοιχεία	Επίπεδο 0	46	58,4	2	2,4
	Επίπεδο 1	22	26,2	0	0
	Επίπεδο 2	16	19	82	97,6
Συλλογισμός	Επίπεδο 0	84	100	38	45,2
	Επίπεδο 1	0	0	46	54,8
	Επίπεδο 2	0	0	0	0

Πίνακας 3: Το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ: συχνότητες και ποσοστά.

Συζήτηση και Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών στο προ-τεστ, προέκυψε ότι τα περισσότερα επιχειρήματα των μαθητών ήταν ανεπαρκή ως προς τη δομή τους και ακατάλληλα ως προς το περιεχόμενό τους. Πιο συγκεκριμένα τα επιχειρήματα των μαθητών περιλάμβαναν επαρκείς και μερικώς κατάλληλους ισχυρισμούς, ενώ σπάνια περιλάμβαναν αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς. Στις ελάχιστες περιπτώσεις που υπήρχαν τα παραπάνω συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων αυτά ήταν ανεπαρκή και ακατάλληλα. Τα

αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών στις οποίες διαπιστώθηκε η χαμηλή ποιότητα των επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών που εστιάζεται στην απουσία αιτιολόγησης των ισχυρισμών (Jimenez-Aleixandre et al., 2000). Τα παραπάνω ευρήματα πιθανά οφείλονται στο ότι συνήθως δεν αποτελεί αντικείμενο διδασκαλίας στους μαθητές η δομή ενός επιστημονικού επιχειρήματος (Driver et al., 2000). Επιπρόσθετα, κατά τη διάρκεια της διδακτικής διαδικασίας δεν προτρέπονται συχνά οι μαθητές να συγκροτούν επιχειρήματα που να περιλαμβάνουν αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς για να υποστηρίξουν τους ισχυρισμούς τους και να καταρρίψουν άλλους διαφορετικούς ισχυρισμούς (Hernandes & Tecran, 2018; Lemke, 1990; Driver et al., 2000).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, όπως προέκυψε από την ανάλυση των επιχειρημάτων των μαθητών στο μετά-τεστ, διαπιστώθηκε ότι υπήρξε βελτίωση τόσο στη δομή όσο και στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών συγκριτικά με το προ-τεστ. Συνεπώς, η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε συνέβαλε στη βελτίωση της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών.

Η παραπάνω διαπίστωση θα μπορούσε να αποδοθεί στις δραστηριότητες της διδακτικής παρέμβασης που εφαρμόστηκε στους μαθητές. Ειδικότερα, στη βελτίωση της δομής των επιχειρημάτων συνέβαλαν οι δραστηριότητες μέσω των οποίων οι μαθητές γνώρισαν τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός, αντίκρουση), τους εξηγήθηκε η αναγκαιότητα κάθε συστατικού στοιχείου και τους δόθηκαν ευκαιρίες να εντοπίζουν ισχυρισμούς, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμούς και αντικρούσεις σε κείμενα που μελέτησαν και να κρίνουν την επάρκεια και την καταλληλότητα κάθε συστατικού στοιχείου. Ερευνητικά δεδομένα αναδεικνύουν ότι τέτοιες δραστηριότητες μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να συγκροτούν επιχειρήματα (McNeill & Krajcik, 2008). Ρόλο στη βελτίωση της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών διαδραμάτισαν και οι δραστηριότητες που πρότειναν στους μαθητές να καταγράψουν διακριτά το κάθε συστατικό του επιχειρημάτος τους, να το αυτό-αξιολογήσουν με χρήση πλαισίων, και να το επαναδιατυπώσουν. Έρευνες έχουν συμπεράνει ότι χρησιμοποιώντας τέτοια υποστηρικτικά πλαίσια οι μαθητές μπορούν να συγκροτήσουν επιχειρήματα βελτιωμένα ως προς την ποιότητά τους (Berland & McNeill, 2010; Gotwals, 2012; Klieger & Rochsar, 2017; Lee Cite & Hanuscin, 2014, McNeill & Krajcik, 2008; 2012). Προέκυψε λοιπόν ότι η ρητή διδασκαλία της δομής ενός επιχειρήματος, η παροχή υποστηρικτικών πλαισίων στους μαθητές για την καταγραφή του κάθε συστατικού στοιχείου του, και η αυτο-αξιολόγηση του επιχειρήματος με τη χρήση πλαισίων, συνιστούν διδακτικές στρατηγικές που μπορούν να συμβάλλουν στη βελτίωση της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών. Επίσης, η βελτίωση του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών θα μπορούσε να αποδοθεί στην τροποποίηση των αντιλήψεων των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες που επήλθε μέσω της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε. Ερευνητικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι προσέγγιση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών μέσω πρακτικών μπορεί να συνεισφέρει στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών (Krajcik et al., 2014, NRC, 2012).

Η παρούσα έρευνα υπόκειται σε περιορισμούς που έχουν να κάνουν κυρίως με το περιορισμένο δείγμα των επτά μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα. Ένας πρόσθετος περιορισμός αυτής της έρευνας είναι ότι σε αυτήν μελετήθηκαν μόνο τα γραπτά και όχι και τα προφορικά επιχειρήματα των μαθητών.

Αν και υφίστανται οι παραπάνω περιορισμοί, η εργασία αυτή συνεισφέρει στην έρευνα που αφορά στη βελτίωση της δομής και του περιεχομένου των γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων των μαθητών. Είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών. Επιπρόσθετα, δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα που να μελετούν την εξέλιξη της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου για τους ηλεκτρομαγνήτες. Όμως,

η αναγκαιότητα της συγκρότησης επιχειρημάτων (επαρκών ως προς τη δομή και κατάλληλων ως προς το περιεχόμενο) από τους μαθητές έχει αναγνωρισθεί ως ιδιαίτερα σημαντική πρακτική των Φυσικών Επιστημών κυρίως την τελευταία δεκαετία και αποτελεί σε διεθνές επίπεδο έναν από τους πλέον βασικούς στόχους της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες (ACARA, 2011; Driver et al., 2000; González-Howard & McNeill, 2019; NRC, 2012; OECD, 2013).

Από αυτή την εργασία προέκυψε ότι η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε βελτίωσε τη δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών. Ωστόσο, επειδή σε αυτή την έρευνα έλαβε μέρος μικρός αριθμός μαθητών είναι αναγκαίο να μελετηθεί η αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης σε ένα ευρύτερο δείγμα μαθητών. Επίσης, η παρούσα εργασία εξέτασε την εξέλιξη της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων των μαθητών. Ωστόσο, η ποιότητα ενός γραπτού επιχειρήματος καθορίζεται και από τα γλωσσικά χαρακτηριστικά του (Enderle, Grooms & Sampson, 2012). Θα μπορούσαν μελλοντικές έρευνες να εστιάσουν στη μελέτη της συμβολής διδακτικών παρεμβάσεων όχι μόνο στη δομή και το περιεχόμενο αλλά και στα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων των μαθητών (λεξιλόγιο, συντακτικές συμβάσεις). Επιπρόσθετα, η εργασία αυτή μελέτησε την εξέλιξη της δομής και του περιεχομένου μόνο των γραπτών και όχι και των προφορικών επιχειρημάτων των μαθητών. Θα είχε ερευνητικό ενδιαφέρον η πραγματοποίηση ερευνών οι οποίες θα μελετούν τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην εξέλιξη της ποιότητας όχι μόνο των γραπτών αλλά και των προφορικών επιχειρημάτων των μαθητών.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2014). Αξιολογώντας τις γραπτές εξηγήσεις των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 3, 9-19.

Ξενόγλωσση

Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority [ACARA]. (2015). Foundation–Year 10 Australian Curriculum: Science. Retrieved from: <https://www.australiancurriculum.edu.au/f-10-curriculum/science/>

Andersson, B. (1986). The experiential gestalt of causation: a common core to pupils' preconceptions in science. *European Journal of Science Education*, 8(2), 155–171. <https://doi.org/10.1080/0140528860080205>

Barrow, L. H. (1987). Magnet concepts and elementary students' misconceptions. In *Proceedings of the Second International Seminar on misconceptions and educational strategies in Science and Mathematics* (Vol. 3, pp. 17-22). Ithaca, NY: Cornell University Press.

Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific arguments as learning artifacts: Designing for learning from the Web with KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797–817. <https://doi.org/10.1080/095006900412284>

Berland, L., & McNeill, K. (2010). A learning progression for scientific argumentation: Understanding student work and designing supportive instructional contexts. *Science Education*, 94(5), 765-793. <https://doi.org/10.1002/sce.20402>

Bravo-Torija, B., Jiménez-Aleixandre, MP. (2018). Developing an Initial Learning Progression for the Use of Evidence in Decision-Making Contexts. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16, 619–638. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9803-9>

- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs.
- Chen, H.-T., Wang, H.-H., Lu, Y.-Y., Lin, H., & Hong, Z.-R. (2016). Using a modified argument-driven inquiry to promote elementary school students' engagement in learning science and argumentation. *International Journal of Science Education, 38*(2), 170–191. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1134849>
- Cherbow, K., Lowell, B. R., & McNeill, K. L. (2021). Redesign or relabel? How a commercial curriculum and its implementation oversimplify key features of the NGSS. *Science Education, 105*(1), 5-32. <https://doi.org/10.1002/sce.21604>
- Chinn, C. A. & Brewer, W. F. (2001). Models of data: A theory of how people evaluate data. *Cognition and Instruction, 19*(3), 323–393. https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1903_3
- Chiu, M.-H. & Lin, J.-W. (2005). Promoting fourth graders' conceptual change of their understanding of electric current via multiple analogies. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(4), 429-464. <https://doi.org/10.1002/tea.20062>
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Driver, R., Newton, D., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education, 84*(3), 287-312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)
- Duschl, R., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse. *Studies in Science Education, 38*(1), 39-72. <https://doi.org/10.1080/03057260208560187>
- Duschl, R.A., Schweingruber, H.A., & Shouse, A.W. (2007). *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Enderle, P., Grooms, J., & Williams, K. (2012). The development of science proficiency in high school chemistry students engaged in argument focused instruction. Paper presented at the 2012 international conference of the American Educational Research Association (AERA). Vancouver, BC.
- Eemeren, F. H., & Grootendorst, R. (2004). *A systematic theory of argumentation. The pragma-dialectical approach*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Forbes, C., Lange, K., Möller, K., Biggers, M., Laux, M., & Zangori, L. (2014). Explanation Construction in Fourth-Grade Classrooms in Germany and the USA: A cross-national comparative video study. *International Journal of Science Education, 36*(14), 2367-2390. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.923950>
- Ford, M. (2008). Disciplinary authority and accountability in scientific practice and learning. *Science Education, 92*(3), 404 – 423. <https://doi.org/10.1002/sce.20263>
- Galili, I. (1995). Mechanics background influences students' conceptions in electromagnetism. *International Journal of Science Education, 17*(3), 371–387. <https://doi.org/10.1080/0950069950170308>
- González-Howard, M., & McNeill, K.L. (2019). Teachers' framing of argumentation goals: Working together to develop individual versus communal understanding. *Journal of Research in Science Teaching, 56*(6), 821-844. <https://doi.org/10.1002/tea.21530>
- González-Howard, M., Marco-Bujosa, L., McNeill, K. L., Goss, M. & Loper, S. (2018). The Argumentation Toolkit: A resource for integrating argumentation into your science classroom. *Science Scope, 42*(3), 74-78.
- Gotwals, A. W., Songer, N. B., & Bullard, L. (2012). Assessing students' progressing abilities to construct scientific explanations. In A. C. Alonzo & A. W. Gotwals (Eds.), *Learning*

- progressions in science: Current challenges and future directions* (pp. 183–210). The Netherlands: Sense Publishing.
- Grooms, J., Enderle, P., & Sampson, V. (2015). Coordinating Scientific Argumentation and the Next Generation Science Standards through Argument Driven Inquiry. *Science Educator*, 24(1), 45-50.
- Henderson, J. B., McNeill, K. L., González-Howard, M., Close, K., & Evans, M. (2018). Key challenges and future directions for educational research on scientific argumentation. *Journal of Research in Science Teaching*, 55, 5–18
- Heng, L. L., Surif, J., & Seng, C. H. (2015). Malaysian students' scientific argumentation: Do groups perform better than individuals? *International Journal of Science Education*, 37(3), 505–528. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.995147>
- Hernandez, C., & Tecpan, S. (2018). Correct answers with wrong justifications? Analysis of explanations in classical mechanics with FCI test. *Journal of Physics: Conference Series*, 1043(1), 012056.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Crujeiras, B. (2017). Epistemic practices and scientific practices in science education. In K. S. Taber & B. Akpan (Eds.), *Science education* (pp. 69–80). Rotterdam: Sense. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5
- Jimenez-Aleixandre, M. P., Rodriguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the lesson" or "doing science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792. [https://doi.org/10.1002/1098-237X\(200011\)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/1098-237X(200011)84:6<757::AID-SCE5>3.0.CO;2-F)
- Kang, E.J.S., Swanson, L.H., & Bauler, C.V. (2017). 'Explicame': examining emergent bilinguals' ability to construct arguments and explanations during a unit on plate tectonics. *Electronic Journal of Science Education*, 21(6), 12–45.
- Keith, W.M., & Beard, D.E. (2008). Toulmin's rhetorical logic: What's the warrant for warrants? *Philosophy and Rhetoric*, 41(1), 22-50.
- Kelly, G. J., Drucker, S., & Chen, C. (1998). Students' reasoning about electricity: Combining performance assessments with argumentation analysis. *International Journal of Science Education*, 20(7), 849-871. <https://doi.org/10.1080/0950069980200707>
- Klieger, A., & Rochsar, A. (2017). Impartation of argumentation skills: Impact of scaffolds on the quality of arguments. *Journal of Advances in Education Research*, 2(3), 183-190. <https://doi.org/10.22606/jaer.2017.23006>
- Knight, A. M., McNeill, K. L., Corrigan, S., & Barber, J. (2013, April). Student assessments for reading and writing scientific arguments. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Krajcik, J., Codere, S., Dahsah, C., Bayer, R. & Mun, K. (2014). Planning instruction to meet the intent of the Next Generation Science Standards. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 157-175. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9383-2>
- Kuhn, D. (1993). Science as argument: Implications for teaching and learning scientific thinking. *Science Education*, 77(3), 319-337. <https://doi.org/10.1002/sce.3730770306>
- Kuhn, L., & Reiser, B. (2005). Students constructing and defending evidence-based scientific explanations. Paper presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas, TX.
- Lee, E. J., Cite, S., & Hanuscin, D. (2014). Taking the "mystery" out of argumentation: A traditional mystery-powders lesson is modified to emphasize argumentation. *Science and Children*, 52(1), 46-52.

- Lemke, J. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Norwood, New Jersey: Ablex Publishing Corporation.
- Lizotte, D. J., Harris, C. J., McNeill, K. L., Marx, R. W., & Krajcik, J. (2003, April). Usable assessments aligned with curriculum materials: Measuring explanation as a scientific way of knowing. In *annual meeting of the American Educational Research Association*, Chicago, IL.
- McNeill, K. L. (2009). Teachers' use of curriculum to support students in writing scientific arguments to explain phenomena. *Science Education*, 93(2), 233-268. <https://doi.org/10.1002/sce.20294>
- McNeill, K. L. & Berland, L. (2017). What is (or should be) scientific evidence use in K-12 classrooms? *Journal of Research in Science Teaching*. 54(5), 672-289. <https://doi.org/10.1002/tea.21381>
- McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153–191. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1502_1
- McNeill K. L., & Krajcik J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M. Lovett & P. Shah (Eds.), *Thinking with Data: The proceedings of the 33rd Carnegie Symposium on Cognition* (pp. 233–265). Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- McNeill, K. L. & Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53-78. <https://doi.org/10.1002/tea.20201>
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2009). Synergy between teacher practices and curricular scaffolds to support students in using domain-specific and domain-general knowledge in writing arguments to explain phenomena. *Journal of Learning Sciences*, 18(3), 416–460. <https://doi.org/10.1080/10508400903013488>
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.
- McNeill, K. L., Katsh-Singer, R. & Pelletier, P. (2015). Assessing science practices – Moving your class along a continuum. *Science Scope*, 39(4), 21-28.
- McNeill, K.L., Lowenhaupt, R., & Katsh-Singer, R. (2018). Instructional leadership and the implementation of the NGSS: Principals' understandings of science practices. *Science Education*, 102(3), 452-473. <https://doi.org/10.1002/sce.21336>
- Mody, C. C. (2015). Scientific practice and science education. *Science Education*, 99(6), 1026 – 1032. <https://doi.org/10.1002/sce.21190>
- Moje, E. B., Peek-Brown, D., Sutherland, L. M., Marx, R. W., Blumenfeld, P., & Krajcik, J. (2004). Explaining explanations: Developing scientific literacy in middle-school project-based science reforms. In D. Strickland & D. E. Alvermann (Eds.), *Bridging the gap: improving literacy learning for preadolescent and adolescent learners in grades* (pp. 4–12). New York: Carnegie Corporation.
- National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts and core ideas*. Washington, DC: National Academy Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

- Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD]. (2013). *OECD skills outlook 2013: First results from the survey of adult skills*. Paris: OECD Publishing.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020. <https://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Osborne, J., & Quinn, H. (2017). The framework, the NGSS, and the practices of science. In C.V. Schwarz, C. Passmore, & B. Reiser (Eds.), *Helping students make sense of the world using next generation science and engineering practices* (pp. 59-83). Arlington, VA: NSTA Press.
- Osborne, J., Simon, S., Christodoulou, A., Howell-Richardson, C., & Richardson, K. (2013). Learning to Argue: A Study of Four Schools and Their Attempt to Develop the Use of Argumentation as A Common Instructional Practice and Its Impact on Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(3), 315-347. <https://doi.org/10.1002/tea.21073>
- Psillos, D., Koumaras, P., & Valassiades, O. (1987). Pupils' representations of electric current before, during and after instruction on DC circuits. *Research in Science and Technological Education*, 5(2), 185-199. <https://doi.org/10.1080/0263514870050209>
- Rodríguez-Mora, F., Cebrián-Robles, D. & Blanco-López, Á. (2021). An Assessment Using Rubrics and the Rasch Model of 14/15-Year-Old Students' Difficulties in Arguing About Bottled Water Consumption. *Research in Science Education*. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09985-z>
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536. <https://doi.org/10.1002/tea.20009>
- Sampson, V., & Walker, J. P. (2012). Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate students write to learn by learning to write in chemistry. *International Journal of Science Education*, 34(10), 1443-1485. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.667581>
- Sampson, V., Enderle, P., Grooms, J., & Witte, S. (2013). Writing to learn by learning to write during the school science laboratory: Helping middle and high school students develop argumentative writing skills as they learn core ideas. *Science Education*, 97(5), 643-670. <https://doi.org/10.1002/sce.21069>
- Sandoval, W.A. (2003). Conceptual and epistemic aspects of students' scientific explanations. *Journal of the Learning Science*, 12(1), 5-51. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS1201_2
- Sandoval, W. A., & Cam, A. (2011). Elementary children's judgments of the epistemic status of sources of justification. *Science Education*, 95(3), 383-408. <https://doi.org/10.1002/sce.20426>
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2301_2
- Schwarz, C., Passmore, C., & Reiser, B. J. (Eds.). (2017). *Helping students make sense of the world using Next Generation Science and Engineering Practices*. NSTA Press.
- Selman, R. L., Krupa, M. P., Stone, C. R., & Jaquette, D. S. (1982). Concrete operational thought and the emergence of the concept of unseen force in children's theories of electromagnetism and gravity. *Science Education*, 66(2), 181-194. <https://doi.org/10.1002/sce.3730660205>

- Shipstone, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. *European Journal of Science Education*, 6(2), 185–198. <https://doi.org/10.1080/0140528840060208>
- Shipstone, D. (1985). On children's use of conceptual models in reasoning about current electricity. In R. Duit, W. Jung & C. von Rhöneck (Eds.), *Aspects of understanding electricity. Proceedings of an international workshop, 1984* (pp. 73–82). Kiel, Germany: Schmidt & Klaunig.
- Shipstone, D. (1988). Pupils' understanding of simple electrical circuits. *Physics Education*, 23, 92–96. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/23/2/004>
- Shipstone, D. M., Rhöneck, C. V., Karrqvist, C., Dupin, J., Johsua, S., & Licht, P. (1988). A study of student' understanding of electricity. *International Journal of Science Education*, 10(3), 303–316. <https://doi.org/10.1080/0950069880100306>
- Smaill, C. R., Rowe, G. B., Godfrey, E., & Paton, R. O. (2012). An investigation into the understanding and skills of first-year electrical engineering students. *IEEE Transactions Education*, 55(1), 29–35. <https://doi.org/10.1109/TE.2011.2114663>
- Songer, N. B., & Gotwals, A. W. (2012). Guiding explanation construction by children at the entry points of learning progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 141–165. <https://doi.org/10.1002/tea.20454>
- Songer, N. B., Kelcey, B., & Gotwals, A. W. (2009). How and when does complex reasoning occur? Empirically driven development of a learning progression focused on complex reasoning about biodiversity. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 610–631. <https://doi.org/10.1002/tea.20313>
- Stroupe, D. (2015). Describing “science practice” in learning settings. *Science Education*, 99(6), 1033–1040. <https://doi.org/10.1002/sce.21191>
- Toulmin, S. (1958). *The use of arguments*. Weinheim, Germany, Beltz.
- von Rhöneck, C., & Grob, K. (1991). Psychological aspects of learning about basic electricity in rural and urban classes. *International Journal of Science Education*, 13, 87–95. <https://doi.org/10.1080/0950069910130108>
- Walker, J. P., & Sampson, V. (2013). Learning to argue and arguing to learn: Argument-driven inquiry as a way to help undergraduate chemistry students learn how to construct arguments and engage in argumentation during a laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(5), 561–596. <https://doi.org/10.1002/tea.21082>
- Widodo, A, Duit, R, Müller, C (2002) Constructivist views of teaching and learning in practice: Teachers' views and classroom behavior. In: Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, New Orleans, US, 7–10 April 2002. New Orleans: NARST Publications, 1–18.
- Zeidler, D. L. (1997). The central role of fallacious thinking in science education. *Science Education*, 81(4), 483–496. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199707\)81:4<483::AID-SCE7>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199707)81:4<483::AID-SCE7>3.0.CO;2-8)

Βιβλιογραφική αναφορά

Αλεξόπουλος, Κ., Παρασκευοπούλου, Μ., Σκουμιός, Μ. (2022). Η επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες, που βασίζεται στη μάθηση μέσω πρακτικών, στη δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών του δημοτικού σχολείου, *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, ΘΕΜΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ 84: 8-29. Ανακτήθηκε από <http://www.lib.uoi.gr/serp/>

Επιχειρηματολογία Ελλήνων εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών

Μάρθα Γεωργίου¹, Δημήτρης Κουμαρέλας²

Περίληψη: Η ικανότητα επιχειρηματολογίας αποτελεί τα τελευταία χρόνια όχι μόνο επιδίωξη της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) αλλά και αντικείμενο μελέτης πολλών ερευνητών. Μάλιστα συσχετίζεται η ικανότητα επιχειρηματολογίας των εκπαιδευτικών με την αντίστοιχη των μαθητών τους και για το λόγο αυτό συνιστά αντικείμενο μελέτης. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα πιλοτικής έρευνας όπου 49 Έλληνες εκπαιδευτικοί ΦΕ (εν ενεργεία και μελλοντικοί) απάντησαν σε κατάλληλο ερωτηματολόγιο με αντικείμενο την Εξέλιξη με σκοπό να προσδιοριστεί τι θεωρούν ως ισχυρό και πλήρες επιχείρημα και αντεπιχείρημα. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί συνολικά παρουσιάζουν αδυναμίες στο θέμα αυτό και μάλιστα συγκρίσεις ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς Βιολόγους και μη Βιολόγους φάνηκε πως δεν έχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές παρόλο που το αντικείμενο της Εξέλιξης ανήκει στο γνωστικό πεδίο της Βιολογίας. Αντίθετα, βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς με και χωρίς διδακτική εμπειρία υποδεικνύοντας ότι είναι πιθανό η ικανότητα επιχειρηματολογίας να μην έχει αποκλειστική προϋπόθεση την επάρκεια στο γνωστικό αντικείμενο και να ενισχύεται με την πάροδο των διδακτικών χρόνων.

Λέξεις κλειδιά: επιχειρηματολογία, Φυσικές Επιστήμες, εξέλιξη, μελλοντικοί εκπαιδευτικοί, εν ενεργεία εκπαιδευτικοί

Argumentation skills of Greek science teachers

Georgiou Martha, Koumarelas Dimitris

Abstract: In recent years, the ability to argue has become not only a goal of science education but also a subject of study for many researchers. In fact, the teachers' argumentation ability is correlated with that of their students and for this reason it is an object of study. This paper presents the results of a pilot study where 49 Greek science teachers (in service and pre-service) responded to an appropriate questionnaire on Evolution in order to determine what they consider as a strong and complete argument and counter-argument. The findings showed that teachers show weaknesses in this topic and even comparisons between Biology and non-Biology teachers did not reveal statistically significant differences even though the subject of Evolution is considered to belong to the field of Biology. On the contrary, a statistically significant difference was found between teachers with and without teaching experience indicating that it is possible that the ability to argue is not exclusive to subject matter proficiency and is enhanced over the years of teaching.

Keywords: argumentation, science education, evolution, pre-service teachers, in service teachers

Εισαγωγή

Διεθνώς, ένας αποδεκτός στόχος της εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) είναι να δώσει τη δυνατότητα σε όλους τους μαθητές να αναπτύξουν μια βαθύτερη κατανόηση για το φυσικό κόσμο και να μπορέσουν να συμβάλουν στο δημόσιο διάλογο με τεκμηριωμένες αποφάσεις σχετικά με επιστημονικά θέματα που επηρεάζουν τη ζωή τους (Dawson & Venville, 2009; Hodson, 2010; Millar & Osborne, 1998). Για την επίτευξη αυτού του στόχου, η

¹ Μάρθα Γεωργίου: Ε.ΔΙ.Π., Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, martgeor@biol.uoa.gr

² Δημήτρης Κουμαρέλας: Μεταπτυχιακός φοιτητής, Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

διαδικασία της επιχειρηματολογίας στην εκπαίδευση στις ΦΕ έχει γίνει ένα σημαντικό ζήτημα της έρευνας τα τελευταία χρόνια (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Duschl, 2008; Dawson & Venville, 2013; Erduran et al., 2019; Georgiou & Mavrikaki, 2013; Georgiou et al., 2020; Maniatakou, Papassideri & Georgiou, 2020; Özdem et al., 2017; Skoumios & Balia, 2021). Ωστόσο παρά το γεγονός ότι η επιχειρηματολογία παρουσιάζεται ως ζήτημα αυξημένου ενδιαφέροντος στις τάξεις των ερευνητών της εκπαίδευσης των ΦΕ αλλά και το σημαντικό της ρόλο της για τη βελτίωση του επιστημονικού (εγ)γραμματισμού (Dawson & Venville, 2009), η αλλαγή των σχετικών πρακτικών των εκπαιδευτικών φαίνεται να παρουσιάζει δυσκολίες (Osborne et al., 2012). Μάλιστα έχει υποστηριχθεί πως υπάρχει αντίκτυπος της ικανότητας επιχειρηματολογίας των εκπαιδευτικών τόσο στην ικανότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών τους όσο και στην κατανόηση επιστημονικών εννοιών (Simon, Erduran, & Osborne, 2006). Για το λόγο αυτό έχουν σχετικά πρόσφατα διεξαχθεί έρευνες με επίκεντρο την επιχειρηματολογία των εκπαιδευτικών (Aydeniz & Ozdilek, 2015; Cavlazoglu & Stuessy, 2018; Cetin, Dogan & Kutluca, 2014; Liu & Roehrig, 2019; Martín-Gómez & Erduran, 2018; Özdem et al., 2013, 2017) ενώ η αντίστοιχη έρευνα στην Ελλάδα είναι εξαιρετικά περιορισμένη ακόμα.

Εφόσον, λοιπόν, η επιχειρηματολογία είναι μία σημαντική συνιστώσα του επιστημονικού (εγ)γραμματισμού και αποτελεί σημαντική ικανότητα των μελλοντικών ενεργών πολιτών, που επιδιώκουμε να αποτελέσουν οι σημερινοί μαθητές, τότε ο τρόπος με τον οποίο η επιχειρηματολογία γίνεται αντιληπτή από τους εκπαιδευτικούς αλλά και οι πεποιθήσεις τους σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση της επιχειρηματολογίας οφείλει να αποτελέσει αντικείμενο μελέτης (Martín-Gómez & Erduran, 2018) ιδίως επειδή υπάρχει μεταξύ τους συσχετισμός (Simon, Erduran, & Osborne, 2006). Ενδεχομένως τα αποτελέσματα τέτοιων ερευνών να μπορούν να συνδράμουν στην κατεύθυνση του σχεδιασμού μεθόδων εκπαίδευσης/επιμόρφωσης για τους εκπαιδευτικούς προκειμένου να ενθαρρυνθεί εξ αρχής ή περαιτέρω η διδασκαλία της επιχειρηματολογίας. Εξάλλου είναι ήδη γνωστό ότι οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν ικανότητες επιχειρηματολογίας είτε μέσα από ρητή διδασκαλία είτε μέσα από ευκαιρίες ανάλογου διαλόγου σε κατάλληλα σχεδιασμένα περιβάλλοντα (Zohar & Nemet, 2002; Duschl & Osborne, 2002).

Ανάπτυξη της ικανότητας επιχειρηματολογίας

Πολλοί είναι οι επιστήμονες που προτείνουν ότι πρέπει να προωθηθεί η επιχειρηματολογία ως μία διάσταση της εκμάθησης της επιστήμης (Driver et al., 2000; Duschl & Osborne, 2002; Ergazaki & Zogza, 2005) και μύησης στον επιστημονικό λόγο. Άλλοι υποστηρίζουν μία ακόμα ευρύτερη εξάπλωση της επιχειρηματολογίας, καθώς την αντιλαμβάνονται ως μία διαδικασία που αποσκοπεί στην ορθολογική επίλυση ζητημάτων (Zeidler & Sadler, 2007) ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στην απόκτηση γενικών γνώσεων (Duschl, 2007).

Κατά κοινή ομολογία η ανάπτυξη της ικανότητας επιχειρηματολογίας από τους μαθητές παίζει σπουδαίο ρόλο στην μάθηση των ΦΕ. Κατά πρώτον λειτουργεί ως εργαλείο για την οικοδόμηση της γνώσης γύρω από το εκάστοτε αντικείμενο των ΦΕ, το οποίο διδάσκονται οι μαθητές αλλά και ως μέσο για να κατανοήσουν την πραγματική φύση, λειτουργία και μέθοδο της επιστήμης (Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008).

Επιπλέον αυτή καθαυτή η ικανότητα αποτελεί το αντικείμενο, το στόχο της μάθησης. Αν οι μαθητές εκπαιδευτούν να κρίνουν τα εκάστοτε δεδομένα, να σχηματίζουν απόψεις αλλά να διακρίνουν και τις εναλλακτικές απόψεις, να διατυπώνουν, να εξηγούν και να αιτιολογούν ισχυρισμούς καθώς και να αξιολογούν εναλλακτικούς και αντίθετους ισχυρισμούς, τότε θα μπορούν ως πολίτες να παίξουν ένα χρήσιμο ρόλο στην κοινωνία, παίρνοντας υπεύθυνες αποφάσεις και υλοποιώντας υπεύθυνες δράσεις γύρω από μια πληθώρα κοινωνικο-επιστημονικών ζητημάτων όπως είναι η κλιματική κρίση, οι γενετικά τροποποιημένοι οργανισμοί, ζητήματα ενέργειας κλπ (Aydeniz et al., 2012; Cetin, 2014; Driver, Newton &

Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002; Erduran, Ozdem & Park, 2015; Georgiou, Mavrikaki & Constantinou, 2020; Pabuccu & Erduran, 2017; Von Aufschnaiter et al., 2008).

Μέσω της καλλιέργειας της ικανότητας επιχειρηματολογίας οι μαθητές μαθαίνουν να υπερασπίζονται τις δικές τους ιδέες και να παράγουν αντίλογο σε άλλους, αναζητώντας γιατί ορισμένοι ισχυρισμοί είναι αξιόπιστοι ενώ άλλοι όχι. Επιχειρηματολογώντας μαθαίνουν να κατασκευάζουν έναν ισχυρισμό, ο οποίος δομείται γύρω από δεδομένα, εχέγγυα και υποστηρίξεις. Σύμφωνα με τον Toulmin (1958), τα *δεδομένα* (data) είναι οι πληροφορίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την υποστήριξη του *ισχυρισμού* (claim). Ο τρόπος με τον οποίο τα δεδομένα συνδέονται με τον ισχυρισμό ορίζεται από τα *εχέγγυα* (warrants) ενώ οι *υποστηρίξεις* (backings) είναι πρόσθετες πληροφορίες που ενισχύουν τα εχέγγυα. Οι *αντικρούσεις* (rebuttals) είναι τα στοιχεία ενός επιχειρήματος που αντικρούουν τα δεδομένα ή/και τα εχέγγυα ή/και τις υποστηρίξεις και ενώ δεν αποτελούν αναπόσπαστο μέρος ενός επιχειρήματος, δηλώνουν την πληρότητα και την πολύπλευρη θεώρηση του ζητήματος σχετικά με το οποίο έχουν διατυπωθεί.

Συνεπώς η ανάπτυξη ικανότητας επιχειρηματολογίας στη σχολική τάξη μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία συνειδητοποιημένων και ενεργών πολιτών. Σε αυτήν την περίπτωση, η επιστήμη και η διδασκαλία της μέσω επιχειρημάτων αποτελεί όχι το στόχο αλλά το εργαλείο που θα εμφυσήσει στους μαθητές «την κουλτούρα του πολίτη» (Erduran & Jimenez-Aleixandre, 2008, 2012).

Ο ρόλος του/της εκπαιδευτικού στην προώθηση της επιχειρηματολογίας στη σχολική αίθουσα

Ο/Η εκπαιδευτικός έχει τη μεγαλύτερη ευθύνη αναφορικά με την εισαγωγή αλλά και τη σωστή υλοποίηση της διδασκαλίας της επιχειρηματολογίας στη σχολική τάξη. Αφενός πρέπει ο ίδιος/η ίδια να κατανοήσει επαρκώς τους κανόνες και τους τρόπους της επιχειρηματολογίας και αφετέρου πρέπει να υλοποιήσει διδακτικές στρατηγικές που την προάγουν μέσα στη σχολική αίθουσα (Archila, 2014).

Σύμφωνα με τους McNeill και Pimentel (2010), ο ρόλος του/της είναι να εμπλέξει τους μαθητές σε σωστά δομημένο διάλογο, όχι μόνο για να επιτρέπει αλλά για να ενθαρρύνει την άμεση επικοινωνία μεταξύ τους. Οι δε μαθητές πρέπει να συμμετέχουν στην αξιολόγηση των ισχυρισμών των συμμαθητών τους και να μην επαφίονται αποκλειστικά στην αξιολόγηση του/της εκπαιδευτικού κατά το διάλογο. Επίσης είναι απαραίτητη η αναφορά σε παραδείγματα ώστε να αντιληφθούν οι μαθητές πώς αυτά κατασκευάζονται και πώς διατυπώνονται ολοκληρωμένα.

Παρόλα αυτά η επιχειρηματολογία εφαρμόζεται σπάνια στη σχολική αίθουσα και ακόμα πιο σπάνια εφαρμόζεται με το σωστό τρόπο (Sampson & Blanchard, 2012). Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι οι εκπαιδευτικοί ΦΕ δεν έχουν την κατάλληλη παιδαγωγική γνώση για το πώς να σχεδιάσουν ένα μάθημα βασισμένο στην επιχειρηματολογία (Simon, Erduran, & Osborne, 2006).

Οι Sampson & Blanchard (2012) εξέτασαν τον τρόπο με τον οποίο 30 εκπαιδευτικοί ΦΕ αξιολογούν τις διάφορες εναλλακτικές ερμηνείες των δεδομένων, πώς κατασκευάζουν επιχειρήματα για να στηρίξουν μια συγκεκριμένη επιστημονική εξήγηση καθώς και τις απόψεις τους για το πώς θα εμπλακούν πιο αποτελεσματικά οι μαθητές στην ανάπτυξη επιχειρηματολογίας. Κατέληξαν πως οι εκπαιδευτικοί (που όλοι τους συμφωνούσαν με την ανάγκη ανάπτυξης ικανότητας επιχειρηματολογίας) αξιολογούσαν και έκριναν τα επιχειρήματα των μαθητών βασιζόμενοι κυρίως στις δικές τους γνώσεις παρά (όπως θα έπρεπε) στα συγκεκριμένα επιστημονικά δεδομένα, τα οποία οι μαθητές κλήθηκαν να ερμηνεύσουν. Είδαν επίσης, πως τα επιχειρήματα, που ίδιοι οι εκπαιδευτικοί κατασκεύαζαν, δεν συμπεριλάμβαναν στην πλειοψηφία τους τα επιστημονικά δεδομένα με σωστό τρόπο, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται αδύναμα επιχειρήματα, που δεν υποστήριζαν επαρκώς τον

ισχυρισμό των εκπαιδευτικών. Τέλος, οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί εξέφρασαν αμφιβολίες για την ικανότητα των μαθητών να κατασκευάσουν επιχειρήματα, να αιτιολογήσουν, να κρίνουν και γενικότερα να σκεφτούν με ορθό τρόπο, κάτι που όπως παραδέχτηκαν τους αποτρέπει από το να εφαρμόζουν την επιχειρηματολογία στην τάξη.

Στην ίδια έρευνα (Sampson and Blanchard, 2012) φάνηκε πως πολλοί εκπαιδευτικοί δεν ενθαρρύνουν τους μαθητές να διατυπώνουν εναλλακτικές υποθέσεις/ισχυρισμούς πάνω στα επιστημονικά δεδομένα γιατί θεωρούν πως κάτι τέτοιο είναι αναποτελεσματικό και αποπροσανατολίζει τους μαθητές από τη «σωστή» ερμηνεία των δεδομένων. Αυτοί οι εκπαιδευτικοί βρέθηκε πως έχουν ταυτόχρονα λανθασμένη αντίληψη για τη φύση της επιστήμης και της επιστημονικής μεθόδου. Θεωρούν την επιστήμη ένα σύνολο γνώσεων που προκύπτουν ευθέως από τα δεδομένα και πως ο δικός τους ρόλος έγκειται απλά στο να «μεταφέρουν» αυτές τις γνώσεις στους μαθητές.

Όμως η επιστήμη είναι μια συνεχής διαδικασία συζητήσεων, διαφωνιών και επιχειρημάτων που περιέχουν εναλλακτικές ερμηνείες των επιστημονικών δεδομένων. Επομένως, με το να διατυπώνουν εναλλακτικές ερμηνείες, οι μαθητές όχι μόνο δεν «αποπροσανατολίζονται» αλλά αντιθέτως μαθαίνουν να λειτουργούν σαν επιστήμονες (Driver, Newton & Osborne, 2000).

Ο Zohar, (2007, σελ. 46) εξηγεί πως μέχρι σήμερα δεν έχει δοθεί έμφαση σε αυτόν τον τομέα «*ίσως επειδή η εισαγωγή της επιχειρηματολογίας στη σχολική τάξη έως πρόσφατα δεν θεωρείτο ένας πολύ σημαντικός στόχος της εκπαίδευσης*» με αποτέλεσμα στα προγράμματα σπουδών των ΦΕ η διδασκαλία της επιχειρηματολογίας να καταλαμβάνει πολύ μικρό μέρος. Μάλιστα μέχρι πρότινος στα ελληνικά προγράμματα σπουδών Βιολογίας η επιχειρηματολογία αν και ενυπάρχει ως στόχος, αναφέρεται μόνο περιγραφικά και όχι ρητά και με ανάλογες διδακτικές προτάσεις (Γεωργίου, 2016).

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι εκπαιδευτικοί να έχουν ανεπαρκή εκπαίδευση πάνω στην επιχειρηματολογία και ταυτόχρονα να μην είναι σαφές στην επιστημονική κοινότητα το τι ακριβώς γνωρίζουν οι εκπαιδευτικοί πάνω σε αυτό το θέμα (Sampson & Blanchard, 2012). Και ενώ τα τελευταία χρόνια έχει δοθεί μεγάλη σημασία στο να αναπτυχθούν νέες στρατηγικές διδασκαλίας που εμπλέκουν τους μαθητές σε επιχειρηματολογικό διάλογο οι Simon κ.ά. (2006) τονίζουν πως οι στρατηγικές αυτές δεν θα έχουν αποτέλεσμα αν παράλληλα δεν υπάρχουν οι κατάλληλα εκπαιδευμένοι εκπαιδευτικοί που θα τις εισάγουν στη σχολική τάξη. Οι εκπαιδευτικοί είναι αυτοί που εφαρμόζουν τη μία ή την άλλη μέθοδο διδασκαλίας και έτσι είναι οι δικές τους γνώσεις, ικανότητες και απόψεις που δίνουν νόημα στις μεθόδους διδασκαλίας (Haney et al., 2002; Keys & Bryan, 2001).

Όστόσο αν και τονίζεται η ανάγκη οι εκπαιδευτικοί να είναι σωστά καταρτισμένοι και προετοιμασμένοι να εφαρμόσουν διδακτικές παρεμβάσεις σχετικά με την επιχειρηματολογία, η ερευνητική δραστηριότητα γύρω από το θέμα αυτό τόσο στην Ελλάδα (κυρίως) όσο και διεθνώς δεν εμφανίζεται εκτεταμένη. Είναι λοιπόν επιτακτική ανάγκη για ανάπτυξη της έρευνας σχετικά με τις γνώσεις αλλά και τις απόψεις των εκπαιδευτικών στο ζήτημα της επιχειρηματολογίας στη σχολική τάξη ώστε σε δεύτερο χρόνο να σχεδιαστούν αντίστοιχες προσπάθειες ουσιαστικής εκπαίδευσης/ επιμόρφωσης των εν ενεργεία αλλά και των μελλοντικών εκπαιδευτικών ΦΕ.

Σκοπός, λοιπόν, της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει τι θεωρούν οι Έλληνες εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ΦΕ ως ένα ισχυρό και πλήρες επίχειρημα και αντεπίχειρημα και πώς σχετίζεται αυτό με τη διδακτική εμπειρία και την ειδικότητά τους.

Μεθοδολογία

Για να μελετηθούν τα παραπάνω ερωτήματα τέθηκε ως παράδειγμα εφαρμογής η θεωρία της Εξέλιξης. Επελέγη καθώς η διδακτική χρησιμότητα δεν περιορίζεται στο γεγονός πως αποτελεί μια από τις θεωρίες των ΦΕ και συγκεκριμένα της Βιολογίας αλλά την κεντρική και ενοποιό

θεωρία της Βιολογίας διότι προσδίδει συνέχεια και συνάφεια στα φαινόμενα που συνιστούν τη ζωή, παρέχει απαντήσεις σε βασικά ερωτήματα για την προέλευση των βιολογικών λειτουργιών, την ενότητα της ζωής και τη βιοποικιλότητα και επίσης συνδέει νοηματικά όλες τις επιμέρους θεματικές περιοχές της Βιολογίας, από τη Μοριακή Βιολογία έως την Οικολογία (Futuyma & Meagher, 2001; Mayr 2001; Kamrourakis & Zogza, 2009). Επιπλέον, πρόκειται για μία διδακτική ενότητα που διδάσκεται στο Γυμνάσιο (τρίτη τάξη) και είναι πολύ πιθανό να διδαχτεί από εκπαιδευτικούς ΦΕ οποιασδήποτε ειδικότητας και όχι αποκλειστικά από Βιολόγους. Ως εκ τούτου, μπορούν να προκύψουν συγκρίσεις ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς διαφορετικών ειδικοτήτων σχετικά με την επιχειρηματολογία υπό το πρίσμα της Εξέλιξης.

Δείγμα της έρευνας

Στην έρευνα αυτή, που αποτελεί πιλοτικό στάδιο ευρύτερης έρευνας, συμμετείχαν συνολικά 49 Έλληνες εκπαιδευτικοί ΦΕ (30 γυναίκες και 19 άνδρες). Όσον αφορά τη διδακτική εμπειρία των ερωτηθέντων, το 49% του δείγματος δεν είχαν διδάξει ποτέ, ενώ το 51% είχαν διδακτική εμπειρία τουλάχιστον 10 ετών. Οι εκπαιδευτικοί προέρχονταν (με ισοκατανομή) από τη δημόσια και ιδιωτική εκπαίδευση και δραστηριοποιούνταν στην Αττική.

Εργαλείο της έρευνας

Τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν εξετάστηκαν μέσω ερωτηματολογίου κλειστών ερωτήσεων. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από τρία μέρη και βασίζεται συνολικά σε παρόμοια μελέτη των Martín-Gómez & Erduran (2018) που διεξήχθη στην Ισπανία σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα τα ερωτήματα του πρώτου και δεύτερου μέρους, ως προς τη δομή τους, είναι εμπνευσμένα από το έργο των Kaya, Erduran & Cetin (2012) και Sampson & Clark (2006) ενώ το περιεχόμενο είναι προσαρμοσμένο από τους συγγραφείς ώστε να αφορούν την εξελικτική θεωρία. Τα ερωτήματα του τελευταίου μέρους προέρχονται από το έργο του Chin (2008) όπως χρησιμοποιήθηκαν και στην έρευνα των Martín-Gómez & Erduran (2018). Το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου εξετάστηκε από έναν Πανεπιστημιακό Καθηγητή Βιολογίας, έναν ερευνητή Διδακτικής της Βιολογίας και δύο εν ενεργεία εκπαιδευτικούς Βιολόγους και έναν απόφοιτο του τμήματος Βιολογίας (μελλοντικό εκπαιδευτικό).

Στο πρώτο μέρος, που ονομάζεται «Η διατύπωση ενός επιχειρήματος», ο κύριος στόχος είναι να προσδιοριστεί η ικανότητα των εκπαιδευτικών να κατανοούν ποια συστατικά, δηλαδή ποια δομικά στοιχεία πρέπει να περιλαμβάνει ένα επιχειρήμα για να θεωρείται ισχυρό, ως απάντηση σε μια ερώτηση. Με άλλα λόγια, αυτή η ενότητα επικεντρώνεται στην κατανόηση της ποιότητας των επιχειρημάτων και περιλαμβάνει τρία συνολικά ερωτήματα. Κάθε ερώτημα συνοδεύεται από έξι απαντήσεις-επιχειρήματα και ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να κατατάξουν τα διαφορετικά επιχειρήματα σε μια κλίμακα από 1 έως 6 όπου 1 ήταν το πιο ισχυρό επιχειρήμα, επειδή έχει ισχυρισμό, δεδομένα που στηρίζουν τον ισχυρισμό, ενώ θέτει και μια συνθήκη υπό την οποία δεν θα ίσχυε ο ισχυρισμός (αντίκρουση) και 6 ήταν το λιγότερο ισχυρό επιχειρήμα καθώς περιείχε αντιφατικές δηλώσεις. Η κατάταξη 2 είναι μια εξήγηση με δεδομένα, η 3 περιέχει μόνο δεδομένα, η 4 περιέχει μόνο ιδέες που στηρίζουν τον ισχυρισμό αλλά χωρίς αποδεικτικά στοιχεία-δεδομένα και η 5 είναι μια πρόταση που κάνει επίκληση στην αυθεντία. Στη συνέχεια δίνεται ένα παράδειγμα των ερωτήσεων και απαντήσεων.

Ερώτηση 3

Υπάρχουν πολυάριθμα φίδια που ζουν στις ερήμους των νοτιοδυτικών ΗΠΑ και συγκεκριμένα στην Αριζόνα. Αρκετά από αυτά τα φίδια έχουν κόκκινες, μαύρες και κίτρινες ρίγες που εύκολα διακρίνονται από το περιβάλλον στο οποίο μένουν. Ένα από τα φίδια παράγει ισχυρό δηλητήριο και ο έντονος χρωματισμός του λειτουργεί ως ένα προειδοποιητικό σημάδι από τους δυνητικούς θηρευτές. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα ακίνδυνα θηράματα αυτού του οικοτόπου μοιάζουν με τα επικίνδυνα θηράματα. Γιατί όμως αυτά τα είδη μοιάζουν τόσο πολύ;

Ταξινομείστε τις παρακάτω απαντήσεις ξεκινώντας από την πιο πειστική (1) και καταλήγοντας στη λιγότερο πειστική (6) κατά τη γνώμη σας.

- Αυτά τα είδη μοιάζουν χρωματικά τόσο πολύ μεταξύ τους επειδή έχουν εξελιχθεί με το μηχανισμό της φυσικής επιλογής. Η φυσική επιλογή μπορεί να διαμορφώσει τα χαρακτηριστικά ενός πληθυσμού κατά τη διάρκεια του χρόνου, εξαφανίζοντας χαρακτηριστικά που δεν είναι ευνοϊκά σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και αυξάνοντας τη συχνότητα των χαρακτηριστικών που προσφέρουν πλεονέκτημα επιβίωσης και αναπαραγωγής.
- Ο λόγος είναι ότι με αυτόν τον τρόπο αποκτούν ένα πλεονέκτημα επιβίωσης στις ερήμους της Αριζόνας. Η παρουσία των θηρευτών λειτουργεί ως η κύρια εξελικτική πίεση στο περιβάλλον της ερήμου. Αυτού του είδους ο χρωματισμός είναι προσαρμογή που μπορεί να λειτουργήσει προστατευτικά έναντι των θηρευτών λόγω της φυσικής επιλογής. Η φυσική επιλογή μπορεί να διαμορφώσει τα χαρακτηριστικά ενός πληθυσμού κατά τη διάρκεια του χρόνου. Συνεπώς, είδη με το κίτρινο, μαύρο και κόκκινο μοτίβο χρωμάτων έχουν ένα πλεονέκτημα επιβίωσης σε σύγκριση με τα είδη χωρίς αυτό τον τύπο χρωματισμού επειδή οι θηρευτές ξέρουν να μένουν μακριά από τα φίδια με αυτά τα έντονα χρώματα. Αν τα ακίνδυνα θηράματα δεν έμοιαζαν χρωματικά με το δηλητηριώδες είδος, οι πληθυσμοί τους θα ήταν εξαιρετικά μειωμένοι λόγω αυξημένης κατανάλωσής τους από τους θηρευτές!
- Αυτά τα είδη μοιάζουν τόσο πολύ λόγω ύπαρξης εξελικτικής πίεσης και δράσης της φυσικής επιλογής, του μηχανισμού, δηλαδή, που εξήγησε ο Δαρβίνος.
- Στις ερήμους της Αριζόνας οι θηρευτές των φιδιών αποτελούν τον κυριότερο παράγοντα του περιβάλλοντος που καθορίζει την εξέλιξη του χρώματος αυτών των φιδιών. Όλα τα μη δηλητηριώδη είδη έχουν λοιπόν παρόμοια χρώματα μεταξύ τους αλλά και με το δηλητηριώδες φίδι γιατί με αυτόν τον τρόπο επιβιώνουν καλύτερα στις ερήμους της Αριζόνας. Τα μη δηλητηριώδη είδη, δια μέσου της φυσικής επιλογής απέκτησαν το συγκεκριμένο χρωματισμό, αφού αυτός ο χρωματισμός τα προφυλάσσει αποτελεσματικότερα από τη δράση των θηρευτών.
- Αυτά τα είδη έχουν ένα παρόμοιο χρωματικό μοτίβο μεταξύ τους αλλά και με το δηλητηριώδες φίδι γιατί με αυτόν τον τρόπο μπορούν να επιβιώνουν ευκολότερα και να αναπαράγονται περισσότερο στις ερήμους της Αριζόνας, όπου οι θηρευτές αποτελούν τον πιο καθοριστικό παράγοντα για την εξέλιξη του χρωματισμού των φιδιών.
- Αυτά τα τέσσερα διαφορετικά είδη μοιάζουν τόσο πολύ λόγω ύπαρξης κοινών περιβαλλοντικών επιδράσεων και δράσης της φυσικής επιλογής. Σίγουρα, όμως, σημαντικό ρόλο παίζει και το γεγονός ότι έχουν έναν κοινό πρόγονο.

Στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου που ονομάζεται «Η αμφισβήτηση του επιχειρήματος» διερευνάται η ικανότητα των εκπαιδευτικών να επιχειρηματολογούν ενάντια σε ένα λανθασμένο αρχικό ισχυρισμό (αντεπιχείρημα – counter argument). Σχεδιαστεί και πάλι τρία ερωτήματα. Σε καθένα από αυτά δίνεται ένας αρχικός ισχυρισμός. Κάθε ένας από αυτούς συνοδεύεται από έξι ακόλουθα αντεπιχειρήματα. Ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να κατατάξουν τα διαφορετικά αντεπιχειρήματα με τη βοήθεια κλίμακας από 1 έως 6, όπου 1 ήταν η ισχυρότερη αντίρρηση (το ισχυρότερο αντεπιχείρημα με όλα τα προαναφερθέντα στοιχεία συμπεριλαμβανομένης της αντίκρουσης) στο λανθασμένο αρχικό ισχυρισμό της εκφώνησης και 6 ήταν η ασθενέστερη αντίρρηση στο λανθασμένο ισχυρισμό (κυρίως συναισθηματικό αντεπιχείρημα). Η κατάταξη των υπόλοιπων επιχειρημάτων έχει ως ακολούθως: 2 - το επιχείρημα με εχέγγυα αλλά χωρίς δεδομένα (2), 3- το επιχείρημα μόνο με τα επιστημονικά δεδομένα, 4- το επιχείρημα μόνο με τον ισχυρισμό και 5- το επιχείρημα που

απλά θέτει μια συνθήκη στην οποία ο ισχυρισμός μας δεν θα ίσχυε. Ακολουθεί ένα παράδειγμα αυτού του τύπου ερωτήσεων.

Ερώτηση 5

Η Μαρίνα μελετά την ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά που εμφανίζουν ορισμένοι μικροοργανισμοί και διατυπώνει τον εξής ισχυρισμό: «Τα αντιβιοτικά προκαλούν τις μεταλλάξεις στα βακτήρια και επομένως τα βακτήρια μπορούν και επιβιώνουν. Για αυτόν το λόγο το φαινόμενο είναι πιο έντονο στα νοσοκομεία και τις εντατικές μονάδες των νοσοκομείων». Η συμφοιτήριά της Δέσποινα δε συμφωνεί μαζί της και της απαντά: «Δεν συμφωνώ επειδή...»

Ταξινομείστε τα παρακάτω επιχειρήματα ξεκινώντας από το πιο πειστικό (1) και καταλήγοντας στο λιγότερο πειστικό (6) κατά τη γνώμη σας.

- Οι μεταλλάξεις ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά γίνονται τυχαία στο γενετικό υλικό των βακτηρίων και είναι ανεξάρτητες από την παρουσία ή μη αντιβιοτικού. Παρουσία όμως του αντιβιοτικού, τα μη ανθεκτικά σε αυτό βακτήρια μειώνονται δραστικά ή εξαφανίζονται ενώ, αντίθετα, τα ανθεκτικά βακτήρια επιβιώνουν και πολλαπλασιάζονται σε πολύ μεγάλο βαθμό.
- Η ανθεκτικότητα των βακτηρίων υπήρχε και πριν την είσοδο του αντιβιοτικού στο περιβάλλον. Παρουσία όμως του αντιβιοτικού, τα ανθεκτικά σε αυτό βακτήρια επιβιώνουν και πολλαπλασιάζονται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από ότι τα μη ανθεκτικά. Το αίτιο λοιπόν της βακτηριακής ανθεκτικότητας δεν είναι τα αντιβιοτικά. Επιπλέον, όσον αφορά τις εντατικές ένας ακόμη λόγος που ενισχύει το δυσάρεστο φαινόμενο, είναι το γεγονός ότι πρόκειται για αποστειρωμένα περιβάλλοντα, οπότε αν υπάρχει ένα ανθεκτικό σε ένα αντιβιοτικό βακτήριο, δεν έχει ανταγωνισμό από τα μη ανθεκτικά υπόλοιπα βακτήρια. Σύμφωνα με το δικό σου ισχυρισμό κάθε φορά που μας χορηγείται αντιβιοτικό, θα πρέπει τα προκαλεί μεταλλάξεις, οπότε δεν θα μας κάλυπτε σε επόμενη χορήγηση, αυτό όμως δεν ισχύει.
- Τις μεταλλάξεις δεν τις προκαλούν τα αντιβιοτικά, απλά τα αντιβιοτικά αναδεικνύουν τα βακτήρια που είναι ήδη ανθεκτικά σε κάποιο αντιβιοτικό αφού η ανθεκτικότητα των βακτηρίων υπήρχε, ανεξάρτητα και πριν την είσοδο του αντιβιοτικού στο περιβάλλον. Άλλωστε σε σχετικά πειράματα δεν αποδείχθηκε πως τα αντιβιοτικά μπορούν πράγματι να προκαλέσουν κάποιου είδους μετάλλαξη στο γενετικό υλικό των βακτηρίων.
- Η ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά υπάρχει ανεξάρτητα από την παρουσία ή μη αντιβιοτικού. Παρουσία όμως αντιβιοτικού αναδεικνύεται.
- Σκέφτηκες μήπως εξετάζεις το θέμα μονόπλευρα και δεν μπορείς να δεις πως υπάρχουν και άλλες απόψεις, πολύ λογικές, που διαφωνούν με τη δική σου; Αν τα αντιβιοτικά μπορούσαν να προκαλέσουν μεταλλάξεις στο γενετικό υλικό των βακτηρίων δεν θα υπήρχε κίνδυνος να προκαλούν μεταλλάξεις και στο δικό μας DNA;
- Αν είχες δίκιο θα έπρεπε κάθε φορά που μας χορηγείται αντιβιοτικό να δημιουργούνται ανθεκτικά βακτήρια εξ αιτίας του, οπότε δεν θα μας κάλυπτε σε επόμενη χορήγηση, θα ήταν άχρηστο. Αυτό όμως δεν ισχύει. Επίσης θα είχε αποδειχτεί και πειραματικά πως τα αντιβιοτικά προκαλούν μεταλλάξεις, κάτι που επίσης δεν έχει συμβεί.

Το τρίτο μέρος περιλαμβάνει ερωτήσεις που στοχεύουν στην καταγραφή της άποψης των εν ενεργεία αλλά και των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε μια σειρά ζητημάτων, όπως σχετικά με το είδος των δραστηριοτήτων που θα χρησιμοποιούσαν προκειμένου να προάγουν τον επιχειρηματολογικό διάλογο στην τάξη, πόσο συχνά θα χρησιμοποιούσαν οι ίδιοι την επιχειρηματολογία και με ποιες δραστηριότητες καθώς και πώς νομίζουν ότι νιώθουν οι μαθητές όταν χρησιμοποιείται η επιχειρηματολογία στην τάξη. Τα αποτελέσματα του τρίτου μέρους δεν αποτελούν αντικείμενο σχολιασμού της παρούσας εργασίας και επομένως θα περιοριστούμε στην παρουσίαση και ανάπτυξη των ευρημάτων των δύο προηγούμενων.

Συλλογή και ανάλυση δεδομένων

Το ερωτηματολόγιο μοιράστηκε στους συμμετέχοντες και μετά τη συμπλήρωσή του συλλέχθηκε και αναλύθηκε από δύο ερευνητές ξεχωριστά. Δε σημειώθηκαν διαφωνίες και

ακολούθησε στατιστική επεξεργασία με το πακέτο SPSS 25. Εκτός της περιγραφικής στατιστικής και των συγκρίσεων που έγιναν μεταξύ των απαντήσεων των εκπαιδευτικών με διαφορετική εμπειρία και διαφορετικές ειδικότητες, υπολογίστηκε και ο συντελεστής Cronbach's alpha ως δείκτη εσωτερικής συνοχής και αξιοπιστίας του ερωτηματολογίου (Creswell, 2002) υπολογίστηκε εκ νέου καθώς η δομή του ερωτηματολογίου ήταν όπως του ερωτηματολογίου της έρευνας των Martín-Gómez & Erduran (2018 αλλά το περιεχόμενο ήταν σχεδιασμένο από τους συγγραφείς.

Αποτελέσματα- Συζήτηση

Αρχικά ο δείκτης Cronbach's α βρέθηκε 0,906 γεγονός που σημαίνει ότι το ερωτηματολόγιο διαθέτει εσωτερική συνέπεια, επομένως μπορούν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα με τη χρήση του.

Κάθε συμμετέχων/συμμετέχουσα μετά την ανάλυση των ερωτηματολογίων λάμβανε ένα σκορ σύμφωνα με τις απαντήσεις που είχε δώσει στις συνολικά 6 ερωτήσεις του πρώτου και δεύτερου μέρους. Οι συνολικές βαθμολογίες προσδιορίστηκαν από αυτά τα δύο μέρη με την ακόλουθη κωδικοποίηση: '1' εάν η απάντηση είναι σωστή και '0' αν η απάντηση είναι εσφαλμένη σε κάθε μία από τις έξι ερωτήσεις του πρώτου και δεύτερου μέρους. Με άλλα λόγια ζητήθηκε από τους ερωτώμενους να τοποθετήσουν κλιμακωτά τις απαντήσεις κάθε ερώτησης κατά την άποψή τους δίνοντας χαρακτηρισμούς από 1 έως 6 (1 – ισχυρότερο επιχείρημα, 6- λιγότερο ισχυρό επιχείρημα από όλα). Κάθε σωστή τοποθέτηση στην κλίμακα έλαβε 1 βαθμό ενώ κάθε λανθασμένη 0. Έτσι το μέγιστο σκορ που μπορούσε κάποιος/κάποια να συγκεντρώσει ήταν 36 (και για τις 6 ερωτήσεις).

Η ανάλυση περιγραφικής στατιστικής δείχνει ότι η μέση τιμή των συνολικών σκορ των ερωτηθέντων είναι χαμηλή (μέση τιμή σκορ 18), πράγμα που μαρτυρά πως η κατανόηση γύρω από την επιχειρηματολογία είναι περιορισμένη στο συγκεκριμένο δείγμα εκπαιδευτικών (Πίνακας 1).

	N	Ελάχιστο	Μέγιστο	Μέσος όρος	Τυπική απόκλιση
Σκορ	49	6,00	34,00	18,041	8,448

Πίνακας 1. Σκορ απαντήσεων στο πρώτο και δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου

Σύγκριση των απαντήσεων (σκορ) ως προς τη διδακτική εμπειρία

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε σύγκριση των σκορ με την ύπαρξη ή μη διδακτικής εμπειρίας. Χρειάζεται να διευκρινιστεί ότι οι εκπαιδευτικοί με διδακτική εμπειρία είχαν ισοκατανομή στις ειδικότητες όπως και εκείνοι χωρίς εμπειρία. Από τον έλεγχο προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των εκπαιδευτικών με διδακτική εμπειρία και των εκπαιδευτικών χωρίς διδακτική εμπειρία ($p=0.013$). Αυτό το αποτέλεσμα υποδεικνύει ότι η εκπαιδευτική εμπειρία βελτιώνει την ικανότητα επιχειρηματολογίας των εκπαιδευτικών.

Στη συνέχεια αναλύθηκαν ξεχωριστά τα δύο πρώτα μέρη του ερωτηματολογίου για τυχόν διαφορές μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων του. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά τόσο μεταξύ των ερωτήσεων του πρώτου μέρους όσο και του δεύτερου μέρους σε συνάρτηση με την ύπαρξη ή μη διδακτικής εμπειρίας. Έγινε εμφανές λοιπόν, ότι η διδακτική εμπειρία επηρεάζει τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών τόσο σε επίπεδο επιχειρήματος (1^ο μέρος) όσο και σε επίπεδο αντεπιχειρήματος (2^ο μέρος).

Το γεγονός πως οι πεπειραμένοι εκπαιδευτικοί εντοπίζουν ορθότερα ένα πλήρες επιχείρημα αλλά και αντεπιχείρημα σε σύγκριση με τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς δείχνει πως σε επίπεδο προπτυχιακών αλλά και μεταπτυχιακών σπουδών, ίσως δεν δίνεται η απαραίτητη έμφαση στη διδασκαλία της χρήσης της επιχειρηματολογίας αφού τελικά τα έτη

διδασκαλίας μπορούν να υπερβούν τη γνώση με την οποία πιθανόν εφοδιάζουν οι σπουδές πάνω σε ανάλογα ζητήματα. Αν και η παρούσα έρευνα αποτελεί πιλοτικό στάδιο ευρύτερης έρευνας, θα μπορούσαμε να πούμε ότι διαφαίνεται σε ένα πρώτο επίπεδο πως οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί δεν μπορούν να αναγνωρίσουν ένα ολοκληρωμένο επιχείρημα, πράγμα που πιθανόν μαρτυρά πως δεν μπορούν και να οικοδομήσουν οι ίδιοι κάτι ανάλογο. Όμως κάτι τέτοιο έχει αντίκτυπο και στους μαθητές και στις μαθήτριες τους, με άλλα λόγια εάν πράγματι οι ίδιοι/ίδιες δεν καταφέρνουν μεθοδικά και ολοκληρωμένα να εκφράσουν ένα επιχείρημα-αντεπιχείρημα τότε είναι πολύ δύσκολο να καταφέρουν να διδάξουν επιτυχώς τους μαθητές/μαθήτριες πώς να το επιτύχουν (Archila, 2014; Sampson & Blanchard, 2012; Simon et al., 2006). Φαίνεται από την άλλη πως μέσω της διδακτικής εμπειρίας βελτιώνεται εκ των πραγμάτων η ικανότητα επιχειρηματολογίας των εκπαιδευτικών, καθώς έρχονται καθημερινά αντιμέτωποι με διδακτικά ζητήματα που τους εξασκούν σε αποτελεσματικές διδακτικές «τεχνικές» ώστε να γίνονται πειστικοί για φαινόμενα, διαδικασίες και εφαρμογές των ΦΕ προς τους μαθητές/μαθήτριες. Αυτός ο τρόπος, όμως, βελτίωσης της επιχειρηματολογικής ικανότητας δεν μπορεί να χαρακτηριστεί επαρκής αφού στηρίζεται στην «εμπειρία» και στο «ένστικτο» και όχι σε επιστημονικά δεδομένα και ευρήματα, κάτι που φαίνεται από το χαμηλό μέσο όρο στο σκορ των σωστών απαντήσεων των εκπαιδευτικών με διδακτική εμπειρία, που είναι 20,9 όταν η μέγιστη τιμή είναι 36, πράγμα που αποκαλύπτει την πιθανή ανάγκη εισαγωγής επιμορφωτικών προγραμμάτων όπου να προωθείται η επιχειρηματολογία. Είναι άλλωστε λογικό πως δεν μπορεί αυτή η ικανότητα (όπως και άλλοι στόχοι της εκπαίδευσης των ΦΕ) να εξαρτώνται από τη σταδιακή απόκτηση εμπειρίας των εκπαιδευτικών χωρίς τουλάχιστον να υπάρχει ένα αρχικό κατώφλι γνώσης όταν κάποιος μπαίνει για πρώτη φορά στη σχολική τάξη. Είναι αναμφίβολο ότι η εμπειρία δεν αντικαθίσταται και προσφέρει ένα επιπλέον εξοπλισμό στην προσπάθεια των εκπαιδευτικών να είναι αποτελεσματικοί ως προς τα επιθυμητά μαθησιακά αποτελέσματα αλλά σίγουρα δεν μπορεί να αποτελεί σημείο εκκίνησης για οποιαδήποτε από τις επιδιώξεις της εκπαίδευσης των ΦΕ σε βάρος των μαθητών/μαθητριών που «έτυχε να διδαχτούν τα όψιμα χρόνια» της επαγγελματικής πορείας των εκπαιδευτικών. Φυσικά επαναλαμβάνεται πως το δείγμα της πιλοτικής αυτής μελέτης δεν επαρκεί για διατυπώσεις γενικεύσεων αλλά αποτελεί μία πρώτη αποτύπωση, που μας εφοδιάζει με αρκετές ενδείξεις για την τρέχουσα κατάσταση. Για το λόγο αυτό ήδη έχει σχεδιαστεί διεύρυνση του δείγματος ώστε να εξαχθούν ασφαλέστερα συμπεράσματα.

Σύγκριση των απαντήσεων (σκορ) ως προς την ειδικότητα

Πραγματοποιήθηκε επίσης σύγκριση των σκορ ανά ειδικότητα εκπαιδευτικών. Συγκεκριμένα συγκρίθηκαν οι εκπαιδευτικοί Βιολόγοι με και χωρίς διδακτική εμπειρία με τους εκπαιδευτικούς των λοιπών ειδικοτήτων αθροιστικά (Φυσικούς, Χημικούς, Γεωγράφους-γεωλόγους). Από τον στατιστικό έλεγχο δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των επιμέρους κατηγοριών όταν αναλύθηκε το σύνολο των ερωτήσεων ($p > 0.05$). Ο λόγος που έγινε η ανωτέρω ομαδοποίηση και σύγκριση είναι πως θεωρητικά θα περίμενε κανείς οι εκπαιδευτικοί Βιολόγοι λόγω του γνωστικού τους αντικειμένου να παρουσιάζουν μία σχετική υπεροχή έναντι των συναδέλφων τους των λοιπών ειδικοτήτων των ΦΕ. Ωστόσο με βάση τα αποτελέσματα αυτή η αρχική υπόθεση καταρρίφθηκε αφού δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Το εύρημα αυτό ενισχύει ακόμη περισσότερο το προηγούμενο, μιας και αποκαλύπτει πως η επάρκεια του γνωστικού αντικειμένου δεν είναι η αποκλειστική προϋπόθεση για την ανάπτυξη επιχειρηματολογίας. Βιολόγοι εκπαιδευτικοί με γνώσεις γύρω από τη θεωρία της Εξέλιξης (υπενθυμίζεται ότι η θεωρία της Εξέλιξης εξετάζεται από πολλά υποχρεωτικά μαθήματα στα προπτυχιακά προγράμματα των Τμημάτων Βιολογίας) δεν κατάφεραν να αναγνωρίσουν τα ισχυρά επιχειρήματα σε μεγαλύτερο βαθμό απ' ό,τι μη Βιολόγοι. Προφανώς λοιπόν, η ρητή διδασκαλία της επιχειρηματολογίας είναι απαραίτητη για την κατανόησή της

σε βάθος και με σκοπό την ορθή εφαρμογή της σε μετέπειτα διδακτικό επίπεδο (Zohar & Nemet, 2002).

Τα ευρήματα αυτά αφορούν και στην αναγνώριση αντεπιχειρημάτων (2^ο μέρος ερωτηματολογίου). Για ακόμη μία φορά λοιπόν φάνηκε ότι δεν αρκεί κάποιος να είναι Βιολόγος για να μπορεί να αντικρούσει λανθασμένους ισχυρισμούς πάνω σε ζητήματα Βιολογίας αλλά προφανώς χρειάζεται ρητή διδασκαλία και εξάσκηση της συγκεκριμένης ικανότητας όπως επισημαίνεται και σε ευρήματα άλλων ερευνών (Sampson & Blanchard, 2012; Simon et al., 2006; Zohar & Nemet, 2002) κάτι που μπορεί είτε να εφαρμόζεται σε προπτυχιακό επίπεδο ή/και σε επίπεδο επιμόρφωσης.

Συμπεράσματα

Στο παρόν άρθρο παρουσιάσαμε τα ευρήματα μίας πιλοτικής έρευνας σχετικά με την επιχειρηματολογία Ελλήνων εκπαιδευτικών ΦΕ σχετικά με ζητήματα Εξέλιξης. Εξετάζοντας μέσω κατάλληλου ερωτηματολογίου εάν οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εντοπίζουν ισχυρά επιχειρήματα και αντεπιχειρήματα είδαμε πως εμφανίζουν αδυναμίες. Κάτι ανάλογο βρέθηκε και σε παρόμοια έρευνα των Martín-Gómez & Erduran (2018), όπου Ισπανοί μελλοντικοί εκπαιδευτικοί παρουσίασαν αντίστοιχες δυσκολίες. Μάλιστα συγκρινόμενα τα αποτελέσματα ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς με διδακτική εμπειρία και σε μη έμπειρους (χωρίς να έχουν ποτέ διδάξει) έδειξαν ότι ο παράγοντας εμπειρία παίζει ρόλο και συσχετίζεται θετικά με την ικανότητα αναγνώρισης (αντ)επιχειρημάτων. Αντίθετα δε βρέθηκε ο ίδιος συσχετισμός όταν εξετάσαμε τις απαντήσεις που δόθηκαν από Βιολόγους και μη Βιολόγους εκπαιδευτικούς, συμπεραίνοντας ότι το γνωστικό αντικείμενο δεν αποτελεί ικανή προϋπόθεση για την ανάπτυξη επιχειρηματολογίας.

Είναι επομένως πιθανόν οι ίδιοι εκπαιδευτικοί, που δεν αναγνωρίζουν ένα ισχυρό (αντ)επιχείρημα, να μην μπορούν και να διατυπώσουν εξ αρχής και με πλήρη τεκμηρίωση τη δική τους άποψη και κατ' επέκταση να μην μπορούν να διδάξουν αποτελεσματικά και τους μαθητές/τις μαθήτριές να πράττουν το αντίστοιχο.

Ίσως είναι, επομένως, ανάγκη να δοθεί μεγαλύτερη έμφαση στην εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών αλλά και των εν ενεργεία πάνω στην ανάπτυξη επιχειρηματολογίας, στην ορθή χρήση της και τη μεθοδολογική της προσέγγιση αλλά και στη χρησιμότητά της καθώς αποτελεί έναν από τους στόχους της εκπαίδευσης των ΦΕ και ταυτόχρονα συνιστώσα του επιστημονικού (εγ)γραμματισμού (Dawson & Venville, 2009). Βεβαίως, όπως έχει ήδη προαναφερθεί, χρειάζεται ευρύτερη μελέτη προκειμένου να εξαχθούν ασφαλή και γενικά συμπεράσματα, κάτι το οποίο έχει ήδη σχεδιαστεί να ακολουθήσει μετά τις αρχικές σημαντικές ενδείξεις της παρούσας πιλοτικής έρευνας.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Γεωργίου, Μ. (2016). *Η ικανότητα των μαθητών να αναπτύσσουν επιστημονικά επιχειρήματα σε βιολογικά ζητήματα με κοινωνικές προεκτάσεις: εστιασμένη διδακτική παρέμβαση στο ζήτημα της βιοτεχνολογίας*. Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Επιστημών Αγωγής. Τμήμα Παιδαγωγικό Δημοτικής Εκπαίδευσης.

Ξενόγλωσση

Archila, P. A. (2014). Argumentation in chemistry teacher education: Past, present and future opportunities. *Revista Científica Vozes dos Vales*, 6, 1-12.

- Aydeniz, M., Pabuccu, A., Cetin, P.S. & Kaya, E. (2012). "Impact of Argumentation on College Students' Conceptual Understanding of Properties and Behaviors of Gases." *International Journal of Science and Mathematics Education* 10: 1303–1324.
- Aydeniz, M., & Ozdilek, Z. (2015). Assessing Pre-Service Science Teachers' Understanding of Scientific Argumentation: What Do They Know about Argumentation after Four Years of College Science? *Science Education International*, 26(2), 217-239.
- Cavlazoglu, B., & Stuessy, C. (2018). Examining science teachers' argumentation in a teacher workshop on earthquake engineering. *Journal of Science Education and Technology*, 27(4), 348-361.
- Cetin, P. (2014). "Explicit Argumentation Instruction to Facilitate Conceptual Understanding and Argumentation Skills." *Research in Science & Technological Education* 32 (1): 1–20.
- Cetin, P. S., Dogan, N., & Kutluca, A. Y. (2014). The quality of pre-service science teachers' argumentation: influence of content knowledge. *Journal of Science Teacher Education*, 25(3), 309-331.
- Creswell, J. W. (2002). *Educational research: Planning, conducting, and evaluating quantitative* (Vol. 7). Prentice Hall Upper Saddle River, NJ.
- Dawson, V., & Venville, G. J. (2009). High-school Students' Informal Reasoning and Argumentation about Biotechnology: An indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 31(11), 1421-1445.
- Dawson, V., & Venville, G. (2013). Introducing high school biology students to argumentation about socioscientific issues. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 13(4), 356-372.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.
- Duschl, R. A. (2007). Quality argumentation and epistemic criteria. In *Argumentation in science education* (pp. 159-175). Springer: Dordrecht.
- Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. In G. J. Kelly, A. Luke, & J. Green (Eds.), *Review of research in education: What counts and knowledge in educational settings: Disciplinary knowledge, assessment, and curriculum* (pp. 268–291). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and promoting argumentation discourse in science education. *Studies in Science Education*, 38(1), 39-72.
- Erduran, S., Guilfoyle, L., Park, W., Chan, J., & Fancourt, N. (2019). Argumentation and interdisciplinarity: reflections from the Oxford Argumentation in Religion and Science Project. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 1-10.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). *Argumentation in science education. Perspectives from classroom-Based Research*. Springer: Dordrecht.
- Erduran, S. & Jimenez-Aleixandre, M. P. (2012). "Research on Argumentation in Science Education in Europe." In *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective*, edited by D. Jorde and J. Dillon, 253–289. Rotterdam: Sense Publishers.
- Erduran, S., Y. Ozdem, and J. Y. Park. (2015). "Research Trends on Argumentation in Science Education: A Journal Content Analysis from 1998 to 2014." *International Journal of STEM Education* 2015 2 (5): 12.
- Ergazaki, M. and Zogza, V. (2005). Reaching consensus through adversarial discourse: peers' argumentative activity on predicting experimental outcomes in the context of genetic engineering. In M. Ergazaki, J. Lewis, V. Zogza (Eds.), *Trends in Biology Education Research in the New Biology Era* (pp. 119-129). Patras: Patras University Press.

- Futuyma, D. J., & Meagher, T. R. (2001). Evolution, science and society: Evolutionary biology and the national research agenda. *California Journal of Science Education*, 1(2), 19-32.
- Georgiou, M. and Mavrikaki, E., "Greek students' ability in argumentation and informal reasoning about socioscientific issues related to biotechnology. In C.P. Constantinou, N Papadouris, & A Hadjigeorgiou (ed.), Proceedings of the 10th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), pp. 1158-1166, Nicosia Cyprus. 2013.
- Georgiou, M., Mavrikaki, E. & Constantinou, C.P. (2020) Is teaching Biology through socioscientific issues enough for the development of argumentation skills? In B. Puig, P. B. Anaya, M. J. G. Quilez, M. Grace (Eds.) *Biology Education Research. Contemporary topics and directions. A selection of papers presented at the XII Conference of European Researchers in Didactics of Biology - ERIDOB 2018*, pp. 177-186. Zaragoza: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza.
- Georgiou, M., Mavrikaki, E., Halkia, K., & Papassideri, I. (2020). Investigating the impact of the duration of engagement in socioscientific issues in developing Greek students' argumentation and informal reasoning skills. *American Journal of Educational Research*, 8(1), 16-23.
- Haney, J. J., Lumpe, A. T., Czerniak, C. M., & Egan, V. (2002). From beliefs to actions: The beliefs and actions of teachers implementing change. *Journal of science teacher education*, 13(3), 171-187.
- Hodson, D. (2010). Science education as a call to action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10(3), 197–206.
- Kampourakis, K., & Zogza, V. (2009). Preliminary evolutionary explanations: A basic framework for conceptual change and explanatory coherence in evolution. *Science & Education*, 18(10), 1313-1340.
- Kaya, E., Erduran, S., & Cetin, P. S. (2012). Discourse, argumentation, and science lessons: match or mismatch in high school students' perceptions and understanding? *Mevlana International Journal of Education*, 2(3).
- Keys, C. W., & Bryan, L. A. (2001). Co-constructing inquiry-based science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 38(6), 631-645.
- Liu, S., & Roehrig, G. (2019). Exploring science teachers' argumentation and personal epistemology about global climate change. *Research in Science Education*, 49(1), 173-189.
- Maniatakou, A., Papassideri, I., & Georgiou, M. (2020). Role-play activities as a framework for developing argumentation skills on biological issues in secondary education. *American Journal of Educational Research*, 8(1), 7-15.
- Martín-Gómez, C., & Erduran, S. (2018). Understanding argumentation about socio-scientific issues on energy: a quantitative study with primary pre-service teachers in Spain. *Research in Science & Technological Education*, 36(4), 463-483.
- Mayr, E. (2001). *What evolution is*. Basic books, New York.
- McNeill, K. L., & Pimentel, D. S. (2010). Scientific discourse in three urban classrooms: The role of the teacher in engaging high school students in argumentation. *Science Education*, 94(2), 203-229.
- Millar, R., & Osborne, J. (Eds.). (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*. London, England: King's College London, School of Education.
- Özdem, Y., Ertepinar, H., Cakiroglu, J., & Erduran, S. (2013). The nature of pre-service science teachers' argumentation in inquiry-oriented laboratory context. *International Journal of Science Education*, 35(15), 2559-2586.

- Özdem Yilmaz, Y., Cakiroglu, J., Ertepinar, H., & Erduran, S. (2017). The pedagogy of argumentation in science education: science teachers' instructional practices. *International Journal of Science Education*, 39(11), 1443-1464.
- Osborne, J., MacPherson, A., Patterson, A. & Szu, E. (2012). *Introduction*. In M. S. Khine (Ed.), *Perspectives on scientific argumentation* (pp. 3–15). Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Pabuccu, A., and S. Erduran. 2017. "Beyond Rote Learning in Organic Chemistry: The Infusion and Impact of Argumentation in Tertiary Education." *International Journal of Science Education* 39 (9): 1154–1172.
- Sampson, V., and D. Clark. 2006. *The Development and Validation of the Nature of Science as Argument Questionnaire* (NSAAQ). In the Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.
- Sampson, V. & Blanchard, M. R. (2012). Science teachers and scientific argumentation: Trends in views and practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1122-1148.
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2–3), 235–260.
- Skoumios, M., & Balia, C. (2021). The Impact of Teaching Interventions for Electrical Circuits on the Structure of Primary School Students' Written Arguments. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 29(1).
- Toulmin, S. (1958). *The Uses of Argument*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Von Aufschnaiter, C., Erduran, S., Osborne, J. & Simon, S. (2008). "Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students' Argumentation Relates to their Scientific Knowledge." *Journal of Research in Science Teaching* 45 (1): 101–131.
- Zeidler, D. L., & Sadler, T. D. (2007). The role of moral reasoning in argumentation: Conscience, character, and care. In *Argumentation in science education* (pp. 201-216). Springer: Dordrecht.
- Zohar, A. (2007). Science teacher education and professional development in argumentation. In *Argumentation in science education* (pp. 245-268). Springer, Dordrecht.
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.

Βιβλιογραφική αναφορά

Γεωργίου, Μ., Κουμαρέλας, Δ. (2022). Επιχειρηματολογία Ελλήνων εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, ΘΕΜΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ 84: 29-42. Ανακτήθηκε από <http://www.lib.uoi.gr/serp/>

Επιστημονικός γραμματισμός και Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην πρώτη σχολική ηλικία

Καλλιόπη Κανάκη¹, Μιχαήλ Καλογιαννάκης²

Περίληψη: Στις μέρες μας, που η ανθρωπότητα συγκλονίζεται από μια πανδημία της οποίας οι απαρχές εντοπίζονται στην κακή διαχείριση των φυσικών οικοτόπων και της άγριας ζωής, η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και η αειφορία αποκτούν όχι μόνο μεγαλύτερη συνάφεια, αλλά και ύψιστη σημασία. Δεδομένου ότι η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση μπορεί να επιτευχθεί στα πλαίσια της εκμάθησης των επιστημών από τα πρώτα κιόλας στάδια της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, έχει έννοια να διερευνηθεί η κατανόηση του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος στις πρώτες τάξεις του Δημοτικού σχολείου. Στα πλαίσια αυτά, διεξήγαμε έρευνα στο Ηράκλειο της Κρήτης, στην οποία συμμετείχαν 435 μαθητές Α΄ και Β΄ τάξης Δημοτικού, υιοθετώντας τις αρχές της μικτής μεθοδολογίας για τη συλλογή δεδομένων. Ως ερευνητικός στόχος τέθηκε η ανάδειξη των επιπέδων της κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος, ενώ επιπλέον εξετάστηκε η ενδεχόμενη συσχέτιση του φύλου των συμμετεχόντων με τις επιδόσεις τους στο μάθημα. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων ανέδειξε τα επίπεδα κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος και εντόπισε έλλειψη συσχέτισης ανάμεσα στις μαθησιακές επιδόσεις και στο φύλο των μαθητών. Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας μπορούν να αποτελέσουν τη βάση μελλοντικών μελετών που θα επικεντρώνονται στην καλλιέργεια περιβαλλοντικής ευαισθητοποίησης και οικολογικής συνείδησης στην πρώτη σχολική ηλικία, στα πλαίσια της τυπικής μάθησης.

Λέξεις κλειδιά: επιστημονικός γραμματισμός, περιβαλλοντική εκπαίδευση, αξιολόγηση, πρώτη σχολική ηλικία, φύλο

Scientific literacy and environmental education at first stages of schooling

Kalliopi Kanaki, Michail Kalogiannakis

Abstract: Nowadays, while humanity is shaken by a pandemic the origins of which lie in the mismanagement of natural habitats and wildlife, environmental awareness and sustainability are gaining not only greater relevance but also paramount importance. Since environmental awareness can be achieved in the context of learning science from the very first stages of compulsory education, it makes sense to explore the content understanding of the Environmental Studies course in the first grades of primary school. In this context, we conducted a survey in Heraklion, Crete, in which 435 first and second grade primary school students participated, adopting the principles of the mixed methodology for data collection. The aim of the research was to investigate the levels of content understanding of the Environmental Studies course, and the possible correlation between students' learning performance and their gender. Statistical analysis of the data revealed the levels of content understanding and identified a lack of correlation between students' learning performance and gender. The results of our research could form a basis for future research that will focus on the cultivation of environmental awareness and ecological conscience at the first stages of schooling, in the context of formal learning.

Keywords: scientific literacy, environmental education, assessment, first stages of schooling, gender.

Εισαγωγή

Οι σύγχρονες κοινωνίες είναι ισχυρά προσανατολισμένες στην τεχνολογία και στις επιστήμες, με αποτέλεσμα ο επιστημονικός γραμματισμός να αποτελεί έναν δια βίου στόχο, ώστε να

¹ **Καλλιόπη Κανάκη**, Μεταδιδακτορική Ερευνήτρια, Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, panaki@hotmail.com

² **Μιχαήλ Καλογιαννάκης**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, michail.kalogiannakis@ac.eap.gr

ικανοποιηθούν οι ανάγκες για εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό (Clements & Sarama, 2016; Flores, 2015; Watters et al., 2001). Επιπροσθέτως, η συστηματική ενασχόληση με τις επιστήμες υποστηρίζει την ανάπτυξη της επιστημονικής κρίσης και μας βοηθάει να αντιληφθούμε και να ερμηνεύσουμε τον κόσμο στον οποίο ζούμε (Zimmerman, 2000). Ο επιστημονικός γραμματισμός ενισχύει την κατανόηση καθημερινών θεμάτων επιστημονικής φύσεως. Οι επιστημονικά εγγράμματοι πολίτες διαθέτουν γνώση που τους επιτρέπει να συμμετέχουν με προθυμία και αυτοπεποίθηση στη λήψη αποφάσεων που σχετίζονται με θέματα επιστημονικής και τεχνικής φύσεως (Schleicher et al., 2009; Watters et al., 2001). Παραδείγματος χάριν, έχει αποδειχθεί ότι τα υψηλά επίπεδα επιστημονικού γραμματισμού σχετίζονται θετικά με τις στάσεις των ατόμων απέναντι στον εμβολιασμό και στην υιοθέτηση προληπτικών συμπεριφορών (π.χ. χρήση μάσκας, πλύσιμο χεριών, κοινωνική απόσταση) που στοχεύουν στην αναχαίτιση της εξάπλωσης του ιού COVID-19 (Motoki et al., 2021; Κανελλοπούλου κ.ά., 2021). Επιπλέον, η αντιμετώπιση δημόσιων ζητημάτων, όπως η κλιματική αλλαγή, η ενεργειακή πολιτική και η υγειονομική περίθαλψη, καθώς και η διαμόρφωση στάσεων απέναντι σε θέματα ιδιωτικής φύσεως, όπως ο γενετικός έλεγχος και τα βιολογικά τρόφιμα, απαιτούν επιστημονικά εγγράμματο και ενημερωμένο κοινό, καθώς και επιστημονικά καταρτισμένους επαγγελματίες (Rhodes, 2010).

Στα πλαίσια επίτευξης του επιστημονικού γραμματισμού, ο προσανατολισμός της εκπαίδευσης προς την αειφορία και την καλλιέργεια περιβαλλοντικής συνείδησης είναι ιδιόζουσες σημασίες, όσον αφορά στην ενθάρρυνση και στην υποστήριξη της ανάπτυξης ατομικής και συλλογικής συνείδησης για την αντιμετώπιση των σύγχρονων περιβαλλοντικών και υγειονομικών προκλήσεων (Cruz et al., 2021). Η συνεκτικά οργανωμένη επαφή με την περιβαλλοντική εκπαίδευση μπορεί να επιφέρει μια γενική αλλαγή στη στάση των σύγχρονων ανθρώπων, βοηθώντας τους να συνειδητοποιήσουν την άρρηκτη σχέση αλληλεπίδρασης που διατηρούν με το φυσικό τους περιβάλλον (Δημητρίου, 2014). Η μελέτη περιβαλλοντικών θεμάτων και η κατανόηση της αξίας της αειφόρου ανάπτυξης παρέχουν στους μαθητές (σε όλο το κείμενο χρησιμοποιείται το αρσενικό γραμματικό γένος για λόγους συντομίας και οικονομίας χώρου) τα εχέγγυα για να εμπλακούν αποτελεσματικά στην επίλυση ζητημάτων που απασχολούν τον σύγχρονο άνθρωπο και να οραματιστούν ένα μέλλον με βελτιωμένη ποιότητα ζωής (Quinn & Cohen, 2021). Για παράδειγμα, οι μαθητές που μελετούν την επιστήμη της βιωσιμότητας είναι εξοπλισμένοι με τα απαραίτητα γνωστικά εργαλεία για να κατανοήσουν και να αναλύσουν την πολύπλευρη κρίση που συνεπάγεται η παγκόσμια πανδημία COVID-19 και να συλλάβουν ένα πιο βιώσιμο μέλλον (Quinn & Cohen, 2021).

Η μελέτη της Περιβαλλοντικής Επιστήμης είναι σημαντικό να ξεκινάει από τα πρώτα κιόλας στάδια της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, εφόσον ενθαρρύνει τα μικρά παιδιά να εξερευνήσουν το περιβάλλον, τονώνει της αίσθησης της αυτοπεποίθησής τους και ενισχύει τη δημιουργία κοινωνικών δεσμών μεταξύ τους (Ardoin & Bowers, 2020). Επιπλέον, υποστηρίζει την ανάπτυξη γνωστικών πλαισίων για την κατανόηση του φυσικού κόσμου και θέτει τις βάσεις για την καλλιέργεια στάσεων και την ανάπτυξη δεξιοτήτων που σχετίζονται με τη λήψη μέτρων για τη βελτίωση και την προστασία του περιβάλλοντος (Ardoin & Bowers, 2020). Η άποψη αυτή προβάλλεται και από τα επιστημονικά πρότυπα Next Generation Science Standards (<https://www.nextgenscience.org/>), τα οποία παρέχουν μια σταθερή βάση για την τρέχουσα επιστημονική παραγωγικότητα και τη μαθησιακή έρευνα σχετικά με τις έννοιες της επιστήμης (Bybee, 2014). Πράγματι, τα Next Generation Science Standards (NGSS) προτείνουν ήδη από το Νηπιαγωγείο τη μελέτη περιβαλλοντικών θεμάτων, όπως ο καιρός, το κλίμα και οι αλληλοεξαρτώμενες σχέσεις στα οικοσυστήματα (Topic arrangements of the NGSS, 2021).

Στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα, η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και η ανάπτυξη θετικών στάσεων και πεποιθήσεων για την αειφορία επιχειρούνται στις τέσσερις πρώτες τάξεις του Δημοτικού μέσω του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος. Πρόκειται για διαθεματικό γνωστικό αντικείμενο, στο οποίο συνδυάζεται η μελέτη

ανθρωπιστικών, κοινωνικών και φυσικών επιστημών, όπως η Περιβαλλοντική Επιστήμη. Τα θέματα μελέτης του μαθήματος ποικίλουν και αφορούν στην καθημερινότητα, στις δραστηριότητες και στο μέλλον του ανθρώπου. Ανάμεσα στα άλλα, οι μαθητές μελετούν το φυσικό τους περιβάλλον, μαθαίνουν για τα οικοσυστήματα και ευαισθητοποιούνται για την προστασία τους (ΙΕΠ, 2021).

Έχοντας επίγνωση της σημασίας της καλλιέργειας του επιστημονικού γραμματισμού και της ενδυνάμωσης της περιβαλλοντικής συνείδησης από τις πρώτες κιόλας τάξεις του Δημοτικού (Hines et al., 1986; Larson et al., 2010; Leeming et al., 1995), στραφήκαμε ερευνητικά στη διερεύνηση των επιπέδων της κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος στην Α΄ και Β΄ τάξη του Δημοτικού. Τα ερευνητικά ερωτήματα που θέσαμε ήταν: (α) «Ποια είναι τα επίπεδα κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος των μαθητών πρώτης σχολικής ηλικίας;» (β) «Επηρεάζεται η κατανόηση του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος από το φύλο των μαθητών στις δύο πρώτες τάξεις του Δημοτικού;».

Η θεματική ενότητα στα πλαίσια της οποίας διεξήχθη η έρευνά μας ήταν οι διατροφικές συνήθειες των ζώων. Ο ευρύτερος πληθυσμός της έρευνας ήταν οι μαθητές της Α΄ και Β΄ τάξης των Δημοτικών σχολείων της πόλης του Ηρακλείου, ενώ το δείγμα της έρευνας αποτελούνταν από 435 μαθητές. Το δείγμα ήταν ισορροπημένο ως προς το φύλο – 210 κορίτσια (48.28%) και 225 αγόρια (51.72%) - και ως προς την τάξη φοίτησης – 218 μαθητές Α΄ τάξης (50.11%) και 217 μαθητές Β΄ τάξης (49.89%). Η έρευνα διεξήχθη αφού εξασφαλίσαμε άδεια από τη Συνέλευση του Παιδαγωγικού Τμήματος Προσχολικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Κρήτης (συνεδρίαση με αριθμό 555/17.10.2018) και άδεια από το Υπουργείο Παιδείας (αριθμός πρωτοκόλλου Φ15/192872/210954/Δ1). Επιπλέον, διασφαλίσαμε την ανωνυμία των συμμετεχόντων και εξασφαλίσαμε την αρχική και συνεχή συγκατάθεση τους, καθώς και την έγγραφη συναίνεση των νόμιμων κηδεμόνων τους, κατόπιν ενημέρωσής τους για το περιεχόμενο και τους στόχους της έρευνας. Όσον αφορά στη συλλογή των δεδομένων, αυτή πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τις αρχές της μικτής μεθοδολογίας.

Ας σημειωθεί ότι η ερευνητική προσέγγιση που παρουσιάζουμε αποτελεί κομμάτι μίας ευρύτερης έρευνας που διεξάγουμε, η οποία αφορά στην ανάπτυξη και την αξιολόγηση της υπολογιστικής σκέψης στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος, με κεντρικούς άξονες τον εποικοδομητισμό, την παιχνιδοκεντρική μάθηση, την αξιοποίηση των έξυπνων φορητών συσκευών στην εκπαιδευτική διαδικασία και την καλλιέργεια περιβαλλοντικών αξιών, περιβαλλοντικής συνείδησης και γενικότερα θετικών στάσεων και πεποιθήσεων για το περιβάλλον (Kanaki et al., 2020; Kanaki et al., 2022; Kanaki & Kalogiannakis, 2018).

Θεωρητικό Πλαίσιο

Η ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού από τα πρώτα κιόλας χρόνια της παιδικής ηλικίας είναι μείζονος σημασίας, ώστε να αξιοποιηθεί το έμφυτο ενδιαφέρον και ο ενθουσιασμός των παιδιών να ασχοληθούν με επιστημονικής φύσεως θέματα (Eshach & Fried, 2005; Patrick & Mantzicopoulos, 2015; Trundle, 2010; Κανάκη & Καλογιαννάκης, 2018). Οι επιστήμες γοητεύουν τα παιδιά και η ενασχόλησή τους με αυτές ξεκινάει αβίαστα από τους πρώτους μήνες της ζωής τους. Από μωρά ακόμα, δείχνουν ιδιαίτερη ευαισθησία σε θέματα που οι ενήλικες θα αποκαλούσαν επιστημονικά (Clements & Sarama, 2016; Ravanis, 2017). Για παράδειγμα, τα παιδιά από την ηλικία των τριών ή τεσσάρων μηνών, διστάζουν ότι τα αντικείμενα χρειάζονται υποστήριξη για να μην πέσουν (Clements & Sarama, 2016). Από το πρώτο κιόλας έτος της ζωής τους αντιλαμβάνονται ότι τα άψυχα αντικείμενα δεν μπορούν να κινηθούν μόνα τους και ότι χρειάζονται ώθηση (Clements & Sarama, 2016). Πριν ξεκινήσει η υποχρεωτική τους εκπαίδευση, έχουν ήδη αποκτήσει γνώσεις πάνω σε επιστημονικά πεδία, έχουν καταλάβει τη σχέση αιτίας – αιτιατού και έχουν αναπτύξει τη δεξιότητα του

συλλογισμού (Piastra et al., 2015). Οι αντιλήψεις που έχουν σχηματίσει για τον κόσμο πριν την έναρξη της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, συγκροτούν ένα σύνολο γνώσεων που έχουν προκύψει από σύνθετες και άτυπες διαδικασίες μάθησης, κατά την αλληλεπίδρασή τους με την οικογένεια και τους φίλους τους, καθώς και κατά την επαφή τους με τα μέσα μαζικής ενημέρωσης (Ravanis, 2017; Skoumios & Balia, 2020).

Με βάση το έμφυτο ενδιαφέρον των παιδιών για τις επιστήμες και την ικανότητά τους να ασχοληθούν με αυτές, η συστηματική μελέτη τους είναι επόμενο να θεωρείται κατάλληλος και σημαντικός εκπαιδευτικός στόχος. Εφόσον είναι στη φύση των παιδιών να σκέφτονται και να μαθαίνουν επιστημονικά θέματα, η συστηματική εκμάθησή τους δεν τα πιέζει. Οι επιστημονικές ερωτήσεις που κάνουν τα παιδιά – όπως ερωτήσεις με γιατί – δείχνουν ότι η ενασχόληση με τις επιστήμες είναι κάτι φυσικό, ενώ το ενδιαφέρον τους για τα επιστημονικά πεδία προκύπτει αβίαστα (Bell & Clair, 2015; Clements & Sarama, 2016; Patrick & Mantzicopoulos, 2015).

Η συστηματική ενασχόληση με τις επιστήμες ενθαρρύνει τα παιδιά να παρατηρούν, να κάνουν ερωτήσεις, να υποθέτουν, να σχεδιάζουν και να εκτελούν πειράματα, να μετρούν, να επεξεργάζονται, να εξηγούν δεδομένα, να στοιχειοθετούν θεωρίες και μοντέλα (Schleicher et al., 2009). Επίσης, υποστηρίζει τον εμπλουτισμό του λεξιλογίου με επιστημονικούς όρους, ενισχύει την κοινωνική αλληλεπίδραση και προάγει δεξιότητες και αναπτυξιακούς στόχους που σχετίζονται με την επίλυση προβλημάτων, την εξοικείωση με την ερευνητική διαδικασία, την εξαγωγή συμπερασμάτων και τη δυνατότητα πρόβλεψης (Gerde et al., 2013; McFarlane, 2013; Κανάκη κ.ά., 2016). Επιπλέον, προσφέρει ευκαιρίες για εμπλοκή με την πρακτική της υπολογιστικής σκέψης (Osborne, 2014; Κανάκη & Καλογιαννάκης, 2019), η οποία εκτιμάται ότι μέχρι το τέλος του αιώνα θα έχει εξελιχθεί σε μία θεμελιώδη δεξιότητα, σαν τη γραφή, την ανάγνωση και την αριθμητική (Wing, 2006).

Ιδιαίτερα στα πλαίσια της ενασχόλησης με το πεδίο των φυσικών επιστημών, τα παιδιά αποκτούν γνώσεις για το περιβάλλον και τα περιβαλλοντικά προβλήματα, ευαισθητοποιούνται για αυτά και αναπτύσσουν δεξιότητες επίλυσής τους (Amprazis & Papadouroulou, 2018; Αμπράζης, 2021; Ρεκούμη & Καλογιαννάκης, 2016). Εκπαιδεύονται σε θέματα που αφορούν στο γεωλογικό τους περιβάλλον και ενημερώνονται για φυσικά φαινόμενα που συνδέονται με αυτό (Καλογιαννάκης & Ρεκούμη, 2014; Καλογιαννάκης & Ρεκούμη, 2013; Καλογιαννάκης κ.ά., 2018; Καλογιαννάκης κ.ά., 2010). Παραδείγματος χάριν, στην Ελλάδα υπάρχουν 39 ενεργά και ανενεργά ηφαίστεια, γεγονός που, όσον αφορά στη σεισμικότητα, κατατάσσει τη χώρα μας στην πρώτη θέση σε ευρωπαϊκό και στην έκτη θέση σε παγκόσμιο επίπεδο. Βάσει αυτού του γεωλογικού υποβάθρου, το εκπαιδευτικό μας σύστημα οφείλει να δώσει στους μαθητές τα γνωστικά εφόδια για τα ηφαίστεια, τους σεισμούς, τις φυσικές καταστροφές και τη διαχείρισή τους. Έτσι, διαμορφώνονται μελλοντικοί πολίτες που απομυθοποιούν φυσικά φαινόμενα που αποτελούν κομμάτι της ζωής τους και είναι προετοιμασμένοι να τα αντιμετωπίσουν με αποτελεσματικότητα και ψυχραιμία, τόσο σε συλλογικό όσο και σε προσωπικό επίπεδο (Καλογιαννάκης & Ρεκούμη, 2013; Καλογιαννάκης κ.ά., 2010; Ρεκούμη & Καλογιαννάκης, 2016).

Στις σύγχρονες κοινωνίες, τα παιδιά μεγαλώνουν περιβαλλόμενα από την τεχνολογία και τα επιτεύγματά της, με αποτέλεσμα να απομακρύνονται ή ακόμα και να αποκόβονται από το φυσικό περιβάλλον. Το γεγονός αυτό καθιστά επιτακτική την ανάγκη της καλλιέργειας περιβαλλοντικής συνείδησης, μέσω της απόκτησης εμπειριών και γνώσεων για το περιβάλλον (Hadzigeorgiou & Skoumios, 2013). Έτσι, μεγάλα περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η τρύπα του όζοντος, η όξινη βροχή και η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι, από εκπαιδευτικής άποψης, μεγάλης σημασίας (Mandrikas et al., 2017). Το ερώτημα είναι εάν η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση μπορεί να επιτευχθεί στα πλαίσια της εκμάθησης των επιστημών στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Hadzigeorgiou & Skoumios, 2013). Μελέτες επιβεβαιώνουν ότι η συνεκτικά οργανωμένη επαφή με τις φυσικές επιστήμες μπορεί

να αναπροσαρμόσει τη στάση ζωής του σύγχρονου ανθρώπου, ευαισθητοποιώντας τον σε θέματα που αφορούν σε περιβαλλοντικά ζητήματα και στη βιώσιμη ανάπτυξη (Amprazis & Papadopoulou, 2020; Amprazis & Papadopoulou, 2018; Αμπράζης, 2021). Στις μελέτες αυτές τονίζεται ότι είναι διάζουσας σημασίας ο προσανατολισμός της εκπαίδευσης προς την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και την αειφορία, με απώτερο στόχο την καλλιέργεια ατομικής και συλλογικής συνείδησης για την αποτελεσματική διαχείριση σύγχρονων περιβαλλοντικών ζητημάτων και την αναθεώρηση των απόψεων των ανθρώπων που ξεχωρίζουν τον εαυτό τους από τη φύση. Παράδειγμα προς αυτήν την κατεύθυνση είναι η αντιμετώπιση του φαινομένου της τυφλότητας απέναντι στα φυτά και η αναχαίτιση των προεκτάσεων του όχι μόνο σε περιβαλλοντικό, αλλά και σε κοινωνικό επίπεδο, στοχεύοντας στην αναβάθμιση της ζωής στον πλανήτη και στην αποκατάσταση της ανθρώπινης ευημερίας (Amprazis & Papadopoulou, 2020; Αμπράζης, 2021).

Ζητήματα που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον και στα οποία εγκύψαμε στα πλαίσια της έρευνάς μας είναι η ενδεχόμενη συσχέτιση των επιδόσεων των μαθητών σε STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) πεδία, καθώς και να αναβάθμιση της διδασκαλίας των επιστημονικών πεδίων μέσω της πρακτικής της συγκρότησης επιχειρημάτων.

STEM εκπαίδευση και φύλο

Η διαφοροποίηση ανδρών και γυναικών ως προς τον ακαδημαϊκό και επαγγελματικό τους προσανατολισμό είναι παγκόσμιο φαινόμενο, με τις γυναίκες να υποεκπροσωπούνται στα STEM πεδία (Blume-Kohout, 2014; Liou et al., 2020; Makarova et al., 2019; Raabe et al., 2019; Stoet & Geary, 2018). Μάλιστα, παραδόξως, όσο καλύτερα εδραιωμένη είναι η ισότητα των δύο φύλων σε μία χώρα, τόσο μεγαλώνει το χάσμα ενασχόλησης με τα STEM πεδία στη δευτεροβάθμια και τριτοβάθμια εκπαίδευση (Stoet & Geary, 2018).

Σε πρόσφατη έρευνα, παρουσιάζεται η εκπαιδευτική και εργασιακή πορεία ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος μαθητών σε εθνικό επίπεδο στην Αμερική (Radford et al., 2018). Τα υποκείμενα του δείγματος ήταν μαθητές της πρώτης τάξης του Λυκείου (high school, 9th grade), ενώ μελετήθηκε η πορεία τους από το 2009 μέχρι το 2016. Τα στοιχεία αυτής της έρευνας αξιοποιήθηκαν ένα χρόνο αργότερα σε άλλη έρευνα, όπου αναδεικνύεται η μειωμένη προτίμηση των κοριτσιών σε STEM πεδία, σε αντίθεση με την ισχυρή προτίμησή τους σε πεδία υγείας και εκπαίδευσης (Charlesworth & Banaji, 2019).

Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνονται από τα αποτελέσματα πρόσφατης έρευνας που διεξήχθη στο Οντάριο των ΗΠΑ, σύμφωνα με τα οποία η πιθανότητα τα αγόρια της 11^{ης} τάξης να εγγραφούν σε μαθήματα Φυσικής και Μαθηματικών είναι σημαντικά αυξημένη σε σχέση με τα κορίτσια. Στην αντίθετη κατεύθυνση καταγράφεται η πρόθεση εγγραφής των αγοριών σε μαθήματα Βιολογίας (Card & Payne, 2021).

Ωστόσο, η διαφορετική στάση των φύλων απέναντι στα STEM πεδία ξεκινάει πολύ νωρίτερα (Charlesworth & Banaji, 2019). Μέχρι το Γυμνάσιο, παραπάνω από διπλάσια αγόρια απ' ότι κορίτσια σχεδιάζουν να καταλάβουν θέσεις εργασίας που σχετίζονται με τις επιστήμες ή την τεχνολογία (Legewie & DiPrete, 2012). Αυτές οι στάσεις συντηρούνται και στο Γυμνάσιο, ιδιαίτερα σε μαθήματα που σχετίζονται με την Επιστήμη των Υπολογιστών, τη μηχανική και άλλα σχετικά πεδία (Cunningham et al., 2015).

Επιστημονική επιχειρηματολογία

Στις μέρες μας, η διδασκαλία επιστημονικών πεδίων είναι σημαντικό να μην περιορίζεται στην παρουσίαση επιστημονικών εννοιών, αλλά να εμπλουτίζεται με την αξιοποίηση σύγχρονων επιστημονικών πρακτικών και την ανάπτυξή τους από τους μαθητές (NRC, 2012). Η επισκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας αναδεικνύει σημαντικές ερευνητικές προσπάθειες

επικεντρωμένες σε επιστημονικές πρακτικές, συμπεριλαμβανομένης της μοντελοποίησης, της εξήγησης και της συγκρότησης επιχειρημάτων (Manz et al., 2020).

Η συγκρότηση επιχειρημάτων ως πρακτική αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινής ζωής ενός σκεπτόμενου ανθρώπου που αλληλεπιδρά με συνανθρώπους του, ενώ παράλληλα συμβάλλει σημαντικά στην ανάπτυξη ικανοτήτων επικοινωνίας, συνεργασίας και επίλυσης προβλημάτων (Kuhn, 1992). Ήδη από την αρχαία Ελλάδα και τον Αριστοτέλη, η συγκρότηση πειστικών επιχειρημάτων έχει αναγνωριστεί ως ικανότητα υψίστης σημασίας για την προώθηση καινοτόμων ιδεών, ενώ θεωρείται ότι αποτελεί θεμέλιο λίθο της ανάλυσης στάσεων και απόψεων, καθώς και της λήψης στρατηγικών αποφάσεων (Wambsganss et al., 2020).

Κατά την εφαρμογή της πρακτικής της συγκρότησης τεκμηριωμένων επιχειρημάτων, οι μαθητές προβαίνουν σε εκτίμηση των δεδομένων που έχουν στη διάθεσή τους και συλλέγουν στοιχεία, τα οποία στη συνέχεια χρησιμοποιούν για να στηρίξουν την επιχειρηματολογία που αναπτύσσουν ή για να αξιολογήσουν επιχειρήματα που τους παρουσιάζουν τρίτοι (NRC, 2012). Η εμπλοκή των μαθητών σε διαδικασίες συγκρότησης επιχειρημάτων είναι ιδιαίτερα σημαντική, δεδομένου ότι συμβάλλει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης (Giri & Paily, 2020), υποστηρίζει την εννοιολογική κατανόηση και τη βαθύτερη εκμάθηση του περιεχομένου του υπό μελέτη επιστημονικού θέματος (Nussbaum, 2008), βελτιώνει τις συνεργατικές δεξιότητες, ενισχύει τη συνεργατική μάθηση (Noroosi et al., 2012) και καλλιεργεί θετικές στάσεις όσον αφορά στην ενασχόληση με επιστημονικά πεδία (McNeill & Krajcik, 2006).

Η ικανότητα συγκρότησης τεκμηριωμένων επιχειρημάτων δεν ακολουθεί μία φυσική πορεία ανάπτυξης (Spector & Park, 2012). Παράλληλα, η σχετική βιβλιογραφία καταδεικνύει τη δυσκολία των μαθητών να επιχειρηματολογήσουν βάσει στοιχείων (Mastrogiorgaki & Skoumios, 2018). Για τους λόγους αυτούς και έχοντας υπόψη μας τα πολυπληθή μαθησιακά οφέλη της ικανότητας συγκρότησης στοιχειοθετημένων επιχειρημάτων (Giri & Paily, 2020; McNeill & Krajcik, 2006; Noroosi et al., 2012; Nussbaum, 2008), θεωρούμε ότι η καλλιέργεια της είναι σημαντικό να ξεκινάει από τα πρώτα κίονες στάδια της υποχρεωτικής εκπαίδευσης.

Μεθοδολογία της έρευνας

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, βασικός ερευνητικός μας στόχος ήταν η διερεύνηση των επίπεδων της κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος των μαθητών της Α΄ και Β΄ τάξης Δημοτικού. Δεδομένου ότι το θέμα της ενότητας στα πλαίσια της οποίας επιλέξαμε να διεξαχθεί η έρευνά μας ήταν οι διατροφικές συνήθειες των ζώων, δημιουργήσαμε ένα φύλλο εργασίας στο οποίο οι μαθητές καλούνταν να καταγράψουν τις διατροφικές συνήθειες 10 ζώων (Παράρτημα – Φύλλο εργασίας 1).

Κατά τον σχεδιασμό της μεθοδολογίας της έρευνας, προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε παράγοντες που θα μπορούσαν να απειλήσουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της. Ένας τέτοιος παράγοντας θα μπορούσε να είναι η αντιγραφή κατά τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων. Τον παράγοντα αυτόν θεωρήσαμε ότι δεν ήμασταν σε θέση να τον εξαλείψουμε, όσο προσεκτικά κι αν επιβλέπαμε τους μαθητές. Ένας ακόμα παράγοντας που θα μπορούσε να απειλήσει την ακρίβεια των αποτελεσμάτων της έρευνας ήταν η καταγραφή τυχαίων απαντήσεων σε ένα ή περισσότερα ερωτήματα του φύλλου εργασίας, από μαθητές που δεν θα είχαν κατανοήσει το περιεχόμενο του μαθήματος.

Στοχεύοντας στην αποσόβηση της αρνητικής επίδρασης των παραγόντων αυτών στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων της έρευνας, θεωρήσαμε σκόπιμο να μελετήσουμε τα φύλλα εργασίας κατανόησης του περιεχομένου (Παράρτημα – Φύλλο εργασίας 1), σε συνδυασμό με τα φύλλα εργασίας εντοπισμού λαθών (Παράρτημα – Φύλλο εργασίας 2). Το Φύλλο εργασίας 2 εξετάζει τις γνώσεις των μαθητών σχετικά με τις διατροφικές συνήθειες των ζώων του Φύλλου εργασίας 1, με τη διαφορά ότι οι διατροφικές συνήθειες των ζώων είναι ήδη

συμπληρωμένες από εμάς και οι μαθητές καλούνται να εντοπίσουν λανθασμένες διατροφικές συνήθειες που επίτηδες έχουμε καταγράψει.

Και στα δύο φύλλα εργασίας, τα ζώα δεν αναπαρίστανται λεκτικά αλλά μέσω εικόνων, δεδομένου ότι τα παιδιά έλκονται από κείμενα που διανθίζονται από εικόνες, εξαιτίας της αυξημένης εκφραστικότητά τους εν συγκρίσει με το κείμενο (Grammenos et al., 2000). Ωστόσο, η χρήση εικόνων θα μπορούσε να αποτελέσει εξωγενή παράγοντα αλλοίωσης των δεδομένων της έρευνας. Πράγματι, η ατυχής επιλογή μίας εικόνας θα μπορούσε να οδηγήσει κάποιους μαθητές να παραγνωρίσουν κάποιο ζώο, π.χ. να μπερδέψουν μία τίγρη με μία γάτα. Για αυτόν ακριβώς τον λόγο, πριν από την εφαρμογή του εκπαιδευτικού εργαλείου, προβάλαμε τις εικόνες των φύλλων εργασίας και ζητήσαμε από τους μαθητές να μας πούνε, όλοι μαζί, ποιο ήταν το κάθε ζώο. Έτσι, ακόμα και αν κάποιο παιδί είχε παραγνωρίσει κάποιο ζώο, θα καταλάβαινε το λάθος του.

Επιπλέον, στα πλαίσια της εκπαιδευτικής πρακτικής της ανάπτυξης επιχειρηματολογίας από πλευράς των μαθητών (Mastrogiorgaki & Skoumios, 2018; NRC, 2012; Sampson & Grooms, 2009), διεξήγαμε στοχευμένες προσωπικές ημιδομημένες συνεντεύξεις σε μαθητές που δήλωσαν λανθασμένες διατροφικές συνήθειες για ζώα που ζουν κοντά στον άνθρωπο, όπως ο σκύλος και η γάτα, στοχεύοντας να εκμαιεύσουμε την αιτιολογημένη θεμελίωση των ισχυρισμών τους. Η μελέτη των απαντήσεων αυτών μας επέτρεψε να διερευνήσουμε τα αίτια της διαμόρφωσης λανθασμένων αντιλήψεων.

Η επιλογή της ενότητας του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος είναι ενδεικτική. Θα μπορούσαμε να είχαμε επιλέξει οποιαδήποτε άλλη ενότητα, όπως π.χ. με τι καλύπτεται το σώμα των ζώων (τρίχωμα, λέπια, πούπουλα, φολίδες, όστρακο, κέλυφος), το είδος ενός φυτού ανάλογα με το αν ρίχνει τα φύλλα του ή τα κρατά όλο τον χρόνο (φυλλοβόλο, αειθαλές), τη μορφή των υλικών σωμάτων (στερεά, υγρά, αέρια), κλπ. Στην περίπτωση επιλογής άλλης ενότητας, το περιεχόμενο των φύλλων εργασίας θα έπρεπε να διαμορφωθεί κατάλληλα, ώστε να εξετάζεται το αντικείμενό της. Ωστόσο, το πλήθος των ερωτημάτων θα έπρεπε να διατηρηθεί αμετάβλητο, ώστε να μπορεί να γίνει η ανάλυση των δεδομένων με τον τρόπο που προτείνουμε στην ενότητα που ακολουθεί.

Ανάλυση δεδομένων

Η κατανόηση του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος ελέγχθηκε από τις απαντήσεις των μαθητών στο Φύλλο εργασίας 1 και στο Φύλλο εργασίας 2. Ας σημειωθεί ότι, πριν την εφαρμογή του προτεινόμενου εργαλείου αξιολόγησης στη σχολική τάξη, φροντίσαμε να ενημερώσουμε τους εκπαιδευτικούς ποια ήταν τα 10 ζώα, στις διατροφικές συνήθειες των οποίων θα εστιάζαμε. Αυτό το κάναμε ώστε να είμαστε βέβαιοι ότι όλοι οι μαθητές που θα συμμετείχαν στην έρευνα θα είχαν τις ίδιες ευκαιρίες μάθησης στο υπό μελέτη θέμα. Διαφορετικό μαθησιακό υπόβαθρο θα μπορούσε να αποτελέσει εξωγενή παράγοντα που θα επηρέαζε τα αποτελέσματα της έρευνας.

Δεδομένου ότι το πλήθος των πιθανών διαφορετικών τιμών που προκύπτει μελετώντας συνδυαστικά τα αποτελέσματα των δύο φύλλων εργασίας είναι αρκετά μεγάλο, ομαδοποιήσαμε τα δεδομένα και επιλέξαμε μία αντιπροσωπευτική τιμή για κάθε ομάδα. Οι αντιπροσωπευτικές τιμές στις οποίες καταλήξαμε διαμορφώθηκαν βάσει της κλίμακας βαθμολογίας της Ε' και ΣΤ' τάξης του Δημοτικού, όπως αυτή ορίζεται στην υπουργική απόφαση, όπου αναφέρεται ότι: «Στις Ε' και ΣΤ' τάξεις Δημοτικού προβλέπεται περιγραφική αξιολόγηση σε συνδυασμό με κλίμακα Βαθμολογίας που είναι λεκτική και αριθμητική, ως ακολούθως: Άριστα (9-10), Πολύ καλά (7-8), Καλά (5-6), Σχεδόν καλά (<5.)» (Υπουργείο Παιδείας, 2017). Αν και η έρευνά μας αφορά στην Α' και Β' Δημοτικού, δανειζόμαστε την παραπάνω κλίμακα βαθμολογίας, δεδομένου ότι για την Α' και Β' Δημοτικού η ίδια υπουργική απόφαση προβλέπει μόνο περιγραφική αξιολόγηση.

Κατανόηση περιεχομένου	Λάθη	Επεξήγηση
Άριστη	0 - 1	Κανένα λάθος 1 κοινό λάθος 1 λάθος μόνο στο ένα φύλλο εργασίας
Πολύ καλή	2 - 3	2 ή 3 κοινά λάθη 2 - 3 λάθη στο ένα φύλλο εργασίας και λιγότερα κοινά στο άλλο από ένα διαφορετικό λάθος σε κάθε φύλλο εργασίας.
Καλή	4 - 5	4 - 5 κοινά λάθη 4 - 5 λάθη στο ένα φύλλο εργασίας και λιγότερα κοινά λάθη στο άλλο 2 - 3 διαφορετικά λάθη σε κάθε φύλλο εργασίας
Σχεδόν καλή	> 5	Οι υπόλοιπες περιπτώσεις

Πίνακας 1. Χαρακτηρισμοί κατανόησης περιεχομένου

Εφόσον κάθε φύλλο εργασίας ελέγχει τις διατροφικές συνήθειες 10 ζώων, θεωρούμε ότι ο μαθητής έχει κατανοήσει άριστα το περιεχόμενο αν δώσει εννέα ή 10 σωστές απαντήσεις, έχει κατανοήσει πολύ καλά το περιεχόμενο αν δώσει επτά ή οκτώ σωστές απαντήσεις κλπ. Όμως, επειδή εξετάζονται συνδυαστικά οι επιδόσεις των μαθητών στη συμπλήρωση των δύο φύλλων εργασίας, λαμβάνουμε υπόψη μας και τη συνέπεια κατά τη συμπλήρωσή τους. Πιο συγκεκριμένα, αν ο μαθητής καταγράψει λάθος διατροφική συνήθεια για ένα ζώο και είναι συνεπής σε αυτό το λάθος και στα δύο φύλλα εργασίας, τότε θεωρούμε ότι έχει κάνει ένα μόνο λάθος και, επομένως, έχει κατανοήσει άριστα το περιεχόμενο. Ομοίως, θεωρούμε ότι ο μαθητής έχει κατανοήσει άριστα το περιεχόμενο αν σε ένα από τα δύο φύλλα εργασίας έχει δώσει λανθασμένη απάντηση και σωστή στο άλλο, ή αν, φυσικά, δεν έχει κάνει κανένα λάθος. Αν όμως ο μαθητής δώσει από μία λανθασμένη απάντηση σε κάθε φύλλο εργασίας και οι λανθασμένες απαντήσεις δεν ταυτίζονται, αν δηλαδή δεν είναι συνεπής στα λάθη του, τότε θεωρούμε ότι έχει κάνει δύο λάθη και επομένως θεωρούμε ότι η επίδοσή του είναι πολύ καλή. Με αυτήν τη λογική συμπληρώθηκε ο Πίνακας 1, στον οποίο παρουσιάζονται οι δυνατές τιμές που μπορεί να πάρει η μεταβλητή «Κατανόηση περιεχομένου».

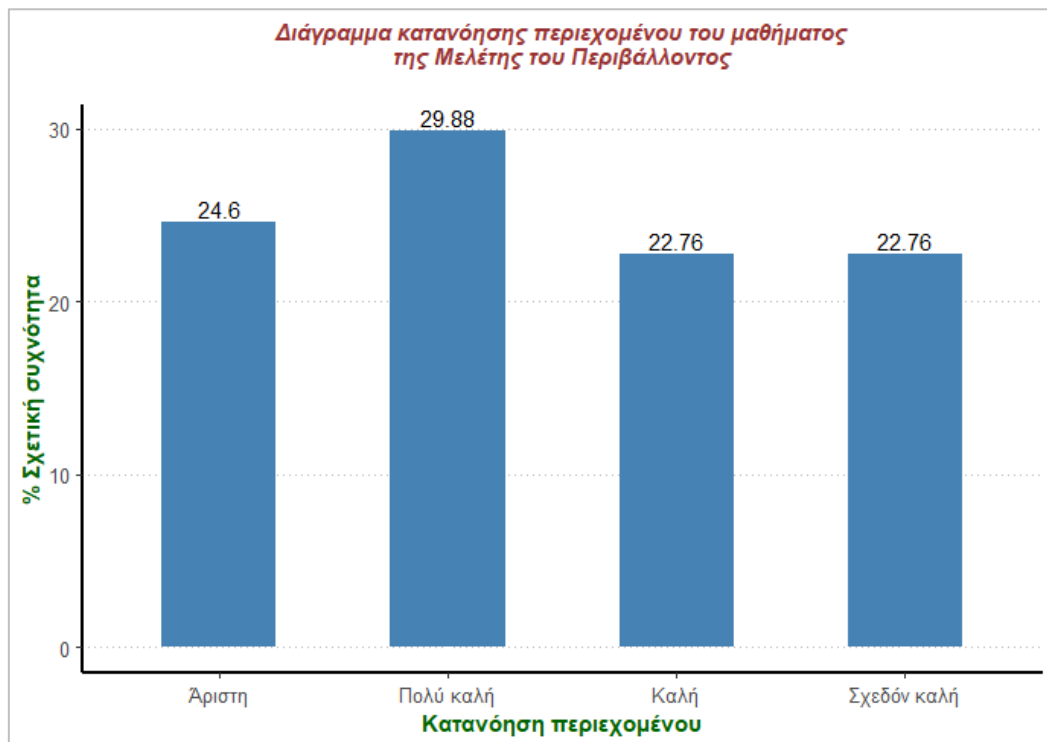
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Κατανομές συχνοτήτων

Όσον αφορά στην ανάδειξη των επιπέδων κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος, τα ευρήματά μας αποτυπώνονται στον Πίνακα 2 και στο Διάγραμμα 1.

Κωδικός	Κατανόηση περιεχομένου	Συχνότητα	Σχετική συχνότητα	% Σχετική συχνότητα
4	Άριστη	107	0.2460	24.60
3	Πολύ καλή	130	0.2988	29.88
2	Καλή	99	0.2276	22.76
1	Σχεδόν καλή	99	0.2276	22.76

Πίνακας 2. Κατανομή συχνοτήτων κατανόησης περιεχομένου του μαθήματος

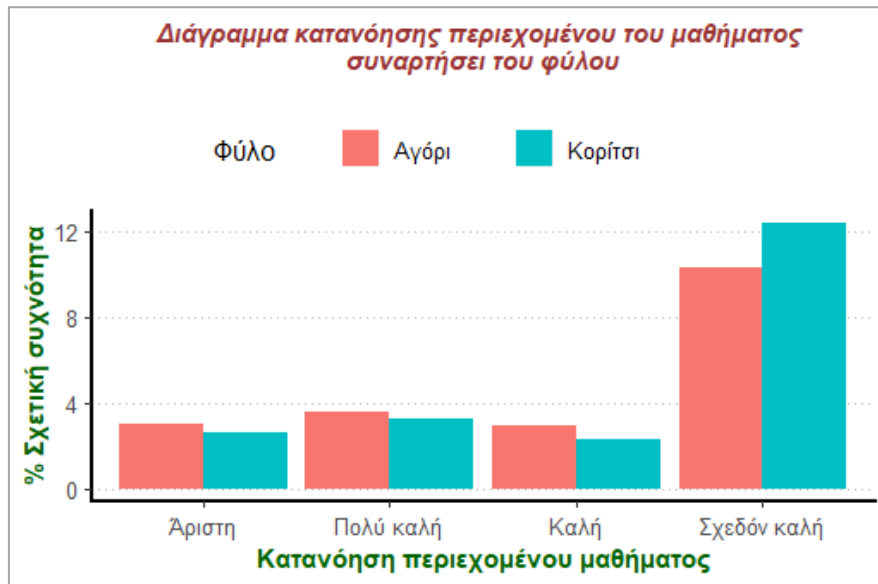


Διάγραμμα 1. Συχνότητες κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος

Η διαφοροποίηση των επιπέδων της κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος βάσει του φύλου των μαθητών (Α: Αγόρι, Κ: Κορίτσι) αποτυπώνεται στον Πίνακα 3 και στο Διάγραμμα 2.

Κωδικός	Κατανόηση περιεχομένου	Απόλυτη συχνότητα		Σχετική συχνότητα		% Σχετική συχνότητα	
		A	K	A	K	A	K
4	Άριστη	57	50	0.1310	0.1149	13.10	11.49
3	Πολύ καλή	68	62	0.1563	0.1425	15.63	14.25
2	Καλή	55	44	0.1264	0.1011	12.64	10.11
1	Σχεδόν καλή	45	54	0.1034	0.1241	10.34	12.41

Πίνακας 3. Κατανομή συχνοτήτων κατανόησης περιεχομένου του μαθήματος συναρτήσει του φύλου



Διάγραμμα 2. Συχνότητες κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος συναρτήσει του

Έλεγχος συσχέτισης μεταξύ των επιπέδων κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος και του φύλου των μαθητών

Οι έλεγχοι **συσχέτισης** έγιναν εφαρμόζοντας το chi-square test και υπολογίζοντας το p-value. Θέτουμε τη μηδενική υπόθεση (Y_0) και την εναλλακτική υπόθεση (Y_1):

Y_0 : «Τα επίπεδα κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος δεν **σχετίζονται** με το φύλο των μαθητών στις δύο πρώτες τάξεις του Δημοτικού».

Y_1 : «Τα επίπεδα κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος **σχετίζονται** με το φύλο των μαθητών στις δύο πρώτες τάξεις του Δημοτικού».

Ο Πίνακας 4 είναι ο πίνακας συνάφειας που προκύπτει βάσει των αποτελεσμάτων της έρευνας.

Κατανόηση περιεχομένου	Φύλο		Σύνολα
	Αγόρι	Κορίτσι	
Άριστη	57	50	107
Πολύ καλή	68	62	130
Καλή	55	44	99
Σχεδόν καλή	45	54	99
Σύνολα	225	210	435

Πίνακας 4. Πίνακας συνάφειας των παρατηρούμενων συχνοτήτων των επιπέδων κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος, συναρτήσει του φύλου

Οι αναμενόμενες συχνότητες αποτυπώνονται στον Πίνακα 5.

Κατανόηση περιεχομένου \ Φύλο	Αγόρι	Κορίτσι	Σύνολα
Άριστη	55.34483	51.65517	107
Πολύ καλή	67.24138	62.75862	130
Καλή	51.2069	47.7931	99
Σχεδόν καλή	51.2069	47.7931	99
Σύνολα	225	210	435

Πίνακας 5. Πίνακας συνάφειας αναμενόμενων συχνοτήτων των επιπέδων κατανόησης περιεχομένου του μαθήματος, συναρτήσεως του φύλου

Ο υπολογισμός του chi-square έγινε βάσει του τύπου $\sum \chi_{i-j}^2 = \frac{(O-E)^2}{E}$, όπου O είναι οι παρατηρούμενες συχνότητες και E οι αναμενόμενες συχνότητες (McHugh, 2013). Βάσει των πινάκων 4 και 5, προκύπτει ότι $\chi^2 = 2.2607$.

Οι βαθμοί ελευθερίας είναι $df = 3$.

Εναλλακτικά, ο υπολογισμός του p-value μπορεί να γίνει μέσω του στατιστικού εργαλείου R, χρησιμοποιώντας την εντολή `pchisq` (R κώδικας 1):

```
> pchisq(2.2607, df=3, lower.tail=FALSE)
```

R κώδικας 1. Υπολογισμός του p-value

Τελικά, το p έχει τιμή 0.5201. Εφόσον $p > 0.05$, επαληθεύεται η μηδενική υπόθεση και απορρίπτεται η εναλλακτική υπόθεση. Επομένως, σύμφωνα με τα δεδομένα της έρευνάς μας, δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των επιπέδων της κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος και του φύλου των μαθητών στις δύο πρώτες τάξεις του Δημοτικού.

Ας σημειωθεί ότι ακριβώς τα ίδια αποτελέσματα θα προέκυπταν με τη χρήση των κατάλληλων εντολών στο R, χωρίς να χρειαστεί να υπολογίσουμε οι ίδιοι τους πίνακες συνάφειας και το chi-square. Οι εντολές που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν είναι οι εξής (R κώδικας 2):

```
> M <- as.table(rbind(c(57, 68, 55, 45), c(50,62, 44, 54)))
> dimnames(M) <- list(gender = c("M", "F"), contentUnderstandingLevels = c("Excellent",
"Very good", "Good", "Almost good"))
> Xsq <- chisq.test(M) #prints test summary
> Xsq$observed # observed counts (same as M)
> Xsq$expected # expected counts
```

R κώδικας 2. Εφαρμογή chi-square test και υπολογισμός του πίνακα συνάφειας παρατηρούμενων και αναμενόμενων τιμών

Συζήτηση

Πριν εμβαθύνουμε στα αποτελέσματα, ας εστιάσουμε στη θεματική ενότητα που επιλέξαμε ως το πλαίσιο εφαρμογής της έρευνας, δηλαδή στις διατροφικές συνήθειες των ζώων. Ένα ζήτημα που θεωρούμε ότι αξίζει να συζητηθεί είναι εάν η εν λόγω θεματική ενότητα αφορά αποκλειστικά την επιστήμη της Βιολογίας και όχι την Περιβαλλοντική Επιστήμη. Αν και ένας τέτοιος ισχυρισμός έχει βάση, προφανώς παραβλέπει τον διεπιστημονικό χαρακτήρα της

Περιβαλλοντικής Επιστήμης. Η σπογγώδης εγκεφαλοπάθεια των βοοειδών (Bovine Spongiform Encephalopathy), κοινώς γνωστή ως νόσος των τρελών αγελάδων, είναι ένα παράδειγμα που αναδεικνύει τη σημασία του σεβασμού προς τις διατροφικές συνήθειες των ζώων, εφόσον η παραβίασή τους μπορεί να έχει καταστροφικές συνέπειες, τόσο για τα ίδια τα ζώα, όσο και για τους ανθρώπους. Η υιοθέτηση μη συμβατικών μεθόδων εκτροφής, σύμφωνα με τις οποίες φυτοφάγα θηλαστικά κατανάλωναν ζωοτροφές που περιείχαν μολυσμένο κρέας και οστεάλευρα ως πηγή πρωτεΐνης κρέατος, είχε ως αποτέλεσμα την αφύσικη μετατροπή των θηλαστικών αυτών σε σαρκοφάγα, για να μην πούμε σε κανίβαλους, πυροδοτώντας την κρίση των τρελών αγελάδων (Freeman, 2002 Washer, 2006). Η σπογγώδης εγκεφαλοπάθεια των βοοειδών ξεκίνησε στη Μεγάλη Βρετανία ως κτηνιατρικός εφιάλτης, μετατράπηκε σε πρόβλημα δημόσιας υγείας και εξελίχθηκε σε διεθνή κρίση με οικονομικές και πολιτικές προεκτάσεις, επηρεάζοντας ακόμη και τις σχέσεις μεταξύ της Ευρωπαϊκής Ένωσης και των Ηνωμένων Πολιτειών (Freeman, 2002). Έθεσε την ανθρώπινη υγεία σε υπέρμετρο κίνδυνο και εισήγαγε νέο περιβαλλοντικό ζήτημα, καθώς οι πρωτεΐνες prion - η αιτία της σπογγώδους εγκεφαλοπάθειας των βοοειδών - παραμένουν στο έδαφος για καιρό (Freeman, 2002; Washer, 2006). Με βάση τα παραπάνω, υποστηρίζουμε ότι η μελέτη των διατροφικών συνηθειών των ζώων είναι σημαντικό να πραγματοποιείται από τα πρώτα κιόλας στάδια της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, δεδομένου ότι αποτελεί ένα εξαιρετικό πλαίσιο για τη διαμόρφωση ηθικών, κοινωνικών και πολιτικών αξιών, ανοίγοντας δρόμο για την καλλιέργεια περιβαλλοντικής ηθικής.

Ένα θέμα που πρέπει επίσης να συζητηθεί πριν τον ενδελεχή σχολιασμό των αποτελεσμάτων της έρευνάς μας είναι το κατά πόσο η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση μπορεί να θεωρηθεί STEM πεδίο. Το θέμα εγείρεται δεδομένου ότι η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση δεν ανήκει στην ομάδα των λεγόμενων βασικών επιστημών (π.χ. μαθηματικά και φυσική). Ωστόσο, τα NGSS θέτουν αρκετά περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως ο ρόλος του νερού στις επιφανειακές διεργασίες της γης και οι επιπτώσεις των ανθρώπινων ενεργειών στα γήινα συστήματα και στην παγκόσμια κλιματική αλλαγή. Κατά συνέπεια, τα NGSS δέχονται ότι η Περιβαλλοντική Επιστήμη βρίσκεται κάτω από την ευρεία ομπρέλα του STEM. Ως εκ τούτου, στη συζήτηση που ακολουθεί θεωρήσαμε ασφαλές να μην αναφερθούμε μόνο σε έρευνες που εστιάζουν στην Περιβαλλοντική Επιστήμη, αλλά να επεκταθούμε και σε έρευνες που αφορούν σε STEM πεδία γενικότερα.

Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και φύλο

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα διεθνών ερευνών που παρουσιάσαμε στο θεωρητικό πλαίσιο, είναι ξεκάθαρο ότι οι προτιμήσεις των παιδιών, όσον αφορά στην ενασχόλησή τους με επιστημονικά πεδία, σχετίζονται άμεσα με το φύλο τους, με τα αγόρια να έχουν το προβάδισμα. Αυτό όμως συνεπάγεται και καλύτερες μαθησιακές επιδόσεις των αγοριών συγκριτικά με τα κορίτσια σε μαθήματα STEM;

Πρόσφατη έρευνα που έγινε σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (8^η και 9^η τάξη) στην Κίνα παρουσιάζει ευρήματα σύμφωνα με τα οποία τα αγόρια και τα κορίτσια μπορούν να έχουν εξίσου καλές μαθησιακές επιδόσεις σε μαθητοκεντρικές τάξεις εκμάθησης επιστημών (Jiang et al., 2021). Στην ίδια έρευνα φάνηκε ότι τα κορίτσια έχουν καλύτερη απόκριση στην παιδαγωγική των εκπαιδευτικών από ότι τα αγόρια. Αυτό εξηγείται από κοινωνικά στερεότυπα που προβάλλουν τη φροντίδα του νοικοκυριού ως βασική ευθύνη των γυναικών (Normile, 2006; Saujani, 2017), καλλιεργώντας στα κορίτσια την τάση να κρατούν χαμηλούς τόνους κατά τη διεκπεραίωση εργασιών. Έτσι, σε σύγκριση με τα αγόρια, τα κορίτσια είναι πιο πιθανό να συνεργαστούν με τους εκπαιδευτικούς και επομένως να έχουν θετικότερες αντιδράσεις στις οδηγίες τους (Jiang et al., 2021). Όμως, αυτό το εύρημα δεν φάνηκε να συνεπάγεται σημαντικά βελτιωμένες επιδόσεις των κοριτσιών στα μαθήματα εκμάθησης επιστημών (Jiang et al., 2021).

Η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας αναδεικνύει τους παράγοντες που επηρεάζουν τις στάσεις των κοριτσιών και νεαρών γυναικών απέναντι στα STEM πεδία. Σε έρευνα που έγινε στο Pittsburg και στην Bay Area (San Francisco) των Ηνωμένων Πολιτειών, με δείγμα 2900 μαθητών 6^{ης} και 8^{ης} τάξης, εξετάστηκε η αλληλεπίδραση ενδογενών και εξωγενών παραγόντων που συμβάλλουν στην υποκίνηση των κοριτσιών και των νεαρών γυναικών να επιδιώξουν να σταδιοδρομήσουν σε επιστημονικά πεδία (Vincent-Ruz & Schunn, 2017). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα κορίτσια, παρά την προθυμία τους να συμμετάσχουν σε επιστημονικές συζητήσεις και να βιώσουν επιστημονικές εμπειρίες, δεν λαμβάνουν επαρκή υποστήριξη από το περιβάλλον τους. Αυτό συνεπάγεται ότι θα πρέπει να έχουν ισχυρή πίστη στις δυνατότητές τους, ώστε να μπορέσουν να ασχοληθούν επιτυχώς με επιστημονικά πεδία (Vincent-Ruz & Schunn, 2017).

Οι παραπάνω έρευνες συμφωνούν ως προς την υποεκπροσώπηση των γυναικών σε STEM επαγγέλματα, καθώς και στη χαμηλή πρόθεσή τους να ασχοληθούν με αυτά τα πεδία, λόγω κοινωνικών στερεοτύπων. Ωστόσο, αναγνωρίζεται ότι δεν υπάρχει διαφοροποίηση ως προς τις ικανότητές τους να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις των STEM πεδίων. Στην πραγματικότητα, ξεκινώντας το σχολείο, τα κορίτσια δεν μειονεκτούν συγκριτικά με τα αγόρια στις επιδόσεις τους σε STEM πεδία. Όμως, κάποια στιγμή μέσα στην πρώτη τετραετία της σχολικής τους ζωής, οι ικανότητες των αγοριών στα STEM πεδία φαίνεται να αυξάνονται συγκριτικά με αυτές των κοριτσιών (Kahn & Ginther, 2017).

Ωστόσο, υπάρχουν και έρευνες οι οποίες εστιάζουν στην επίδραση του φύλου ειδικά στα μαθησιακά αποτελέσματα της μελέτης πεδίων της Περιβαλλοντικής Επιστήμης. Σε έρευνα που έγινε στην κομητεία Athens - Clarke της Georgia, στις ΗΠΑ, εξετάστηκαν οι επιπτώσεις ενός εξωσχολικού προγράμματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στους περιβαλλοντικούς προσανατολισμούς των παιδιών, βάσει του φύλου, της ηλικίας και της φυλετικής ομάδας που ανήκαν. Τα αποτελέσματα της έρευνας, στην οποία συμμετείχαν 113 μαθητές ηλικίας έξι έως 13 ετών, δεν ανέδειξαν διαφοροποίηση λόγω φύλου σε βασικούς περιβαλλοντικούς προσανατολισμούς (Larson et al., 2010).

Όσον αφορά στην έρευνά μας, τα αποτελέσματά της συμφωνούν με τα παραπάνω βιβλιογραφικά ευρήματα, σύμφωνα με τα οποία στην πρώτη σχολική ηλικία τα κορίτσια δεν έχουν ακόμα προλάβει να διαμορφώσουν αρνητική στάση απέναντι στην ενασχόληση με θέματα που άπτονται των STEM πεδίων και, επομένως, και της Περιβαλλοντικής Επιστήμης. Με άλλα λόγια, επικυρώνονται τα αποτελέσματα της έρευνάς μας ως προς τη μη συσχέτιση της κατανόησης του περιεχομένου του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος και του φύλου των μαθητών στις δύο πρώτες τάξεις του Δημοτικού.

Συγκρότηση επιχειρημάτων στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

Επιχειρώντας να προωθήσουμε και να υποστηρίξουμε την εξοικείωση των μαθητών με την επιστημονική επιχειρηματολογία, με απώτερο σκοπό την εξάσκησή τους στην αιτιολογημένη θεμελίωση ή στην επικύρωση ενός συμπεράσματος ή μίας εξήγησης (Sampson & Grooms, 2009), διεξήγαμε στοχευμένες ημιδομημένες προσωπικές συνεντεύξεις σε 25 μαθητές του δείγματος, που δήλωσαν λανθασμένες διατροφικές συνήθειες για ζώα που ζουν κοντά στον άνθρωπο (π.χ. σκύλος, γάτα). Οι συνεντεύξεις αυτές μας επέτρεψαν να διερευνήσουμε εάν οι μαθητές ήταν σε θέση να αιτιολογήσουν τις απαντήσεις που έδωσαν και να εντοπίσουμε το εφαλτήριο της δημιουργίας εσφαλμένων αντιλήψεων σχετικά με το υπό εξέταση θέμα. Ας σημειωθεί ότι στα πλαίσια αυτού του κειμένου δεν προβαίνουμε σε ανάλυση περιεχομένου των συνεντεύξεων και δεν παραθέτουμε κάποια αποσπάσματά τους, αλλά παρουσιάζουμε επιγραμματικά κάποια αρχικά συμπεράσματα που προέκυψαν μελετώντας τες.

Η επιχειρηματολογία που αναπτύχθηκε από τους μαθητές για την αιτιολόγηση των απαντήσεών τους βασίστηκε στα προσωπικά τους βιώματα και εμπειρίες. Χαρακτηριστική ήταν η απάντηση ενός μαθητή ο οποίος για να υποστηρίξει την άποψή του ότι ο σκύλος είναι

παμφάγο, μας είπε ότι στον σκύλο του αρέσει να τρώει κολοκυθάκια. Ένας άλλος μαθητής μας εξήγησε ότι θεωρεί ότι η γάτα είναι παμφάγο, επειδή έχει δει τη γάτα του να τρώει χορταράκια στον κήπο του σπιτιού του.

Θεωρούμε ότι οι προσωπικές εμπειρίες των μαθητών σχετικά με τις διατροφικές συνήθειες των ζώων θα μπορούσαν να είχαν αξιοποιηθεί στα πλαίσια εφαρμογής της πρακτικής της συγκρότησης τεκμηριωμένων επιχειρημάτων, εστιάζοντας στο τι γνωρίζουν οι μαθητές για τον κόσμο και το πώς αυτός λειτουργεί (Sampson & Grooms, 2009). Όμως, για να εμπλακούν οι μαθητές στην πρακτική της επιχειρηματολογίας με τρόπο παραγωγικό και ωφέλιμο για τους ίδιους, η εστίαση και η φύση της διδασκαλίας στη σχολική τάξη θα πρέπει να αλλάξει, δίνοντας έμφαση στην αξιοποίηση της πρότερης γνώσης και στο πώς η καινούρια γνώση δημιουργείται και αξιολογείται (Sampson & Grooms, 2009).

Περιορισμοί της μελέτης και μελλοντικά ερευνητικά σχέδια

Βασικός περιορισμός της μελέτης μας αφορά στον πληθυσμό της έρευνας, ο οποίος αποτελούνταν από μαθητές της πόλης του Ηρακλείου. Γι αυτόν ακριβώς τον λόγο, σχεδιάζουμε να επεκταθούμε ερευνητικά σε πανελλαδικό επίπεδο. Ένας ακόμα περιορισμός της έρευνάς μας είναι ότι εξετάσαμε τις επιδόσεις των μαθητών μόνο σε μία θεματική ενότητα του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος. Για αυτό και ερευνητική μας προτεραιότητα αποτελεί η επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων και σε άλλες θεματικές ενότητες (ΙΕΠ, 2021).

Επιπλέον, στα μελλοντικά μας ερευνητικά σχέδια συμπεριλαμβάνεται η αντικατάσταση των φύλλων εργασίας από παιχνιδιοκεντρικό εργαλείο αξιολόγησης, αξιοποιώντας τα εκπαιδευτικά οφέλη των έξυπνων φορητών συσκευών (Κανάκη κ.ά., 2022). Βασικός πυλώνας του εργαλείου αυτού θα είναι υπολογιστικό περιβάλλον, το οποίο έχουμε κατασκευάσει για τις ανάγκες της έρευνάς μας και έχουμε ήδη εφαρμόσει για την αξιολόγηση της υπολογιστικής σκέψης στα πλαίσια του μαθήματος της Μελέτης του Περιβάλλοντος (Kanaki et al., 2020; Kanaki & Kalogiannakis, 2018).

Τέλος, δεδομένης της σημασίας που αποδίδεται στην εκπαιδευτική πρακτική της συγκρότησης επιχειρημάτων, σχεδιάζουμε να διεξάγουμε εκτεταμένη έρευνα σχετικά με την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και τη δυνατότητα βελτίωσής τους στα πλαίσια της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, υποστηρίζοντας έτσι ένα ερευνητικό πεδίο εξαιρετικά επίκαιρο, αλλά ιδιαίτερα περιορισμένο (Mastrogiorgaki & Skoumios, 2018).

Συμπεράσματα

Η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση αποτελεί βασικό εργαλείο για την ευαισθητοποίηση των πολιτών σχετικά με τη λήψη μέτρων για την προστασία του περιβάλλοντος, την ανάπτυξη οικολογικής συνείδησης και τη διαφύλαξη της δημόσιας υγείας (Cruz et al., 2021). Στο άρθρο αυτό παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα έρευνάς μας σχετικά με: (α) τις επιδόσεις των μαθητών της Α΄ και Β΄ Δημοτικού στο μάθημα της Μελέτης του Περιβάλλοντος, βασικός πυλώνας του οποίου είναι η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και (β) τη συσχέτιση μεταξύ των μαθησιακών επιδόσεων στη Μελέτη του Περιβάλλοντος και του φύλου των μαθητών Α΄ και Β΄ Δημοτικού.

Εφαπτόμενο υλοποίησης της έρευνάς μας αποτέλεσε το γεγονός ότι η Περιβαλλοντική Εκπαίδευση γνωρίζει δυναμική ανάπτυξη σε ερευνητικό και πρακτικό επίπεδο, λόγω των διαρκών περιβαλλοντικών προκλήσεων (Ardoin & Bowers, 2020). Η προστιθέμενη αξία της έρευνάς μας σχετίζεται με τη συμβολή στην απομάκρυνση από την τεχνοκρατική εκπαίδευση και στην ανάδειξη της αξίας εκπαιδευτικών πλαισίων που εξετάζουν ζωτικής σημασίας παγκόσμια κοινωνικο-περιβαλλοντικά ζητήματα. Επιπλέον, επιβεβαιώνει την ανάγκη ενίσχυσης της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης στις δύο πρώτες τάξεις του Δημοτικού, ώστε να

καλλιεργηθούν εγκαίρως θετικές στάσεις και πεποιθήσεις ως προς την αειφορία και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα.

Αυτή η μελέτη αφορά όσους αναγνωρίζουν ότι η επιχειρηματολογία και ο επιστημονικός λόγος αποτελούν βασικές πτυχές της επιστημονικής εκπαίδευσης και έρευνας στον 21ο αιώνα (Lobczowski et al., 2020). Επίσης, αφορά όσους εκτιμούν την αξία των διεπιστημονικών εκπαιδευτικών σχημάτων, που ακολουθούν μια ανθρωπιστική παιδαγωγική προσέγγιση και αποκηρύττουν τη διείσδυση της τεχνοκρατικής λογικής στο εκπαιδευτικό γίγνεσθαι. Όντας ευαισθητοποιημένοι στη μάστιγα της περιβαλλοντικής υποβάθμισης, υποστηρίζουμε την υψηλού επιπέδου Περιβαλλοντική Εκπαίδευση ως μέσο δημιουργίας στάσεων και πεποιθήσεων για την προστασία του περιβάλλοντος, την οικολογία και την υγεία, στοχεύοντας στην αναχαίτιση τρεχόντων και στην αποφυγή μελλοντικών περιβαλλοντικών και υγειονομικών απειλών (Cruz et al., 2021).

Βιβλιογραφικές αναφορές

Ελληνόγλωσσα

- Αμπράζης, Α. (2021). *Καταγραφή των γνώσεων και της βασικής στάσης (Τυφλότητα/Plant Blindness) απέναντι στα φυτά: μια διηλικιακή μελέτη του φαινομένου σε εκπαιδευόμενους πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης* (Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας. Σχολή Κοινωνικών και Ανθρωπιστικών Επιστημών. Τμήμα Παιδαγωγικό Νηπιαγωγών).
- Δημητρίου, Α. (2014). Ο ρόλος των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία. Διαπιστώσεις και προοπτικές. Στο Π. Καριώτογλου & Π. Παπαδοπούλου (Επιμ.). *Φυσικές επιστήμες και περιβάλλον στην προσχολική εκπαίδευση. Αναζητήσεις και προτάσεις*, 44-58, Αθήνα: Gutenberg.
- Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ) Νέα Προγράμματα Σπουδών (2021). ΦΕΚ 5939, τεύχος 2, 16 Δεκεμβρίου 2021, *Πρόγραμμα Σπουδών Μελέτης Περιβάλλοντος*. Εμπειρογνώμονες: Επόπτης, Εκπονητές/τριες, Καλογιαννάκης, Μ. / Γούπος, Θ., Ιμβριώτη, Δ., Ιωακειμίδου, Β., Ριζάκη, Α., στο πλαίσιο της Πράξης «Αναβάθμιση των Προγραμμάτων Σπουδών και Δημιουργία Εκπαιδευτικού Υλικού Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης», του ΙΕΠ με MIS 5035542. (<http://iep.edu.gr/el/nea-ps-pronoli>).
- Κανάκη, Κ., & Καλογιαννάκης, Μ., & Ζαράνης, Ν. (2016). Εισαγωγή της υπολογιστικής σκέψης στην προσχολική και πρώτη σχολική ηλικία στο πλαίσιο της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Στο Α. Μικρόπουλος, Ν. Παπαχρήστος, Α. Τσιάρα, & Π. Χάλκη (Επιμ.). *Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»*, 407-410, ΕΤΠΕ - Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 23-25 Σεπτεμβρίου 2016.
- Κανάκη, Κ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2018). Δημιουργία ψηφιακών παιχνιδιών στα πλαίσια του μαθήματος της μελέτης του περιβάλλοντος. Στο Δ. Σταύρου, Α., Μιχαηλίδη & Α. Κοκολάκη (Επιμ.), *Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. 17-20, Χανιά, Ορθόδοξη Ακαδημία Κρήτης, ΠΤΔΕ, Εργαστήριο Διδακτικής Θετικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Κρήτης, ΕΝΕΦΕΤ, 10-12 Απριλίου 2017.
- Κανάκη, Κ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2019). Εισαγωγή της υπολογιστικής σκέψης και βασικών εννοιών του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού στην πρώτη σχολική ηλικία στα πλαίσια της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Στο Α. Σπύρτου, Π. Παπαδοπούλου, Α. Ζουπίδης, Γ. Μαλανδράκης & Π. Καριώτογλου (Επιμ.), *Πρακτικά 11^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην*

- Εκπαίδευση. «Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21^ο αι.», 1185-1187, Φλώρινα, Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, ΕΝΕΦΕΤ, 19-21 Απριλίου 2019.
- Καλογιαννάκης, Μ., & Ρεκούμη, Χ. (2014). Δημιουργία εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών για τη διδασκαλία γεωλογικών φαινομένων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας: η περίπτωση της διδασκαλίας των σπηλαίων. Στο Π. Καριώτογλου & Π. Παπαδοπούλου (Επιμ.), *Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον στην Προσχολική Εκπαίδευση*, 247-264, Αθήνα: Gutenberg.
- Καλογιαννάκης, Μ., & Ρεκούμη, Χ. (2013). Δημιουργία εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών για τη διδασκαλία γεωλογικών φαινομένων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας. Στο Στο Α. Δημητρίου (Επιμ.), *Πρακτικά του 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου για τις Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*, 221-230, Αλεξανδρούπολη, 3-5 Δεκεμβρίου 2010.
- Καλογιαννάκης, Μ., Ρεκούμη, Χ., & Πρωτοπαπάς, Δ. (2018). Δημιουργία εργαστηρίου φυσικών επιστημών για τη διδασκαλία γεωλογικών φαινομένων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας: η περίπτωση της διδασκαλίας των ορυκτών-πετρωμάτων. Στο Μ. Καλογιαννάκης (Επιμ.), *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση. Προκλήσεις και Προοπτικές*, 280-301, Αθήνα: Gutenberg.
- Καλογιαννάκης, Μ., Ρεκούμη, Χ. & Χατζηπαπάς, Κ. (2010). Ξεχασμένα φυσικά μνημεία και εκπαιδευτική αξιοποίησή τους στην περιβαλλοντική εκπαίδευση: η περίπτωση του ηφαιστείου Σουσάκι στο Ν. Κορινθίας. Στο Κ. Πλακίτση (Επιμ.), *Πρακτικά του 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Επιστήμη και Κοινωνία: Οι Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση*, 146-153, Ιωάννινα, 7-9 Νοεμβρίου 2008.
- Κανελλοπούλου, Μ., Φέρμελη, Γ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2021). Οι εναλλακτικές ιδέες μαθητών Γ' και Δ' Δημοτικού για τον Covid-19: Μια μελέτη περίπτωσης. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, 81, 97-127.
- Ντζούφρας, Ι., & Περπέρογλου, Α. (2009). Εισαγωγή στην Βιοστατιστική και την Επιδημιολογία. Ανακτήθηκε 10/09/2021 από www.samos.aegean.gr/actuar/zimste/notes/biostatistics-v4-0.pdf
- Πετρίδης, Δ. (2015). Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα. Λογιστική Παλινδρόμηση. Ανακτήθηκε 10/09/2021 από <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/2128>
- Ρεκούμη, Χ. & Καλογιαννάκης, Μ. (2016). Δημιουργία εργαστηρίου Φυσικών Επιστημών για τη διδασκαλία γεωλογικών φαινομένων σε παιδιά προσχολικής ηλικίας: η διδασκαλία της γεωποικιλότητας-βιοποικιλότητας. Στο Β. Τσελφές (Επιμ.), *Προσχολική ηλικία: οι φυσικές επιστήμες στην εκπαιδευτική σχέση παιδιών και εκπαιδευτικών*, 213-230, Αθήνα: Άρτεμις Πετροπούλου.
- Υπουργείο Παιδείας (2017). *Έντυπο ελέγχου προόδου μαθητών Δημοτικού σχολείου. ΦΕΚ 4358/τ.Β'/13-12-2017*. Αθήνα: Εθνικό Τυπογραφείο.

Ξενόγλωσση

- Amprazis, A., & Papadopoulou, P. (2020). Plant blindness: a faddish research interest or a substantive impediment to achieve sustainable development goals? *Environmental Education Research*, 26(8), 1065-1087. doi: 10.1080/13504622.2020.1768225
- Amprazis, A., & Papadopoulou, P. (2018). Primary school curriculum contributing to plant blindness: Assessment through the biodiversity perspective. *Advances in Ecological and Environmental Research*, 3(11), 238-256.
- Ardoin, N. M., & Bowers, A. W. (2020). Early childhood environmental education: A systematic review of the research literature. *Educational Research Review*, 100353. doi: 10.1016/j.edurev.2020.100353.

- Bell, R. L., & Clair, T. L. S. (2015). Too little, too late: Addressing nature of science in early childhood education. In *Research in early childhood science education* (pp. 125-141). Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/978-94-017-9505-0_6
- Blume-Kohout, M. (2014). Understanding the gender gap in STEM fields entrepreneurship. *US Small Business Administration Office of Advocacy Report*, (424). doi: 10.2139/ssrn.2506835
- Bybee, R. W. (2014). NGSS and the next generation of science teachers. *Journal of science teacher education*, 25(2), 211-221. doi: 10.1007/s10972-014-9381-4.
- Card, D., & Payne, A. A. (2021). High school choices and the gender gap in STEM. *Economic Inquiry*, 59(1), 9-28. doi: 10.3386/w23769
- Charlesworth, T. E., & Banaji, M. R. (2019). Gender in science, technology, engineering, and mathematics: Issues, causes, solutions. *Journal of Neuroscience*, 39(37), 7228-7243. doi: 10.1523/jneurosci.0475-18.2019
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2016). Math, science, and technology in the early grades. *The future of children*, 26(2), 75-94. doi: 10.1353/foc.2016.0013
- Cruz, T. L., Pinto, P. I. M., & Ferreira, A. H. J. (2021). Environmental Education as a Tool to Improve Sustainability and Promote Global Health: Lessons from the COVID-19 to Avoid Other Pandemics. In *COVID-19: Paving the Way for a More Sustainable World* (pp. 331-347). Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-030-69284-1_17
- Cunningham, B. C., Hoyer, K. M., & Sparks, D. (2015). Gender Differences in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Interest, Credits Earned, and NAEP Performance in the 12th Grade. Stats in Brief. NCES 2015-075. *National Center for Education Statistics*.
- Eshach, H., & Fried, M. N. (2005). Should science be taught in early childhood?. *Journal of Science Education and Technology*, 14(3), 315-336. doi: 10.1007/s10956-005-7198-9.
- Flores, I. M. (2015). Developing Preservice Teachers' Self-Efficacy through Field-Based Science Teaching Practice with Elementary Students. *Research in Higher Education Journal*, 27.
- Freeman, H. B. (2002). Trade Epidemic: the Impact of the Mad Cow Crisis on EU-US Relations. *BC Int'l & Comp L Rev*, 25(2), 343-371.
- Gerde, H. K., Schachter, R. E., & Wasik, B. A. (2013). Using the scientific method to guide learning: An integrated approach to early childhood curriculum. *Early childhood education journal*, 41(5), 315-323. doi: 10.1007/s10643-013-0579-4.
- Giri, V., & Paily, M. U. (2020). Effect of scientific argumentation on the development of critical thinking. *Science & Education*, 29(3), 673-690. doi: 10.1007/s11191-020-00120-y
- Grammenos, D., Paramythis, A., & Stephanidis, C. (2000). Designing the user interface of an interactive learning environment for children. In C. Stephanidis (Ed.), Proceedings of the ERCIM WG UI4ALL one-day joint workshop with i3 Spring Days 2000 on BInteractive Learning Environments for Children, Athens, Greece, 3 March 2000.
- Hadzigeorgiou, Y., & Skoumios, M. (2013). The Development of Environmental Awareness through School Science: Problems and Possibilities. *International Journal of Environmental and Science Education*, 8(3), 405-426.
- Hines, J. M., Hungerford, H. R., & Tomera, A. N. (1987). Analysis and synthesis of research on responsible environmental behavior: A meta-analysis. *The Journal of environmental education*, 18(2), 1-8.
- Kahn, S., & Ginther, D. (2017). *Women and STEM* (No. w23525). National Bureau of Economic Research. doi: 10.3386/w23525.
- Kanaki, K., & Kalogiannakis, M. (2018). Introducing fundamental object-oriented programming concepts in preschool education within the context of physical science

- courses. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2673-2698. doi: 10.1007/s10639-018-9736-0
- Kanaki, K., Kalogiannakis, M., Poulakis, E., & Politis, P. (2022). Employing mobile technologies to investigate the association between abstraction skills and performance in environmental studies in early primary school. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*. (under publication).
- Kanaki, K., Kalogiannakis, M., & Stamovlasis, D. (2020). Assessing Algorithmic Thinking Skills in Early Childhood Education: Evaluation in Physical and Natural Science Courses. In *Handbook of Research on Tools for Teaching Computational Thinking in P-12 Education* (pp. 104-139). IGI Global. doi: 10.4018/978-1-6684-2411-7.ch024
- Kuhn, D. (1992). Thinking as argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155-179. doi: 10.17763/haer.62.2.9r424r0113t670l1
- Jiang, T., Chen, J. G., & Wu, Y.Y. (2021). Impact Of Instruction On Science Performance: Learning Initiative As A Mediator And Gender As A Limited Moderator. *Journal of Baltic Science Education*, 20(1), 50. doi: 10.33225/jbse/21.20.50
- Larson, L. R., Castleberry, S. B., & Green, G. T. (2010). Effects of an Environmental Education Program on the Environmental Orientations of Children from Different Gender, Age, and Ethnic Groups. *Journal of Park & Recreation Administration*, 28(3).
- Legewie, J., & DiPrete, T. A. (2011). High school environments, stem orientations, and the gender gap in science and engineering degrees. *SSRN Electronic Journal*. doi: 10.2139/ssrn.2008733.
- Liou, P. Y., Wang, C. L., Lin, J. J., & Areepattamannil, S. (2020). Assessing students' motivational beliefs about learning science across grade level and gender. *The Journal of Experimental Education*, 1-20. doi: 10.1080/00220973.2020.1721413
- Lobczowski, N. G., Allen, E. M., Firetto, C. M., Greene, J. A., & Murphy, P. K. (2020). An exploration of social regulation of learning during scientific argumentation discourse. *Contemporary Educational Psychology*, 63, 101925. doi: 10.1016/j.cedpsych.2020.101925
- Makarova, E., Aeschlimann, B., & Herzog, W. (2019). The gender gap in STEM fields: The impact of the gender stereotype of math and science on secondary students' career aspirations. In *Frontiers in Education* (Vol. 4, p. 60). Frontiers. doi: 10.3389/educ.2019.00060
- Manz, E., Lehrer, R., & Schauble, L. (2020). Rethinking the classroom science investigation. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(7), 1148-1174. doi: 10.1002/tea.21625
- Mandrikas, A., Stavrou, D., & Skordoulis, C. (2017). Teaching air pollution in an authentic context. *Journal of Science Education and Technology*, 26(2), 238-251. doi: 10.1007/s10956-016-9675-8.
- Mastrogiorgaki, M., & Skoumios, M. (2018). Improving the structure of students' arguments through a teaching-learning sequence on Newton's 2nd law. *European Journal of Education Studies*, 5(5), 1-11. doi: 10.5281/zenodo.1468987.
- McFarlane, D. A. (2013). Understanding the challenges of science education in the 21st century: New opportunities for scientific literacy. *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, 4(1), 35-44. doi: 10.18052/www.scipress.com/ilshs.4.35.
- McHugh, M. L. (2013). The chi-square test of independence. *Biochemia medica*, 23(2), 143-149. doi: 10.11613/bm.2013.018
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2006, April). Supporting students' construction of scientific explanation through generic versus context-specific written scaffolds. In *annual meeting of the American educational research association, San Francisco*.

- Motoki, K., Saito, T., & Takano, Y. (2021). Scientific literacy linked to attitudes toward COVID-19 vaccinations: A pre-registered study. *Frontiers in Communication*, 6, 145. doi: 10.31234/osf.io/sfp5z.
- National Research Council (NRC), 2012. A Framework for K–12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas. Washington, DC: National Academies Press.
- Normile, D. (2006). Getting women scientists back on the career track in Japan. *Science*, 311(5765), 1235-1236. doi: 10.1126/science.311.5765.1235
- Noroozi, O., Weinberger, A., Biemans, H. J., Mulder, M., & Chizari, M. (2012). Argumentation-based computer supported collaborative learning (ABCSCCL): A synthesis of 15 years of research. *Educational Research Review*, 7(2), 79-106. doi: 10.1016/j.edurev.2011.11.006
- Nussbaum, E. M. (2008). Collaborative discourse, argumentation, and learning: Preface and literature review. *Contemporary Educational Psychology*, 33(3), 345-359. doi: 10.1016/j.cedpsych.2008.06.001
- Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. doi: 10.1007/s10972-014-9384-1.
- Patrick, H., & Mantzicopoulos, P. (2015). Young children's motivation for learning science. In *Research in early childhood science education* (pp. 7-34). Springer, Dordrecht. doi: 10.1007/978-94-017-9505-0_2.
- Piasta, S. B., Logan, J. A., Pelatti, C. Y., Capps, J. L., & Petrill, S. A. (2015). Professional development for early childhood educators: Efforts to improve math and science learning opportunities in early childhood classrooms. *Journal of educational psychology*, 107(2), 407-422. doi: 10.1037/a0037621
- Quinn, C. E., & Cohen, M. (2021). Using COVID-19 to Teach Sustainability Futures Thinking. In *COVID-19: Paving the Way for a More Sustainable World* (pp. 411-426). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-69284-1_21
- Raabe, I. J., Boda, Z., & Stadtfeld, C. (2019). The social pipeline: How friend influence and peer exposure widen the STEM gender gap. *Sociology of Education*, 92(2), 105-123. doi: 10.1177/0038040718824095
- Radford, A. W., Fritch, L. B., Leu, K., & Duprey, M. (2018). High School Longitudinal Study of 2009 (HSL: 09) Second Follow-Up: A First Look at Fall 2009 Ninth-Graders in 2016. NCES 2018-139. *National Center for Education Statistics*.
- Ravanis, K. (2017). Early childhood science education: State of the art and perspectives. *Journal of Baltic Science Education*, 16(3), 284-288.
- Rhodes, F. H. (2010). Science as a liberal art. *Science and the educated American: A core component of liberal education*, 23-40.
- Sampson, V., & Grooms, J. (2009). Promoting and supporting scientific argumentation in the classroom: The evaluate-alternatives instructional model. *Science Scope*, 33(1), 66.
- Saujani, R. (2017). Girl code. *Scientific American*, 317(3), 66-69. doi: 10.1038/scientificamerican0917-66
- Schleicher, A., Zimmer, K., Evans, J., & Clements, N. (2009). PISA (2009). Assessment Framework: Key Competencies in Reading, Mathematics and Science. OECD Publishing (NJ1).
- Skoumios, M., & Balia, C. (2020). Studying the Structure of Primary School Students' Written Arguments on Electric Circuits. *Science Education International*, 31(3), 304-312. doi: 10.33828/sei.v31.i3.9
- Spector, J. M., & Park, S. W. (2012). Argumentation, critical reasoning, and problem solving. In *The role of criticism in understanding problem solving* (pp. 13-33). Springer, New York, NY. doi: 10.1007/978-1-4614-3540-2_2

- Stoet, G., & Geary, D. C. (2018). The gender-equality paradox in science, technology, engineering, and mathematics education. *Psychological science*, 29(4), 581-593. doi: 10.1177/0956797617741719.
- Topic arrangements of the NGSS (2022). Retrieved from <https://www.nextgenscience.org/overview-topics>. Accessed December 12, 2021.
- Trundle, K. C. (2010). Teaching science during the early childhood years. *Best practices and research base*. UK: National Geographic Learning / Cengage.
- Vincent-Ruz, P., & Schunn, C. D. (2017). The increasingly important role of science competency beliefs for science learning in girls. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(6), 790-822. doi: 10.1002/tea.21387
- Wambsganss, T., Niklaus, C., Cetto, M., Söllner, M., Handschuh, S., & Leimeister, J. M. (2020). AL: An adaptive learning support system for argumentation skills. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1-14). doi: 10.1145/3313831.3376732.
- Washer, P. (2006). Representations of mad cow disease. *Social science & medicine*, 62(2), 457-466. doi: 10.1016/j.socscimed.2005.06.001
- Watters, J. J., Diezmann, C. M., Grieshaber, S. J., & Davis, J. M. (2001). Enhancing science education for young children: A contemporary initiative. *Australasian Journal of Early Childhood*, 26(2), 1-7.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Zimmerman, C. (2000). The development of scientific reasoning skills. *Developmental Review*, 20(1), 99-149. doi: 10.1006/drev.1999.0497

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Φύλλο εργασίας 1. Κατανόηση περιεχομένου μαθήματος

Η γάτα		είναι
Η αγελάδα	είναι	
	Το γουρούνι	είναι
Το πρόβατο		είναι
	Το άλογο	είναι
Ο σκύλος	είναι	
	Η κότα	είναι
Το κουνέλι		είναι
Το λιοντάρι	είναι	
	Το περιστέρι	είναι

Φύλλο εργασίας 2. Εντοπισμός λαθών

<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Η γάτα		είναι σαρκοφάγο
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Η αγελάδα		είναι σαρκοφάγο 
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Το γουρούνι	είναι παμφάγο
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Το πρόβατο		είναι φυτοφάγο
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Το άλογο	είναι σαρκοφάγο
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ο σκύλος		είναι σαρκοφάγο 
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Η κότα	είναι παμφάγο
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Το κουνέλι		είναι φυτοφάγο
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Το λιοντάρι		είναι φυτοφάγο 
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Το περιστέρι	είναι φυτοφάγο

Βιβλιογραφική αναφορά

Κανάκη, Λ., Καλογιαννάκης, Μ. (2022). Επιστημονικός γραμματισμός και Περιβαλλοντική Εκπαίδευση στην πρώτη σχολική ηλικία. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, ΘΕΜΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ 84: 43-64. Ανακτήθηκε από <http://www.lib.uoi.gr/serp/>

Αξιολογώντας μεθόδους μαθησιακής υποστήριξης στη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων: ο ευθύς και ο αντίστροφος σχεδιασμός με παρακινήσεις αναστοχασμού

Ιωάννης – Στυλιανός Λαφαζάνης¹, Μιχαήλ Σκουμιός²

Περίληψη: Η εργασία αυτή επικεντρώνεται σε μια πρακτική των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, τη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων. Ειδικότερα, διερευνά την επίδραση δύο μεθόδων μαθησιακής υποστήριξης των μαθητών για τη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» και του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού», στην ποιότητα των αναφορών που συγκροτούν οι μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου για τη διαστολή των υγρών. Χρησιμοποιήθηκε οιοσδήποτε πειραματικός σχεδιασμός και στην έρευνα συμμετείχαν 96 μαθητές της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου. 48 μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν διερευνήσεις με χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού και αναφορών (φύλλων εργασίας) που βασίζονταν στη μαθησιακή υποστήριξη του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» (πειραματική ομάδα), ενώ άλλοι 48 μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν τις ίδιες διερευνήσεις με χρήση του ίδιου εκπαιδευτικού λογισμικού και αναφορών που βασίζονταν στη μαθησιακή υποστήριξη του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» (ομάδα ελέγχου). Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσε το περιεχόμενο 264 αναφορών των μαθητών. Η ανάλυση των αναφορών πραγματοποιήθηκε με μια κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων που αξιολογεί σε επίπεδα διαστάσεις της πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι η μέθοδος της μαθησιακής υποστήριξης του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» επέφερε σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα (αναφορικά με την ποιότητα των αναφορών των μαθητών) συγκριτικά με τη μέθοδο του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού».

Λέξεις κλειδιά: σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, ευθύς σχεδιασμός, αντίστροφος σχεδιασμός, πρακτικές Φυσικών Επιστημών και Μηχανικής, διαστολή των υγρών, δημοτικό σχολείο

Evaluating scaffolding methods in planning and carrying out investigations: forward and backward design with reflective prompts

Ioannis – Stylianos Lafazanis, Michael Skoumios

Abstract: This study focuses on "designing and carrying out investigations", one of science and engineering practices. In particular, it investigates the way the two scaffolding methods for designing and carrying out investigations, the "forward design with reflective prompts" and the "backward design with reflective prompts", affect the quality of 5th grade elementary school students' lab reports to fluid expansion. Quasi-experimental design was used, with a sample of 96 elementary school of 5th grade. 48 students designed and conducted investigations using educational software and lab reports (work sheets) based on "backward design with reflective prompts" scaffolding method (experimental group), while the other 48 students designed and conducted the same investigations using the same educational software and lab reports based on "forward design with reflective prompts" scaffolding method (control group). The data of this research was the content of 264 students' lab reports. For the analysis of the students' lab reports' content, a grading rubric that evaluates in levels the dimensions of the science practice that concerns the planning and carrying out investigations was used. The analysis of the data

¹ Ιωάννης – Στυλιανός Λαφαζάνης: Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης

² Μιχαήλ Σκουμιός: Αν. Καθηγητής Π.Τ.Δ.Ε., Πανεπιστημίου Αιγαίου

showed that the scaffolding method of "backward design with reflective prompts" brought statistically significant better results (in terms of the overall quality of students' lab reports) compared to the scaffolding method of "forward design with reflective prompts".

Keywords: *planning and carrying out investigations, forward design, backward design, science and engineering practices, liquid expansion, elementary school*

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο ευρύτερο πεδίο ερευνών που μελετούν μεθόδους μαθησιακής υποστήριξης των μαθητών για την ανάπτυξη πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής. Συγκεκριμένα, εστιάζεται στην πρακτική της σχεδίασης και πραγματοποίησης διερευνήσεων.

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έχει επισημανθεί η ανάγκη για την ανάπτυξη πρακτικών των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής από τους μαθητές. Οι πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αποτελούν μια από τις τρεις διαστάσεις του νέου πλαισίου για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες που προτάθηκε από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ (NRC, 2012). Ο όρος πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής αναφέρεται στις κύριες πρακτικές, με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες, καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον φυσικό κόσμο και οι Μηχανικοί καθώς σχεδιάζουν και κατασκευάζουν συστήματα (NGSS Lead States, 2013). Έχει επισημανθεί ότι η χρήση αυτών των πρακτικών από τους μαθητές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τις ιδέες και τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών (Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007). Σε αυτές τις πρακτικές συμπεριλαμβάνεται η σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων (NGSS Lead States, 2013). Μέσω αυτής επιδιώκεται οι μαθητές να είναι ικανοί να εκφέρουν ερωτήματα και υποθέσεις, να πραγματοποιούν έλεγχο των μεταβλητών, να επινοούν και να περιγράφουν τις πειραματικές διαδικασίες που θα ακολουθήσουν προκειμένου να απαντήσουν στα ερωτήματα, να αποφασίζουν τα υλικά και τα εργαλεία για τις μετρήσεις τους και να καθορίζουν ποια δεδομένα και πόσα χρειάζονται για να καταλήξουν σε ασφαλή συμπεράσματα (NRC, 2012). Όμως, οι διαδικασίες σχεδίασης διερευνήσεων από μαθητές έχουν υψηλό γνωστικό φορτίο (Kirschner, Sweller, & Clark, 2006) και οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες όσο αφορά τις παραπάνω διαδικασίες (Duggan & Gott, 2000; Khishfe & Lederman, 2006). Επίσης, έχει επισημανθεί, πως στη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων οι μαθητές χρειάζονται κατάλληλη μαθησιακή υποστήριξη (Morgan & Brooks, 2012).

Μια τυπική διαδικασία σχεδίασης μιας διερεύνησης περιλαμβάνει κατά σειρά τα ακόλουθα: πρόβλημα/σκοπός, υλικά και κανόνες ασφάλειας, διαδικασία, δεδομένα, αποτελέσματα, ανάλυση και συζήτηση των σφαλμάτων («ευθύς σχεδιασμός»). Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, το γνωστικό φορτίο για τον μαθητή είναι μεγάλο (Kirschner et al., 2006). Αντίθετα, στον «αντίστροφο σχεδιασμό» επιδιώκεται να μειωθούν οι πληροφορίες που πρέπει να συγκρατήσει ο μαθητής στη βραχύχρονη μνήμη σε κάθε βήμα της σχεδίασης μιας διερεύνησης. Η σειρά που προτείνεται να ακολουθείται στον «αντίστροφο σχεδιασμό» ξεκινάει πρώτα από τα δεδομένα, συνεχίζει με τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί και τέλος με τα υλικά που θα χρειαστούν (Detters, 2009; Morgan & Brooks, 2012). Επιπρόσθετα, οι Puntambekar και Kolodner (2005) και Norman (1991) έχουν επισημάνει την ανάγκη να διακόπτεται η εργασία των μαθητών κατά τη διαδικασία σχεδίασης μιας διερεύνησης με σκοπό τον αναστοχασμό.

Όμως, η έρευνα που μελετά τη συμβολή διαφορετικών μεθόδων μαθησιακής υποστήριξης κατά τη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών είναι περιορισμένη (Kirschner et al., 2006, Detters, 2009, Morgan

& Brooks, 2012). Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην επίδραση δύο μεθόδων μαθησιακής υποστήριξης στις πρακτικές των μαθητών του δημοτικού σχολείου που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων όπως αυτές αποτυπώνονται στο περιεχόμενο των αναφορών (φύλλων εργασίας) που συμπληρώνουν οι μαθητές κατά τη σχεδίαση διερευνήσεων.

Θεωρητικό πλαίσιο

Σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων

Το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των Η.Π.Α. πρότεινε ένα πλαίσιο για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, που αποτελείται από τρεις διαστάσεις (πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής, βασικές ιδέες, εγκάρσιες έννοιες), τις οποίες όλοι οι μαθητές πρέπει να κατακτήσουν μέχρι το τέλος της υποχρεωτικής τους εκπαίδευσης (NRC, 2012). Η πρώτη διάσταση αποτελεί τις πρακτικές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής. Ειδικότερα, έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ πρακτικές (NRC, 2012): α) υποβολή ερωτημάτων και καθορισμός προβλημάτων, β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, στ) συγκρότηση εξηγήσεων και επίλυση προβλημάτων, ζ) εμπλοκή με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία, η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην τρίτη από τις παραπάνω πρακτικές και πιο συγκεκριμένα στην πρακτική που αφορά στη σχεδίαση διερευνήσεων. Έχει επισημανθεί ότι στην κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών συμβάλλει η εμπλοκή των μαθητών με τα στάδια και την πορεία μιας διερεύνησης (Osborne, 2014). Η πρακτική αυτή κρίνεται αναγκαία και για την κατανόηση από τους μαθητές στοιχείων της φύσης της επιστήμης (Pearson et al., 2010). Επιπρόσθετα, η εμπλοκή των μαθητών με τη σχεδίαση διερευνήσεων συμβάλλει στην ανάπτυξη της ικανότητάς τους να παράγουν τεκμηριωμένες εξηγήσεις (Duschl & Bybee, 2014). Μέσω της πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση διερευνήσεων επιδιώκεται οι μαθητές να είναι ικανοί να εκφέρουν ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις, να πραγματοποιούν έλεγχο των μεταβλητών (αναγνωρίζοντας την ανεξάρτητη μεταβλητή, την εξαρτημένη μεταβλητή και τις μεταβλητές ελέγχου) και να επινοούν και να περιγράφουν τις πειραματικές διαδικασίες που θα ακολουθήσουν προκειμένου να απαντήσουν στα ερωτήματα (Osborne, 2014). Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τους Ebenezer, Kaya και Ebenezer (2011), μέσω της πρακτικής αυτής επιδιώκεται οι μαθητές να είναι ικανοί να χρησιμοποιούν τις κατάλληλες διατάξεις και τα όργανα μέτρησης, να λαμβάνουν υπόψη τις προφυλάξεις ασφαλείας και να διεξάγουν επαρκή αριθμό επαναλαμβανόμενων δοκιμών για την επικύρωση των αποτελεσμάτων.

Μαθησιακή υποστήριξη για τη σχεδίαση διερευνήσεων

Η σχεδίαση διερευνήσεων από τους μαθητές είναι ιδιαίτερα απαιτητική και για αυτό έχει επισημανθεί ότι χρειάζονται κατάλληλη μαθησιακή υποστήριξη (Morgan & Brooks, 2012). Ο όρος μαθησιακή υποστήριξη αναφέρεται στην κατάλληλη βοήθεια που πρέπει να προσφερθεί στον μαθητή, ώστε αυτός να είναι ικανός να πετύχει ένα συγκεκριμένο στόχο, που δεν θα ήταν εφικτό να πραγματοποιηθεί χωρίς αυτή τη βοήθεια (Sharpe, 2006). Η έννοια της μαθησιακής υποστήριξης σχετίζεται με την έννοια της «ζώνης επικείμενης ανάπτυξης» (Shepard, 2005, Holton & Clarke, 2006, Sharpe, 2006). Η ζώνη αυτή αντιστοιχεί στην απόσταση ανάμεσα στο πραγματικό αναπτυξιακό επίπεδο, όπως αυτό καθορίζεται από την ανεξάρτητη επίλυση προβλημάτων και στο επίπεδο της εν δυνάμει ανάπτυξης, όπως αυτό καθορίζεται από την επίλυση προβλημάτων κάτω από την καθοδήγηση των ενηλίκων ή σε συνεργασία με πιο ικανούς συνομηλίκους (Vygotsky, 1978). Η μαθησιακή υποστήριξη αφορά στη βοήθεια που χρειάζεται ο μαθητής, προσεκτικά ισορροπημένη μεταξύ της «υπερβολικής» υποστήριξης

(που καταλήγει να κάνει μια δραστηριότητα να γίνει εύκολη για τον μαθητή) και της «ελάχιστης» υποστήριξης (που καταλήγει να κάνει μια δραστηριότητα γνωστικά υπερφορτωμένη και να επιφέρει απογοήτευση στο μαθητή), ώστε ο μαθητής να πετύχει να πραγματοποιήσει μια δραστηριότητα που εντάσσεται στη ζώνη επικείμενης ανάπτυξής του (Morgan & Brooks, 2012). Ανάμεσα στις μεθόδους μαθησιακής υποστήριξης για την σχεδίαση διερευνήσεων από τους μαθητές, συμπεριλαμβάνονται οι ακόλουθες: (α) μέθοδος του «ευθύ σχεδιασμού» και (β) μέθοδος του «αντίστροφου σχεδιασμού».

Ευθύς και αντίστροφος σχεδιασμός

Κατά τη σχεδίαση μιας διερεύνησης συνήθως ακολουθείται η παρακάτω σειρά: πρόβλημα/σκοπός, υλικά και κανόνες ασφαλείας, διαδικασία, δεδομένα, αποτελέσματα, ανάλυση και μερικές φορές συζήτηση των σφαλμάτων. Αυτή είναι και η σειρά που ακολουθείται στον «ευθύ σχεδιασμό» μιας διερεύνησης, δηλαδή η σχεδίαση ξεκινά πρώτα με τα υλικά που θα χρειαστούν και τους κανόνες ασφαλείας της διαδικασίας, συνεχίζει με τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί και τέλος με τα δεδομένα που πρέπει να συλλέξει ο μαθητής (Morgan & Brooks, 2012).

Επειδή κατά τη σχεδίαση μιας διερεύνησης με την παραπάνω διαδικασία το γνωστικό φορτίο για τον μαθητή θεωρείται μεγάλο, έχει προταθεί να ακολουθηθεί μια διαφορετική σειρά στο σχεδιασμό μιας διερεύνησης (Deters, 2009, Morgan & Brooks, 2012). Το γνωστικό φορτίο σχετίζεται με τον τρόπο που πρέπει να παρουσιάζονται οι οδηγίες και οι δραστηριότητες με τις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές ώστε να μεγιστοποιηθεί η επίδοσή τους. Τα περί του γνωστικού φορτίου βασίζονται στη γνώση της ανθρώπινης νοητικής αρχιτεκτονικής, ιδιαίτερα της βραχύχρονης μνήμης και της μακροπρόθεσμης μνήμης. Στη βραχύχρονη μνήμη πραγματοποιείται η επεξεργασία πληροφοριών και η κατασκευή νέων γνώσεων (Kalyuga & Singh, 2016). Η μακροπρόθεσμη μνήμη αποτελεί κυρίως ένα αποθετήριο γνώσεων στο οποίο κατηγοριοποιούνται οι πληροφορίες (Kalyuga & Singh, 2016). Η βραχύχρονη μνήμη «ανασύρει» πληροφορίες οι οποίες είναι αποθηκευμένες στη μακροπρόθεσμη μνήμη. Η ικανότητα ενός ατόμου να επεξεργάζεται πληροφορίες περιορίζεται από την ικανότητα της βραχύχρονης μνήμης του (Deters, 2009). Διακρίνονται τρεις διαφορετικοί τύποι γνωστικού φορτίου: το εσωτερικό ή εγγενές, το εξωτερικό και το σχετικό. Το εσωτερικό ή εγγενές (intrinsic) γνωστικό φορτίο σχετίζεται με την πολυπλοκότητα και τα χαρακτηριστικά της γνώσης περιεχομένου που πρέπει να μάθει ο μαθητής. Το εξωτερικό (extraneous) γνωστικό φορτίο είναι το φορτίο που σχετίζεται με το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιείται για την παρουσίαση αυτής της γνώσης περιεχομένου. Τέλος, το σχετικό (germane) γνωστικό φορτίο αναφέρεται στο φορτίο που επιβάλλεται από τις διαδικασίες μάθησης, το οποίο δημιουργεί, επεξεργάζεται και αυτοματοποιεί τα σχήματα που αποθηκεύονται στη μακροπρόθεσμη μνήμη (Martin, 2012, Kalyuga & Singh, 2016). Αν το εξωτερικό γνωστικό φορτίο είναι υψηλό, εμποδίζεται η μάθηση. Πρέπει να ενισχύεται το εσωτερικό γνωστικό φορτίο, όταν αυξάνεται η πολυπλοκότητα και η δυσκολία του γνωστικού αντικειμένου, μειώνοντας το εξωτερικό. Επίσης, όταν το εξωτερικό και το εσωτερικό φορτίο μιας εργασίας αγγίζει ή υπερβαίνει τα όρια της βραχύχρονης μνήμης, δεν υπάρχει χώρος για το σχετικό φορτίο και η μάθηση παρεμποδίζεται (Morgan & Brooks, 2012).

Στον «αντίστροφο σχεδιασμό» επιδιώκεται να μειωθούν οι πληροφορίες που πρέπει να συγκρατήσει ο μαθητής σε κάθε βήμα της διερευνητικής διαδικασίας στη βραχύχρονη μνήμη. Όπως προαναφέρθηκε, το εσωτερικό γνωστικό φορτίο αναφέρεται στη δυσκολία της εργασίας που πρέπει να φέρουν εις πέρας οι μαθητές. Αυτός ο φόρτος ελαττώνεται, όταν η εργασία μοιραστεί σε μικρότερες επιμέρους εργασίες, αφού το εσωτερικό γνωστικό φορτίο του κάθε μέρους δεν θα υπερβαίνει την χωρητικότητα της βραχύχρονης μνήμης. Αυτό μπορεί να γίνει, απαντώντας οι μαθητές σε ερωτήσεις που αφορούν σε κάθε συστατικό στοιχείο της

διερεύνησής τους (υλικά και κανόνες ασφαλείας, διαδικασία, δεδομένα) σε βήματα. Έτσι, το φύλλο εργασίας με τις απαντήσεις τους λειτουργεί σαν «εξωτερική μνήμη», όπου συγκρατούνται οι πληροφορίες που αφορούν το κάθε βήμα. Παρόλα αυτά, οι μαθητές πρέπει να διατηρούν πληροφορίες, σχετικά με τις μελλοντικές επιμέρους εργασίες, στη βραχύχρονη μνήμη τους· αφού για παράδειγμα δεν μπορούν να γνωρίζουν τι εξοπλισμό θα χρησιμοποιήσουν, εάν δεν έχουν σχεδιάσει πρώτα τι θα κάνουν (Deters, 2009). Η σειρά, που προτείνεται να ακολουθείται στον «αντίστροφο σχεδιασμό», ξεκινά πρώτα από τα δεδομένα, συνεχίζει με τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί και τέλος με τα υλικά που θα χρειαστούν, ώστε να μειωθεί το εσωτερικό γνωστικό φορτίο (Morgan and Brooks, 2012). Ειδικότερα, αρχικά ζητείται από τους μαθητές να αναφερθούν στα δεδομένα που χρειάζεται να συλλέξουν. Έπειτα, τους ζητείται να αναφέρουν, με τι μετρήσεις ή παρατηρήσεις θα μπορούσαν να συλλέξουν αυτά τα δεδομένα. Στη συνέχεια, τους ζητείται να αναφέρουν, πώς θα μπορούσαν να πραγματοποιήσουν αυτές τις μετρήσεις ή τις παρατηρήσεις.

Παρακινήσεις αναστοχασμού

Οι Puntambekar και Kolodner (2005) και Norman (1991) έχουν επισημάνει την ανάγκη να διακόπτεται η εργασία των μαθητών με σκοπό τον αναστοχασμό. Οι «παρακινήσεις αναστοχασμού» αναφέρονται σε ερωτήσεις, που παρακινούν τον μαθητή να σταματήσει τη ροή της εργασίας του και να αναστοχαστεί πάνω σε βήματα των διαδικασιών που ακολουθεί. Έτσι, αυξάνεται η ενσωμάτωση της νέας γνώσης στα ήδη διαμορφωμένα γνωστικά σχήματα του μαθητή (Davis, 2003). Ο τύπος της υποστήριξης του αναστοχασμού ή των πρακτικών αυτορρύθμισης (self-regulatory) μπορεί να αυξήσει το γνωστικό φορτίο του μαθητή και συνεπώς να μειωθεί η ποιότητα, είτε του πρωταρχικού στόχου είτε των απαντήσεων στις «παρακινήσεις αναστοχασμού» (Winne, 1995, Manlove, Lazonder & de Jong, 2007). Αυτό γίνεται, όταν οι παρακινήσεις αναστοχασμού είναι εξειδικευμένες και πλαισιωμένες (δηλαδή σε συγκεκριμένα σημεία της σχεδίασης μιας διερεύνησης). Οι γενικές (generic) «παρακινήσεις αναστοχασμού» (σε κάποια στάδια της διερεύνησης) φαίνεται να είναι πιο αποτελεσματικές, ακόμα και στους μαθητές που είναι αδύναμοι στον αναστοχασμό (Morgan & Brooks, 2012).

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προέκυψε πως οι μαθητές συνήθως δεν είναι εξοικειωμένοι με τη σχεδίαση διερευνήσεων και φαίνεται πως δεν έχουν αναπτυγμένες πρακτικές που αφορούν στη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων και υποθέσεων, στην πραγματοποίηση του ελέγχου των μεταβλητών και στον καθορισμό και την περιγραφή των πειραματικών διαδικασιών (White & Frederiksen, 1998, Chen & Klahr, 1999, Gijlers & De Jong, 2005, Chang et al., 2011, McElhanev & Linn, 2011). Η διαπίστωση αυτή μπορεί να αποδοθεί στο ότι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών σπάνια παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές να σχεδιάζουν διερευνήσεις, αφού συνήθως εμπλέκονται με «προσχεδιασμένες» από τους εκπαιδευτικούς πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες τους δίνονται τα όργανα και τα υλικά καθώς και η πειραματική διαδικασία με οδηγίες βήμα προς βήμα (Rönnebeck et al., 2016).

Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι η σχεδίαση διερευνήσεων μέσω του «ευθύ σχεδιασμού» φαίνεται να αποτελεί πολύπλοκη διαδικασία με πολλά εμπόδια για τους μαθητές (White & Frederiksen, 1998, Chen & Klahr, 1999, Vellom & Anderson, 1999, So, 2003, Gijlers & De Jong, 2005, Chang et al., 2011, McElhanev & Linn, 2011). Οι μαθητές χρειάζονται την κατάλληλη μαθησιακή υποστήριξη ώστε να ξεπεράσουν αυτά τα εμπόδια (Morgan & Brooks, 2012) και μάλιστα διαφορετικό είδος υποστήριξης για κάθε πρακτική (Toth et al., 2002). Έχει υποστηριχθεί ότι η μαθησιακή υποστήριξη του «αντίστροφου σχεδιασμού» για τη σχεδίαση διερευνήσεων αποτελεί μια πιο αποτελεσματική μέθοδο σε σύγκριση με τη μαθησιακή υποστήριξη του «ευθύ σχεδιασμού» (Deters, 2009, Morgan & Brooks, 2012).

Όσο αφορά τις «παρακινήσεις αναστοχασμού», έχει επισημανθεί η ανάγκη να διακόπτεται η εργασία των μαθητών με σκοπό τον αναστοχασμό (Norman, 1991, Puntambekar & Kolodner, 2005), ενώ έχει διαπιστωθεί ότι η παρακίνηση των μαθητών για αναστοχασμό αυξάνει την ενσωμάτωση της γνώσης (Davis, 2003).

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες που μελετούν τις πρακτικές των μαθητών να σχεδιάζουν και να πραγματοποιούν διερευνήσεις. Όμως, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που διερευνά τη συμβολή διαφορετικών μεθόδων μαθησιακής υποστήριξης κατά τη σχεδίαση διερευνήσεων στα μαθησιακά αποτελέσματα των μαθητών (Kirschner et al., 2006, Deters, 2009, Morgan & Brooks, 2012, van Riesen et al., 2018). Ειδικότερα, έχουν πραγματοποιηθεί έρευνες που εστιάζουν στη μέθοδο μαθησιακής υποστήριξης του «αντίστροφου σχεδιασμού» (Deters, 2009, Morgan & Brooks, 2012) και στη μέθοδο των «παρακινήσεων αναστοχασμού» (Davis, 2003; Deters, 2009; Morgan & Brooks, 2012). Οι έρευνες αυτές αφορούν κυρίως σε μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ απουσιάζουν έρευνες στις οποίες να εμπλέκονται μαθητές των τάξεων του δημοτικού σχολείου. Επιπλέον, απουσιάζουν έρευνες που να συγκρίνουν την αποτελεσματικότητα της μεθόδου μαθησιακής υποστήριξης του «ευθύ σχεδιασμού» σε συνδυασμό με τις «παρακινήσεις αναστοχασμού», με αυτή του «αντίστροφου σχεδιασμού» σε συνδυασμό με τις «παρακινήσεις αναστοχασμού».

Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στην επίδραση μεθόδων μαθησιακής υποστήριξης στις πρακτικές των μαθητών του δημοτικού σχολείου, που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων και ειδικότερα στο περιεχόμενο των φύλλων εργασίας που συμπληρώνουν οι μαθητές κατά τη σχεδίαση και πραγματοποίησης διερευνήσεων (ερευνητικών αναφορών). Σκοπός της παρούσας εργασίας, είναι η διερεύνηση της συμβολής δύο μεθόδων μαθησιακής υποστήριξης για σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» και του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού», στην ποιότητα των ερευνητικών αναφορών που συγκροτούν οι μαθητές της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου.

Ειδικότερα, η εργασία αυτή επιδιώκει να απαντήσει τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

(α) Ποια η συμβολή της μαθησιακής υποστήριξης του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» για σχεδίαση διερευνήσεων στην ποιότητα των ερευνητικών αναφορών των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

(β) Ποια η συμβολή της μαθησιακής υποστήριξης του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» για σχεδίαση διερευνήσεων στην ποιότητα των ερευνητικών αναφορών των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

(γ) Υπάρχει διαφοροποίηση στην ποιότητα των ερευνητικών αναφορών των μαθητών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου ανάμεσα στις δύο παραπάνω μαθησιακές υποστηρίξεις για σχεδίαση διερευνήσεων;

Μεθοδολογία

Ερευνητική διαδικασία και συμμετέχοντες

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε οιονεί πειραματικός σχεδιασμός με 96 μαθητές (τεσσάρων τμημάτων) της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Ειδικότερα, 48 μαθητές αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου και 48 μαθητές την πειραματική ομάδα.

Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση συγκροτήθηκε ένα ερωτηματολόγιο για την αξιολόγηση των πρακτικών των μαθητών που

αφορούν τη σχεδίαση διερευνήσεων, ώστε να διερευνηθεί η ύπαρξη διαφοροποιήσεων των δύο ομάδων πάνω στην πρακτική της σχεδίασης και πραγματοποίησης διερευνήσεων. Επιπλέον, σχεδιάστηκε το εκπαιδευτικό υλικό το οποίο περιλάμβανε τα φύλλα εργασίας και το λογισμικό με την προσομοίωση και τις παρακινήσεις αναστοχασμού. Το εκπαιδευτικό υλικό εφαρμόστηκε πιλοτικά σε 6 μαθητές, ώστε να αξιολογηθούν και να δοκιμαστούν τα φύλλα εργασίας και το λογισμικό, που θα χρησιμοποιηθούν στην κύρια έρευνα. Επίσης, τα φύλλα εργασίας δόθηκαν σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ώστε να ελεγχθούν για την πληρότητα και τη σαφήνιά τους. Μετά την ολοκλήρωση της πρώτης φάσης πραγματοποιήθηκαν οι κατάλληλες αλλαγές και διορθώσεις.

Η δεύτερη φάση, η οποία είναι και η κύρια έρευνα, πραγματοποιήθηκε σε τρία δίωρα για κάθε ομάδα (ένα δίωρο για κάθε διερεύνηση). Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου σχεδίασαν και πραγματοποίησαν τρεις διερευνήσεις με χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού και φύλλων εργασίας (ερευνητικών αναφορών) που βασιζόνταν στη μαθησιακή υποστήριξη του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού», ενώ οι μαθητές της πειραματικής ομάδας σχεδίασαν και πραγματοποίησαν τις ίδιες διερευνήσεις με χρήση του ίδιου εκπαιδευτικού λογισμικού και φύλλων εργασίας που βασιζόνταν στη μαθησιακή υποστήριξη του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού». Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσε το περιεχόμενο των 264 ερευνητικών αναφορών των μαθητών.

Εκπαιδευτικό υλικό

Το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε περιλαμβάνει το εκπαιδευτικό λογισμικό LEVL, που δημιουργήθηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας και τα φύλλα εργασίας (ερευνητικές αναφορές) για κάθε διερεύνηση.

Το εκπαιδευτικό λογισμικό LEVL (Liquid Expansion Virtual Laboratory) χρησιμοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας έρευνας, ώστε να παρέχεται η μαθησιακή υποστήριξη των «παρακινήσεων αναστοχασμού» συγχρόνως με το εικονικό πείραμα - προσομοίωση στην οθόνη του υπολογιστή. Είναι ένα λογισμικό-κέλυφος που φιλοξενεί τη διαδραστική προσομοίωση shockwave flash applet με θέμα την διαστολή των υγρών και παραθέτει στο κάτω μέρος τις παρακινήσεις αναστοχασμού για κάθε ερώτηση του φύλλου εργασίας, ενώ αναπτύχθηκε εξολοκλήρου στο Visual Studio (ver. 15.9.5) και σε γλώσσα VB.NET.

Η διαδραστική προσομοίωση αναπαριστά δύο ογκομετρικά δοχεία και αποσκοπεί στην οπτικοποίηση της συστολής και διαστολής δυο υγρών, που βρίσκονται σε διαφορετικά δοχεία. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει διάφορες παραμέτρους που μπορούν να επηρεάσουν την διαστολή του υγρού. Αυτές οι παράμετροι είναι η θερμοκρασία, η χωρητικότητα κάθε δοχείου και το είδος του υγρού σε κάθε δοχείο. Η δυσκολία του συγκεκριμένου λογισμικού έγκειται στο ότι είναι σχεδιασμένο για την δευτεροβάθμια εκπαίδευση και συγκεκριμένα για τις τάξεις του γυμνασίου, αφού περιέχει σύμβολα για τα διάφορα μεγέθη, με τα οποία δεν είναι εξοικειωμένα οι μαθητές του δημοτικού. Γι' αυτό τον λόγο, μετά την πιλοτική εφαρμογή της, έγινε παρέμβαση στον κώδικα του .swf αρχείου (shockwave), για την αλλαγή και απλούστευση κάποιων συμβόλων (Παράρτημα 1).

Οι «παρακινήσεις αναστοχασμού» αναφέρονται σε ερωτήσεις και υποδείξεις, που παρακινούν τον μαθητή να σταματήσει τη ροή της εργασίας του και να αναστοχαστεί πάνω σε βήματα των διαδικασιών που ακολουθεί. Οι παρακινήσεις που χρησιμοποιήθηκαν βασίστηκαν στις εργασίες των Deters (2009) και Morgan και Brooks (2012). Για κάθε ερώτηση του φύλλου εργασίας αντιστοιχεί και μια παρακίνηση αναστοχασμού. Στο Παράρτημα 1 παρουσιάζεται η παρακίνηση αναστοχασμού που αφορά την διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος από τον μαθητή.

Τα φύλλα εργασίας (ερευνητικές αναφορές) ακολουθούσαν τη λογική σχεδίασης και πραγματοποίησης διερευνήσεων και διαμορφώθηκαν με βάση τα φύλλα εργασίας από την

εργασία των Μουτζούρη και Σκουμιού (2015) που αναφέρονται στη σχεδίαση διερευνήσεων από τους μαθητές, προσαρμοσμένα για την εννοιολογική περιοχή της διαστολής των υγρών. Παραδείγματα των φύλλων εργασίας παρατίθενται στα Παραρτήματα 2 και 3.

Για κάθε μία από τις δύο ομάδες (πειραματική και ομάδα ελέγχου), αντιστοιχούσαν τρία φύλλα εργασίας τα οποία αποτελούσαν τις τρεις διερευνήσεις. Κάθε φύλλο εργασίας ξεκινούσε με ένα εισαγωγικό κείμενο-πρόβλημα και οι μαθητές καλούνταν να απαντήσουν σε επτά ερωτήσεις, η σειρά των οποίων εξαρτιόταν από την ομάδα τους και ποιον σχεδιασμό ακολουθούσαν. Η πειραματική διάταξη περιλάμβανε ένα αυτοσχέδιο θερμόμετρο που περιλάμβανε ένα σωληνάκι με υγρό και ένα δοχείο που περιλάμβανε ζεστό νερό. Ειδικότερα, η Διερεύνηση 1 εστιαζόταν στο αν η θερμοκρασία του νερού που υπάρχει στο δοχείο επηρεάζει τη διαστολή του υγρού μέσα στο σωληνάκι. Η Διερεύνηση 2 αφορούσε στο αν το είδος του υγρού επηρεάζει τη διαστολή του. Η Διερεύνηση 3 αφορούσε στο αν η ποσότητα του υγρού που υπάρχει στο δοχείο επηρεάζει τη διαστολή του υγρού μέσα στο σωληνάκι.

Στον ευθύ σχεδιασμό οι ερωτήσεις που υπήρχαν στο φύλλο εργασίας αφορούσαν με τη σειρά: (α) τη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος, (β) τη διατύπωση υπόθεσης, (γ) την αναγνώριση των μεταβλητών, (δ) την καταγραφή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν, (ε) την καταγραφή της πειραματικής διαδικασίας, (στ) την καταγραφή των μετρήσεων και (ζ) τη διατύπωση του συμπεράσματος.

Στον αντίστροφο σχεδιασμό οι ερωτήσεις αφορούσαν με τη σειρά: (α) τη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος, (β) τη διατύπωση υπόθεσης, (γ) την αναγνώριση των μεταβλητών, (δ) την καταγραφή των μετρήσεων, (ε) την καταγραφή της πειραματικής διαδικασίας, (στ) την καταγραφή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν και (ζ) τη διατύπωση του συμπεράσματος.

Ανάλυση δεδομένων

Η ποιοτική ανάλυση των ερευνητικών αναφορών των μαθητών πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια μιας κλίμακας διαβαθμισμένων κριτηρίων (Deters, 2009), προσαρμοσμένη στις ανάγκες της παρούσας έρευνας, που αξιολογεί (σε επίπεδα) τις απαντήσεις των μαθητών για τα επιμέρους στοιχεία μιας διερεύνησης (βλ. Πίνακα 1).

ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ	ΕΠΙΠΕΔΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
Ερευνητικό ερώτημα	1	Το ερώτημα είναι άσχετο με το πρόβλημα ή δεν έχουν οριστεί οι μεταβλητές.
	2	Το ερώτημα είναι σχετικό με το πρόβλημα αλλά κάπως ασαφές (π.χ. λείπει κάποια μεταβλητή ή δεν έχει καθοριστεί επαρκώς)
	3	Το ερώτημα είναι σχετικό με το πρόβλημα και σαφές. Η εξαρτημένη και ανεξάρτητη μεταβλητή καθορίζονται σωστά.
Υπόθεση	1	Η υπόθεση είναι άσχετη με το ερώτημα.
	2	Η υπόθεση περιλαμβάνει μόνο πρόβλεψη.
	3	Η υπόθεση περιλαμβάνει πρόβλεψη και η αιτιολόγησή της δεν βασίζεται στη σχολική γνώση.

	4	Η υπόθεση περιλαμβάνει πρόβλεψη και η αιτιολόγησή της βασίζεται στη σχολική γνώση.
Μεταβλητές και σταθερές	1	Μία ή περισσότερες μεταβλητές δεν έχουν καθοριστεί και πολλές σημαντικές σταθερές δεν αναφέρονται.
	2	Μία ή περισσότερες μεταβλητές δεν έχουν καθοριστεί ή πολλές σημαντικές σταθερές δεν αναφέρονται.
	3	Όλες οι μεταβλητές είναι σωστά καθορισμένες. Οι σημαντικές σταθερές έχουν αναγνωρισθεί.
Υλικά	1	Ορισμένα υλικά δεν περιγράφονται κατάλληλα ή δεν περιγράφονται καθόλου.
	2	Τα περισσότερα από τα υλικά και ο τρόπος χρήσης τους στην πειραματική δραστηριότητα περιγράφονται κατάλληλα.
	3	Όλα τα υλικά και ο τρόπος χρήσης τους στο πείραμα περιγράφονται κατάλληλα και με σαφήνεια.
Πειραματική διαδικασία: Μορφή	1	Δεν παρουσιάζονται επαρκώς τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας
	2	Τα βήματα της διαδικασίας δεν είναι σε μια καθορισμένη σειρά και/ή κάθε βήμα δεν περιγράφεται με μια πλήρη πρόταση.
	3	Η διαδικασία περιγράφεται σε σαφώς καθορισμένα βήματα. Κάθε βήμα είναι αριθμημένο και περιγράφεται με μια πλήρη πρόταση.
Πειραματική διαδικασία: Σχεδίαση	1	Λείπουν τρία από τα εξής στοιχεία: (α) παρέχονται αρκετές λεπτομέρειες ώστε να μπορεί να επαναληφθεί η διαδικασία, (β) αναφέρονται τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και σε τι διαφέρουν μεταξύ τους, (γ) αναφέρεται ο τρόπος χρήσης των υλικών, (δ) αναφέρονται οι μετρήσεις που πρέπει να καταγραφούν.
	2	Λείπουν δύο από τα εξής στοιχεία: (α) παρέχονται αρκετές λεπτομέρειες ώστε να μπορεί να επαναληφθεί η διαδικασία, (β) αναφέρονται τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και σε τι διαφέρουν μεταξύ τους, (γ) αναφέρεται ο τρόπος χρήσης των υλικών, (δ) αναφέρονται οι μετρήσεις που πρέπει να καταγραφούν.
	3	Λείπει ένα από τα εξής στοιχεία: (α) παρέχονται αρκετές λεπτομέρειες ώστε να μπορεί να επαναληφθεί η διαδικασία, (β) αναφέρονται τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και σε τι διαφέρουν μεταξύ τους, (γ) αναφέρεται ο τρόπος χρήσης των υλικών, (δ) αναφέρονται οι μετρήσεις που πρέπει να καταγραφούν.
	4	Δεν λείπει κανένα από τα εξής στοιχεία: (α) παρέχονται αρκετές λεπτομέρειες ώστε να μπορεί να επαναληφθεί η διαδικασία, (β) αναφέρονται τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν και σε τι διαφέρουν μεταξύ τους, (γ)

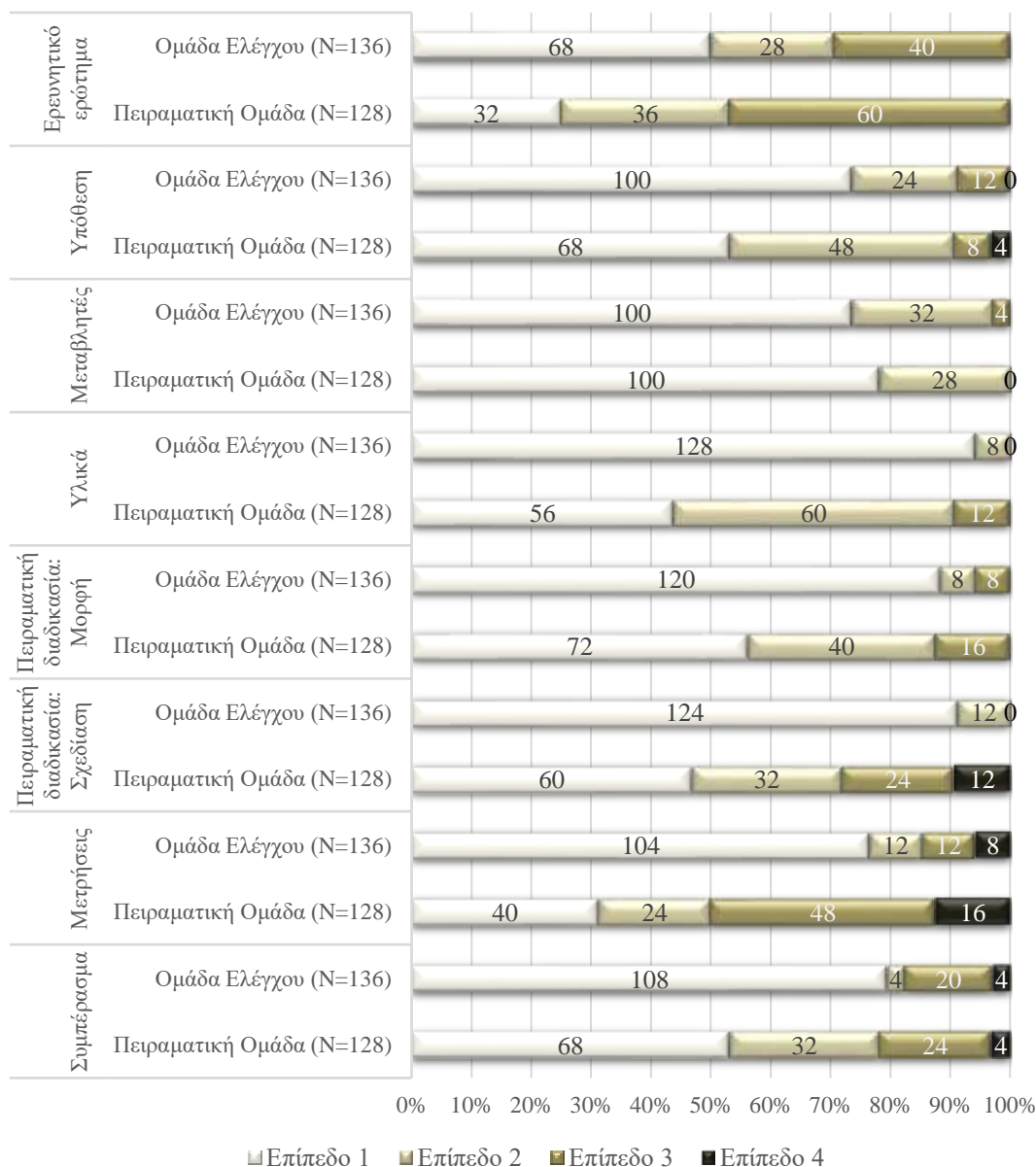
		αναφέρεται ο τρόπος χρήσης των υλικών, (δ) αναφέρονται οι μετρήσεις που πρέπει να καταγραφούν.
Δεδομένα	1	Λείπουν τρία από τα εξής στοιχεία: (α) υπάρχουν οι κατάλληλες μονάδες μέτρησης, (β) αποδίδονται ορθά οι αριθμοί, (γ) τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι κατάλληλα για το πρόβλημα, (δ) τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι ακριβή.
	2	Λείπουν δύο από τα εξής στοιχεία: (α) υπάρχουν οι κατάλληλες μονάδες μέτρησης, (β) αποδίδονται ορθά οι αριθμοί, (γ) τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι κατάλληλα για το πρόβλημα, (δ) τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι ακριβή.
	3	Λείπει ένα από τα εξής στοιχεία: (α) υπάρχουν οι κατάλληλες μονάδες μέτρησης, (β) αποδίδονται ορθά οι αριθμοί, (γ) τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι κατάλληλα για το πρόβλημα, (δ) τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι ακριβή.
	4	Δεν λείπει κανένα από τα εξής στοιχεία: (α) υπάρχουν οι κατάλληλες μονάδες μέτρησης, (β) αποδίδονται ορθά οι αριθμοί, (γ) τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι κατάλληλα για το πρόβλημα, (δ) τα δεδομένα που λαμβάνονται είναι ακριβή.
Συμπέρασμα	1	Το συμπέρασμα είναι ακατάλληλο.
	2	Λείπουν δύο από τα εξής στοιχεία: (α) δόθηκε απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα, (β) αναφέρεται η εξαρτημένη και η ανεξάρτητη μεταβλητή, (γ) αναφέρεται το πόσο μεταβάλλεται η μία μεταβλητή σχέση με την άλλη.
	3	Λείπει ένα από τα εξής στοιχεία: (α) δόθηκε απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα, (β) αναφέρεται η εξαρτημένη και η ανεξάρτητη μεταβλητή, (γ) αναφέρεται το πόσο μεταβάλλεται η μία μεταβλητή σχέση με την άλλη.
	4	Δεν λείπει κανένα από τα εξής στοιχεία: (α) δόθηκε απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα, (β) αναφέρεται η εξαρτημένη και η ανεξάρτητη μεταβλητή, (γ) αναφέρεται το πόσο μεταβάλλεται η μία μεταβλητή σχέση με την άλλη.

Πίνακας 1. Τα επιμέρους στοιχεία μιας διερεύνησης, τα επίπεδά τους και η περιγραφές τους.

Αποτελέσματα

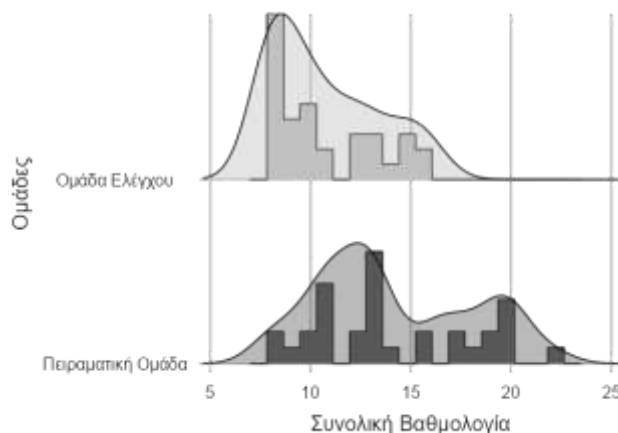
Στο Γράφημα 1 παρουσιάζεται η επίδοση των μαθητών συνολικά για τις τρεις διερευνήσεις ανά επίπεδο των απαντήσεών τους, σε κάθε επιμέρους στοιχείο που αφορά στη σχεδίαση διερευνήσεων. Όσο αφορά τη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος, τη διατύπωση της υπόθεσης, την καταγραφή των υλικών, τη σχεδίαση και τη μορφή της πειραματικής διαδικασίας, την καταγραφή των δεδομένων και τη διατύπωση του συμπεράσματος, προέκυψε πως η ομάδα ελέγχου συγκέντρωσε υψηλότερα ποσοστά στα χαμηλότερα επίπεδα απαντήσεων, ενώ η πειραματική ομάδα συγκέντρωσε υψηλότερα ποσοστά στα υψηλότερα

επίπεδα απαντήσεων. Στην αναγνώριση των μεταβλητών και οι δύο ομάδες συγκέντρωσαν παρόμοια ποσοστά στα χαμηλότερα επίπεδα απαντήσεων.



Γράφημα 1: Τα ποσοστά των επίπεδων των απαντήσεων των μαθητών σε κάθε στοιχείο που αφορά τη σχεδίαση διερευνήσεων

Στο Γράφημα 2 παρουσιάζεται η κατανομή της συνολικής επίδοσης της ομάδας ελέγχου και της πειραματικής ομάδας στις τρεις διερευνήσεις. Προέκυψε ότι η κατανομή της συνολικής βαθμολογίας των απαντήσεων της ομάδας ελέγχου, είναι μετατοπισμένη σε χαμηλότερα επίπεδα έναντι της αντίστοιχης κατανομής της πειραματικής ομάδας.



Γράφημα 2: Κατανομή απαντήσεων ανά ομάδα όσο αφορά τη συνολική βαθμολογία στις τρεις διερευνήσεις

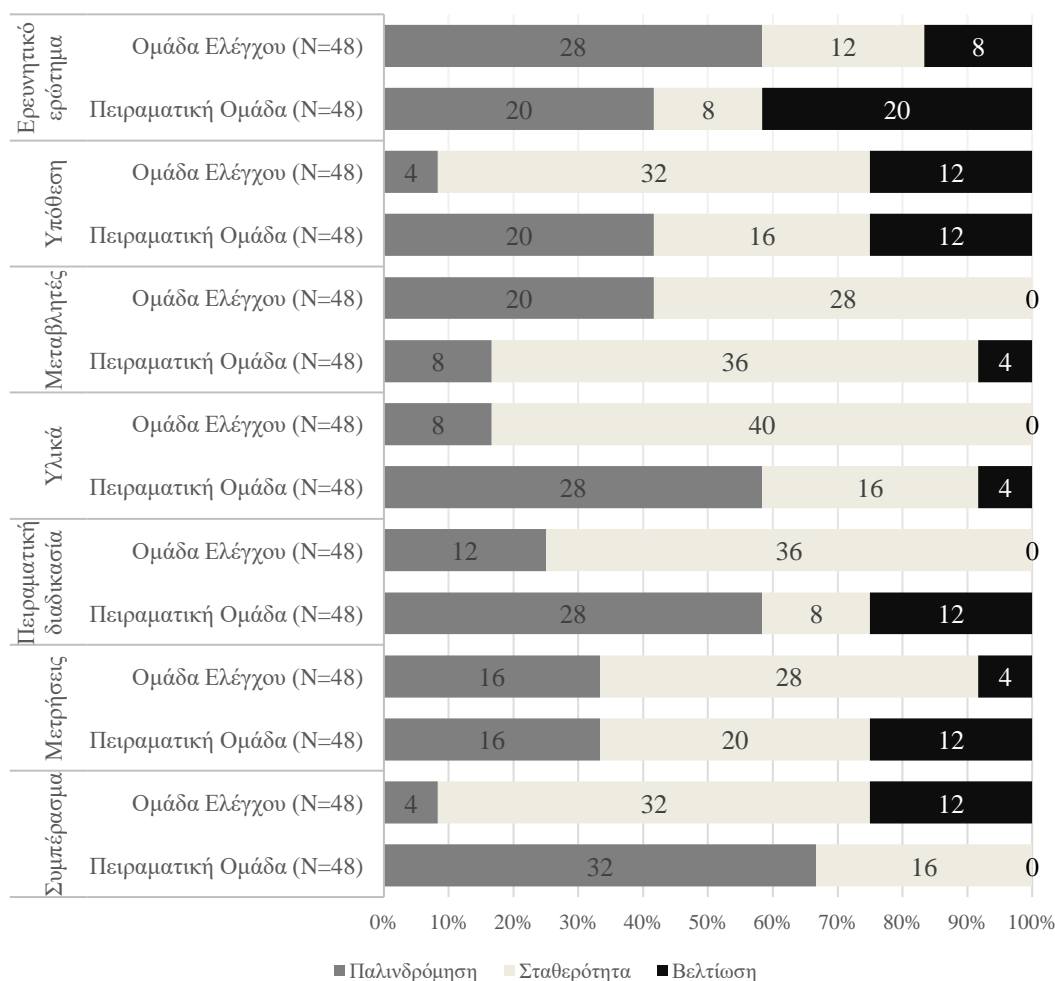
Ο έλεγχος κανονικότητας του δείγματος έδειξε πως δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή, οπότε εφαρμόστηκε το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U για τη σύγκριση της επίδοσης των δύο ομάδων. Με τον μη παραμετρικό έλεγχο Mann-Whitney U προέκυψε ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στην επίδοση, όσο αφορά τη συνολική βαθμολογία της ομάδας ελέγχου ($M=10.647$, $SD=2.654$) και της πειραματικής ομάδας ($M=14.156$, $SD=3.921$), με $U=4112$ και $p < 0.001 < 0.05$ (βλ. Πίνακα 10). Συνεπώς, η μαθησιακή υποστήριξη του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» επέφερε σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα αναφορικά με τη συνολική τους επίδοση έναντι της μαθησιακής υποστήριξης του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού».

Ομάδες	n	Mean	Median	SD	SE
Ομάδα Ελέγχου	136	10.647	10.000	2.654	0.228
Πειραματική Ομάδα	128	14.156	13.000	3.921	0.347
				<i>U</i>	<i>p</i>
Έλεγχος Mann-Whitney U				4112.000	<0.001

Πίνακας 6: Αποτελέσματα στατιστικού ελέγχου Mann-Whitney U για την ομάδα ελέγχου και την πειραματική ομάδα αναφορικά με τη συνολική τους επίδοση

Στο Γράφημα 3 παρουσιάζεται η εξέλιξη (από την 1η, στην 2η και στην 3η διερεύνηση) της επίδοσης των μαθητών ανά επίπεδο των απαντήσεών τους, σε κάθε επιμέρους στοιχείο που αφορά τη σχεδίαση διερευνήσεων. Σε όλα σχεδόν τα στοιχεία που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων, οι περισσότεροι μαθητές της ομάδας ελέγχου, στην οποία εφαρμόστηκε η υποστήριξη του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού», παρουσίασαν «σταθερότητα» στα επίπεδα των απαντήσεών τους μεταξύ των τριών διερευνήσεων, όσο αφορά τη διατύπωση της υπόθεσης, την αναγνώριση των μεταβλητών, την καταγραφή των υλικών, την καταγραφή των βημάτων της πειραματικής διαδικασίας, την καταγραφή των

μετρήσεων και τη διατύπωση των συμπερασμάτων. Μόνο στη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος, οι περισσότεροι μαθητές παρουσίασαν «παλινδρόμηση» στα επίπεδα των απαντήσεών τους μεταξύ των διερευνήσεων. Λίγοι ήταν οι μαθητές που παρουσίασαν βελτίωση μεταξύ των διερευνήσεων στα στοιχεία που αφορούν στη σχεδίαση διερεύνησης. Αξίζει να σημειωθεί ότι βελτίωση παρουσίασαν κάποιοι μαθητές μόνο στα στοιχεία που αφορούσαν στη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος, τη διατύπωση της υπόθεσης, την καταγραφή των μετρήσεων και τη διατύπωση του συμπεράσματος. Παράλληλα, οι περισσότεροι μαθητές της πειραματικής ομάδας, στην οποία εφαρμόστηκε η υποστήριξη του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού», παρουσίασαν «παλινδρόμηση» στα επίπεδα των απαντήσεών τους μεταξύ των διερευνήσεων, όσο αφορά τη διατύπωση της υπόθεσης, την καταγραφή των υλικών, τη διατύπωση της πειραματικής διαδικασίας και τη διατύπωση των συμπερασμάτων. Στα στοιχεία της αναγνώρισης των μεταβλητών και της καταγραφής των μετρήσεων, οι περισσότεροι μαθητές παρουσίασαν «σταθερότητα» στα επίπεδα των απαντήσεών τους μεταξύ των διερευνήσεων. Αξιοσημείωτο είναι πως στην αναγνώριση του ερευνητικού ερωτήματος, η εξέλιξη των απαντήσεων των μαθητών μοιράστηκε κυρίως σε «παλινδρόμηση» και «βελτίωση». Επίσης, σε όλα τα στοιχεία, εκτός της διατύπωσης του συμπεράσματος, υπήρξε ένας μικρός αριθμός μαθητών που παρουσίασε βελτίωση στα επίπεδα των απαντήσεών τους μεταξύ των διερευνήσεων.



Γράφημα 3: Η εξέλιξη των επιπέδων των απαντήσεων των μαθητών σε κάθε στοιχείο που αφορά τη σχεδίαση διερευνήσεων στην 1η, την 2η και την 3η διερεύνηση

Συμπεράσματα

Από την εργασία αυτή αναδείχθηκε ότι αναφορικά με τη συμβολή της μαθησιακής υποστήριξης του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» για τη σχεδίαση διερευνήσεων στη ποιότητα των ερευνητικών αναφορών των μαθητών, προέκυψε ότι σχεδόν το ένα τρίτο των μαθητών ήταν ικανοί να διατυπώνουν σε ικανοποιητικό βαθμό ένα ερευνητικό ερώτημα, το ένα δέκατο των μαθητών ήταν ικανοί να διατυπώνουν μια υπόθεση, ελάχιστοι μαθητές ήταν ικανοί να αναγνωρίζουν τις μεταβλητές, σχεδόν το ένα έβδομο των μαθητών ήταν ικανοί να καταγράψουν σωστά τις μετρήσεις και λιγότερο από το ένα τρίτο των μαθητών ήταν ικανοί να διατυπώνουν συμπεράσματα.

Τα παραπάνω ευρήματα συνάδουν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών από τις οποίες είχε προκύψει ότι οι πρακτικές που αφορούν τη σχεδίαση διερευνήσεων και την ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων (μέσω του ευθύ σχεδιασμού) αποτελούν πολύπλοκες διαδικασίες και οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με αυτές (White & Frederiksen, 1998; Chen & Klahr, 1999; Vellom & Anderson, 1999; So, 2003; Gijlers & De Jong, 2005; Gobert et al., 2010; Chang et al., 2011; McElhanev & Linn, 2011), ενώ χρειάζονται την κατάλληλη υποστήριξη ώστε να ξεπεράσουν αυτά εμπόδια (Morgan & Brooks, 2012) και διαφορετικό είδος υποστήριξης για κάθε επιμέρους στοιχείο της διερεύνησης (Toth et al., 2002).

Όσο αφορά τη διατύπωση της υπόθεσης, την αναγνώριση των μεταβλητών, την καταγραφή των υλικών, την καταγραφή των βημάτων της πειραματικής διαδικασίας, την καταγραφή των μετρήσεων και τη διατύπωση των συμπερασμάτων, η διαπίστωση ότι οι περισσότεροι μαθητές παρουσίασαν «σταθερότητα» στην εξέλιξη των απαντήσεών τους μεταξύ των τριών διερευνήσεων, οι οποίες απαντήσεις κυμάνθηκαν και σε χαμηλά επίπεδα, μπορεί να αποδοθεί στο ότι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών σπάνια παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές να σχεδιάζουν διερευνήσεις. Συνήθως οι μαθητές εμπλέκονται με «προσχεδιασμένες» από τους εκπαιδευτικούς πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες τους δίνονται τα όργανα και τα υλικά καθώς και η πειραματική διαδικασία με οδηγίες βήμα προς βήμα, χωρίς να υπάρχουν περιθώρια για τους μαθητές να αυτενεργήσουν (Röhnebeck et al., 2016). Οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με δραστηριότητες σχεδίασης διερευνήσεων, ενώ φαίνεται πως η μέθοδος μαθησιακής υποστήριξης του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» δεν ήταν ικανή στο να βελτιώσει την εξέλιξη των απαντήσεων των μαθητών μεταξύ των τριών διερευνήσεων.

Αναφορικά με τη συμβολή της μαθησιακής υποστήριξης του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» για τη σχεδίαση διερευνήσεων στη ποιότητα των ερευνητικών αναφορών των μαθητών, προέκυψε ότι σχεδόν οι μισοί μαθητές ήταν ικανοί να διατυπώνουν σε ικανοποιητικό βαθμό ένα ερευνητικό ερώτημα, σχεδόν το ένα δέκατο των μαθητών ήταν ικανοί να διατυπώνουν μια υπόθεση και να καταγράψουν τα υλικά, σχεδόν το ένα τρίτο των μαθητών ήταν ικανοί να περιγράψουν σωστά τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας που ακολούθησαν, περίπου οι μισοί μαθητές ήταν ικανοί να καταγράψουν σωστά τις μετρήσεις και σχεδόν το ένα τρίτο των μαθητών ήταν ικανοί να διατυπώνουν συμπεράσματα.

Τα παραπάνω ευρήματα συνάδουν με τα αποτελέσματα ερευνών από τις οποίες είχε προκύψει, ότι η μαθησιακή υποστήριξη του «αντίστροφου σχεδιασμού» αποτελεί μία αποτελεσματική μέθοδο υποστήριξης, σε ότι αφορά στοιχεία της σχεδίασης διερευνήσεων (Deters, 2009; Morgan & Brooks, 2012).

Η διαπίστωση ότι σε όλες σχεδόν τις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων, οι περισσότεροι μαθητές παρουσίασαν κυρίως «παλινδρόμηση» και «σταθερότητα» στα επίπεδα των απαντήσεών τους μεταξύ των τριών διερευνήσεων, μπορεί

να αποδοθεί στο ότι οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με πρακτικές που αφορούν τη σχεδίαση διερευνήσεων, αφού όπως προειπώθηκε, συνήθως εμπλέκονται με «προσχεδιασμένες» από τους εκπαιδευτικούς πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες τους δίνονται τα όργανα και τα υλικά καθώς και η πειραματική διαδικασία με οδηγίες βήμα προς βήμα, χωρίς να υπάρχουν περιθώρια για τους μαθητές να αυτενεργήσουν (Rönnbeck et al., 2016). Ενώ οι απαντήσεις τους φαίνεται να κυμαίνονται σε μέτρια και υψηλά επίπεδα, η εξέλιξη των απαντήσεων δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη βελτίωση μεταξύ των τριών διερευνήσεων. Η βελτίωση της εξέλιξης των απαντήσεων κάποιων μαθητών όσο αφορά τη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος, ίσως να οφείλεται στο ότι οι μαθητές μόλις έφταναν να καταγράψουν τις μετρήσεις τους συνειδητοποιούσαν τα τυχόν λάθη τους στην διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος. Τέλος, η διαπίστωση των μέτρων και υψηλών επιπέδων των απαντήσεων των μαθητών μπορεί να οφείλεται, επίσης, στο χαμηλό γνωστικό φορτίο που δημιούργησε η σειρά των δραστηριοτήτων κατά τη διάρκεια του «αντίστροφου σχεδιασμού».

Από την παρούσα εργασία διαπιστώθηκε ότι η μαθησιακή υποστήριξη του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού», για τη σχεδίαση διερευνήσεων στην ποιότητα των ερευνητικών αναφορών των μαθητών, ήταν αποτελεσματικότερη συγκριτικά με αυτή του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού», όσο αφορά τις πρακτικές της διατύπωσης του ερευνητικού ερωτήματος, της διατύπωσης της υπόθεσης, της καταγραφής των υλικών, της καταγραφής των βημάτων της πειραματικής διαδικασίας, της καταγραφής των μετρήσεων και της διατύπωσης των συμπερασμάτων, όπως επίσης και στο σύνολο των πρακτικών της σχεδίασης διερευνήσεων. Όσο αφορά την αναγνώριση των μεταβλητών, δεν διαπιστώθηκε κάποια διαφοροποίηση στη συμβολή του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» έναντι του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού», ενώ αντίθετα διαπιστώθηκε πως τα επίπεδα των απαντήσεων και των δύο ομάδων ήταν χαμηλά. Αξίζει να σημειωθεί, πως οι μαθητές και των δύο ομάδων φαίνεται πως δυσκολεύτηκαν ιδιαίτερα στην αναγνώριση της ανεξάρτητης μεταβλητής στην δεύτερη διερεύνηση, όπου η ανεξάρτητη μεταβλητή ήταν ποιοτική (είδος υγρού), σε σχέση με την πρώτη και την τρίτη διερεύνηση, όπου η ανεξάρτητη μεταβλητή ήταν ποσοτική (θερμοκρασία και αρχικός όγκος αντίστοιχα).

Τα παραπάνω ευρήματα συνάδουν με τα αποτελέσματα άλλων ερευνών από τις οποίες είχε προκύψει ότι η μαθησιακή υποστήριξη του «αντίστροφου σχεδιασμού» στο σύνολο των πρακτικών που αφορούν τη σχεδίαση διερευνήσεων αποτελεί μια πιο αποτελεσματική μέθοδο σε σύγκριση με τη μαθησιακή υποστήριξη του «ευθύ σχεδιασμού» (Deters, 2009; Morgan & Brooks, 2012). Τα ευρήματα που αφορούν την αναγνώριση των μεταβλητών, συνάδουν με τα αποτελέσματα ερευνών από τις οποίες προέκυψε πως οι μαθητές δυσκολεύονται σε αυτή την πρακτική (Chen & Klahr, 1999; So, 2003; Gijlers & De Jong, 2005; Karampelas, 2016; van Riesen et al., 2018).

Η διαπίστωση, ότι η μαθησιακή υποστήριξη του «αντίστροφου σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού» είναι αποτελεσματικότερη έναντι αυτής του «ευθύ σχεδιασμού με παρακινήσεις αναστοχασμού», μπορεί να αποδοθεί στο ότι το γνωστικό φορτίο για τους μαθητές είναι μικρότερο κατά τη διάρκεια του «αντίστροφου σχεδιασμού» (Deters, 2009; Morgan & Brooks, 2012) και οι πληροφορίες που πρέπει να κρατήσουν οι μαθητές για κάθε βήμα στην βραχυχρόνια μνήμη είναι λίγες. Επίσης, όσο αφορά τη διαπίστωση ότι στην αναγνώριση των μεταβλητών καμία από τις δύο μεθόδους μαθησιακής υποστήριξης δεν φάνηκε να είναι αποτελεσματική, ίσως να οφείλεται στη γενικότερη δυσκολία που παρουσιάζουν στην αναγνώριση των μεταβλητών οι μαθητές που δεν έχουν ασχοληθεί με τη σχεδίαση διερευνήσεων, αφού συνήθως, δίνονται στους μαθητές η ανεξάρτητη μεταβλητή ή/και οι μεταβλητές ελέγχου και ζητείται απλά η εύρεση της εξαρτημένης μεταβλητής (Gijlers & De Jong, 2005; Valanides & Angeli, 2008; van Riesen et al., 2018). Επιπλέον, το ότι οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να αναγνωρίσουν την ποιοτική ανεξάρτητη

μεταβλητή στη δεύτερη διερεύνηση, ίσως να οφείλεται στο ότι οι μαθητές όταν εμπλέκονται με ένα πρόβλημα αναγνωρίζουν ως μεταβλητές μετρήσιμες ποσότητες και όχι κάτι που φαίνεται να μην είναι ποσοτικό.

Πρέπει να επισημανθεί πως το μη αντιπροσωπευτικό μέγεθος του δείγματος, η συγκεκριμένη περιοχή της Αθήνας από την οποία προέρχεται, όπως επίσης και η αποκλειστική χρήση φύλλων εργασίας ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων, αποτελούν περιορισμούς στους οποίους υπόκεινται τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας και ως εκ τούτου δεν μπορούν να γενικευθούν.

Προτείνεται λοιπόν, να υλοποιηθεί η ίδια έρευνα σε μεγαλύτερο δείγμα και σε δημοτικά σχολεία από διάφορες περιοχές της Ελλάδας, ώστε να μπορούν να γενικευθούν τα συμπεράσματα που θα προκύψουν. Επίσης, προτείνεται η υλοποίηση της ίδιας έρευνας για διαφορετικές εννοιολογικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών σε μαθητές διαφόρων τάξεων του δημοτικού σχολείου, όπως επίσης και μιας έρευνας που να εξετάζει μεθόδους μαθησιακής υποστήριξης που αφορούν άλλες πρακτικές των Φυσικών Επιστημών, όπως η συγκρότηση εξηγήσεων και η εμπλοκή με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία. Προτείνεται επίσης η υλοποίηση περαιτέρω έρευνας που να εξετάζει τρόπους μαθησιακής υποστήριξης των μαθητών ειδικά για την αναγνώριση και τον έλεγχο των μεταβλητών.

Βιβλιογραφία

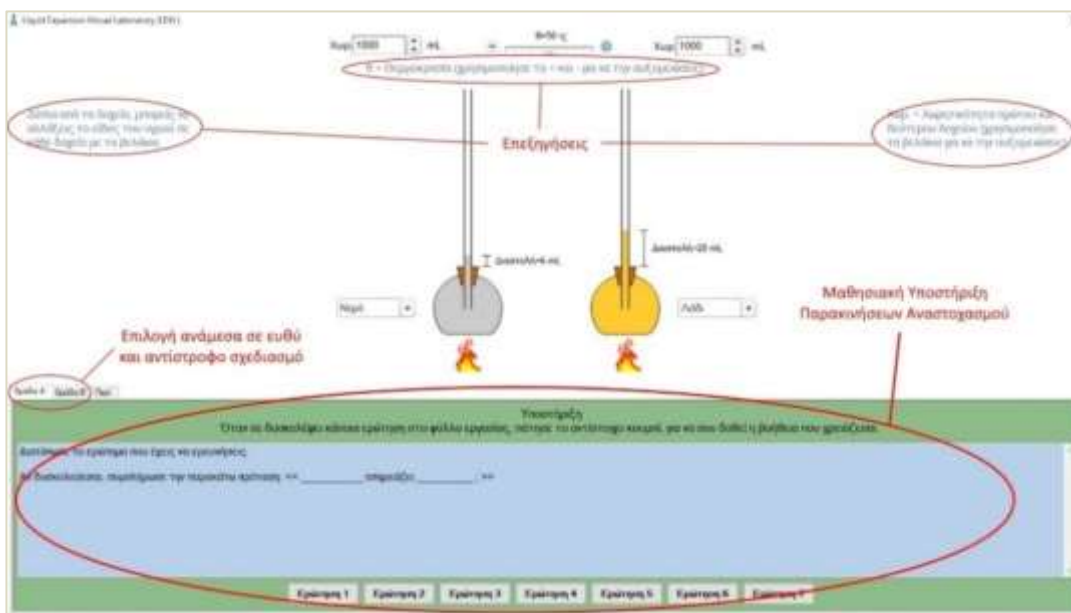
- Chang, H.-P., Chen, C.-C., Guo, G.-J., Cheng, Y.-J., Lin, C.-Y., & Jen, T.-H. (2011). The development of a competence scale for learning science: Inquiry and communication. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9(5), 1213–1233. <https://doi.org/10.1007/s10763-010-9256-x>
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Children's acquisition of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098–1120. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10546337>
- Davis, E. (2003) Prompting middle school science students for productive reflection: generic and directed prompts. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 91–142. http://dx.doi.org/10.1207/S15327809JLS1201_4
- Deters, K. M. (2009). *Investigating a computerized scaffolding software for student designed science investigations*. Unpublished PhD Thesis. The University of Nebraska-Lincoln. <http://kellymorganscience.com/student-designed-labs-software/>
- Duggan, S., & Gott, R. (2000). Intermediate General National Vocational Qualification (GNVQ) Science: a missed opportunity for a focus on procedural understanding? *Research in Science & Technological Education*, 18(2), 201-214. <https://doi.org/10.1080/713694978>
- Duschl, R. A., & Bybee, R. W. (2014). Planning and carrying out investigations: an entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. *International Journal of STEM Education*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-014-0012-6>
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press. <http://www.instesre.org/NSFWorkshop/TakingScienceToSchool.pdf>
- Ebenezer, J., Kaya, O. N., & Ebenezer, D. L. (2011). Engaging students in environmental research projects: Perceptions of fluency with innovative technologies and levels of scientific inquiry abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(1), 94–116. <https://doi.org/10.1002/tea.20387>

- Gijlers, H., & De Jong, T. (2005). The relation between prior knowledge and students' collaborative discovery learning processes. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 264–282. <https://doi.org/10.1002/tea.20056>
- Gobert, J. D., Pallant, A. R., & Daniels, J. T. M. (2010). Unpacking inquiry skills from content knowledge in geoscience: a research and development study with implications for assessment design. *International Journal of Learning Technology*, 5(3), 310. <https://doi.org/10.1504/IJLT.2010.037309>
- Holton, D., & Clarke, D. (2006). Scaffolding and metacognition. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 37(2), 127-143. <https://doi.org/10.1080/00207390500285818>
- Kalyuga, S., & Singh, A.-M. (2016). Rethinking the Boundaries of Cognitive Load Theory in Complex Learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 831–852. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9352-0>
- Karampelas, K. (2016). Teaching Experimental Design to Elementary School Pupils in Greece. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 4(4), 460–468. <http://proxy.lib.ohio-state.edu/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eric&AN=EJ1118152&site=ehost-live>
- Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395-418. <https://doi.org/10.1002/tea.20137>
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Manlove, S., Lazonder, A. W., & de Jong, T. (2007). Software scaffolds to promote regulation during scientific inquiry learning. *Metacognition and Learning*, 2(2–3), 141–155. <https://doi.org/10.1007/s11409-007-9012-y>
- Martin, S. (2012). Does instructional format really matter? Cognitive load theory, multimedia and teaching English Literature. *Educational Research and Evaluation*, 18(2), 125–152. <https://doi.org/10.1080/13803611.2012.659899>
- McElhaney, K. W., & Linn, M. C. (2011). Investigations of a complex, realistic task: Intentional, unsystematic, and exhaustive experimenters. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(7), 745–770. <https://doi.org/10.1002/tea.20423>
- Microsoft (2017). Visual studio 2017 (Version 15.9.5) [Integrated Development Environment]. <https://visualstudio.microsoft.com/downloads/>
- Morgan, K., & Brooks, D. W. (2012). Investigating a Method of Scaffolding Student-Designed Experiments. *Journal of Science Education and Technology*, 21(4), 513–522. <http://dx.doi.org/10.1007/s10956-011-9343-y>
- Μουτζούρη, Γ., & Σκουμιάς, Μ. (2015). Διδακτική επεξεργασία αντιλήψεων και ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές του δημοτικού σχολείου: η περίπτωση της αλλαγής κατάστασης των σωμάτων και της θερμοκρασίας. *Διδασκαλία Των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα Και Πράξη*, 52–53. <http://pc204.lib.uoi.gr/serp/index.php/serp/article/view/177>
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>

- Norman, D. A. (1991). Cognitive artifacts. In: Carroll, J. M. (Ed.). Cambridge series on human-computer interaction. Designing interaction: Psychology at the human-computer interface. New York: Cambridge University Press. 17-38. https://blogcommunicatori.myblog.it/files/Ergonomia_cognitiva/norman_cognitiveartifacts.pdf
- Osborne, J. (2014). Scientific practices and inquiry in the science classroom. In N. Lederman & S. Abell (Ed.), *Handbook of Research on Science Education, Volume II*. New York: Routledge, <https://doi.org/10.4324/9780203097267>
- Pearson, P. D., Moje, E., & Greenleaf, C. (2010). Literacy and science: Each in the service of the other. *Science*, 328(5977), 459–463. <https://doi.org/10.1126/science.1182595>
- Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 185–217. <https://doi.org/10.1002/tea.20048>
- Rönnebeck, S., Bernholt, S., & Ropohl, M. (2016). Searching for a common ground – A literature review of empirical research on scientific inquiry activities. *Studies in Science Education*, 52(2), 161–197. <https://doi.org/10.1080/03057267.2016.1206351>
- Sharpe, T. (2006). ‘Unpacking’ scaffolding: Identifying discourse and multimodal strategies that support learning. *Language and Education*, 20(3), 211-231. <https://doi.org/10.1080/09500780608668724>
- Shepard, L. A. (2005). Linking Formative Assessment to Scaffolding. *Educational Leadership*, 63(3), 66-70. <http://www.ascd.org/publications/educational-leadership/nov05/vol63/num03/Linking-Formative-Assessment-to-Scaffolding.aspx>
- So, W. W. M. (2003). Learning science through investigations: An experience with Hong Kong primary school children. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 175–200. <https://doi.org/10.1023/B:IJMA.0000016852.19000.af>
- Toth, E. E., Suthers, D. D., & Lesgold, A. M. (2002). “Mapping to Know”: The Effects of Representational Guidance and Reflective Assessment on Scientific Inquiry. *Science Education*, 86(2), 264–286. <https://doi.org/10.1002/sce.10004>
- Valanides, N., & Angeli, C. (2008). Distributed cognition in a sixth-grade classroom: An attempt to overcome alternative conceptions about light and color. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(3), 309–336. <https://doi.org/10.1080/15391523.2008.10782510>
- van Riesen, S., Gijlers, H., Anjewierden, A., & de Jong, T. (2018). Supporting learners’ experiment design. *Educational Technology Research and Development*, 66(2), 475–491. <https://doi.org/10.1007/s11423-017-9568-4>
- Vellom, R. P., & Anderson, C. W. (1999). Reasoning about data in middle school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 179–199. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199902\)36:2<179::AID-TEA5>3.0.CO;2-T](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199902)36:2<179::AID-TEA5>3.0.CO;2-T)
- Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press. <http://ouleft.org/wp-content/uploads/Vygotsky-Mind-in-Society.pdf>
- White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, Modeling, and Metacognition: Making Science Accessible to All Students. *Cognition and Instruction*, 16(1), 3–118. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2
- Winne, P. H. (1995). Inherent details in self-regulated learning. *Educational psychologist*, 30(4), 173-187. https://doi.org/10.1207/s15326985ep3004_2

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

Λογισμικό LEVL, τελική έκδοση



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

Φύλλο εργασίας με τη μέθοδο του ευθύ σχεδιασμού

Διαστολή στα υγρά - Φύλλο εργασίας

Όνοματεπώνυμο: _____ Ομάδα Α'

Ο κύλιος και ο Πλούσιος δοκίμασαν το αυτοσχέδιο θερμόμετρο που είχαν φτιάξει στο σχολείο. Ο κύλιος πρότεινε να φτιάξουν ένα ίδιο θερμόμετρο, αλλά αντί για νερό να χρησιμοποιήσουν αλκοόλ. Ο Πλούσιος αντιστάθηκε πως δεν χρειάζεται να αναπλάθουν τον αυτοσχέδιο τους θερμόμετρον και υπερέστησαν πως το υλικό που αγοράσάνε αποτελείται από καθαρά υαλοπίλημα. Στις δύο διαφωνίες, αποφασίσαν να κάνουν μια έρευνα. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του ευθύ σχεδιασμού, αποφασίσαν να ελέγξουν τους πλάτους στο εργαστήριο υπολογιστών και τους παρήγαγε ένα έγγραφο για να καταγράψουν τα αποτελέσματα τους.

ΤΟ ΠΕΡΑΜΑ ΜΟΥ

1. Τι πρόκειται να ερευνήσω:

2. Πώς είναι η άποψή μου για τη μελέτη:

3. Σχεδιάζω τον παρακάτω πίνακα με κατά και αλφάβητο, αυτό που είναι το υλικό που μετρώ στην έρευνά μου:

Τι αλφάβητο	Τι υλικό είναι	Τι μετρώ

4. Τι υλικό χρειάζομαι για να πραγματοποιήσω την έρευνά μου:

- _____
- _____
- _____
- _____

5. Τι θα είναι; Πώς είναι τα βήματα που θα ακολουθήσω:

6. Καταγράψω τις μετρήσεις μου:

7. Τι θα κάνω μετά την έρευνα που έκανα:


ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ

Φύλλο εργασίας με τη μέθοδο του αντίστροφου σχεδιασμού

Διασπολή στα υγρά - Φύλλο εργασίας

Όνοματεπώνυμο: _____ Πράξη II

Ο Κώστας και η Παιλίδα διαβάσανε το αυτοσχέδιο θεωρητικό που είχαν φτιάξει στα σχολεία. Ο Κώστας πρότεινε να φτιάξουν το ίδιο πείραμα, αλλά αυτό για νερό να πραγματοποιήσουν καλύτερα ή άσπιν με σκοπό να πετύχουν μεγαλύτερη διασπολή. Η Παιλίδα υποστήριξε πως δεν χρειάζεται να επαναλάβουν την κατασκευή του πειράματός τους και σφράγισαν πως το είδος του υγρού δεν επηρεάζει το πόσο διασπύεται. Έπειτα διαφώνησαν, αποφάσισαν να κάνουν μια έρευνα. Διακρίνεται η διαφορά τους; ο διάτακός τους για να τους βοηθήσει με την έρευνά τους, τους πήρε στα εργαστήρια υμολογητών και τους παρέχε ένα διαγράμμά για να κάνουν το πείραμά τους εύκολα.



ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΜΟΥ

1. Τι πρόκειται να ερευνήσεις;

2. Πώς είναι η άποψή σου; Γιατί να πιστεύεις;

3. Σφράγισαν την παραπάνω πίνακα με αυτό που αλλόζω, από που κρατά ήθε να αυτό που μετρά στην έρευνά μου.

Τι αλλάζει:	Τι κρατά ίδιο:	Τι μετρά:


4. Βεβαιώθω τις απαντήσεις μου.

5. Τι νόημα; Πώς είναι τα βήματα που ακολουθώ;

6. Τι υλικό χρειάζομαι για να πραγματοποιήσω την έρευνά μου;

- _____
- _____
- _____
- _____

7. Τι διαπίστωσα από την έρευνά που έκανα;



Λαφαζάνης, Ι-Σ., Σκουμιός, Μ. (2022). Αξιολογώντας μεθόδους μαθησιακής υποστήριξης στη σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων: ο ευθύς και ο αντίστροφος σχεδιασμός με παρακινήσεις αναστοχασμού. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη, ΘΕΜΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ 84: 65-84*. Ανακτήθηκε από <http://www.lib.uoi.gr/serp/>

Διερεύνηση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στο σχεδιασμό πειραμάτων, με χρήση ρουμπρίκας

Ιωάννης Λεύκος¹

Περίληψη: Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από μια έρευνα, κατά την οποία γίνεται αξιολόγηση του σχεδιασμού πειραμάτων από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, με χρήση ενός εξειδικευμένου εργαλείου / ρουμπρίκας αξιολόγησης. Τα αποτελέσματα φανερώουν ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί εμφανίζουν δυσκολίες σε συγκεκριμένες Διαστάσεις του σχεδιασμού των πειραμάτων, όπως η έκφραση της υπόθεσης και η διαχείριση των μεταβλητών του πειράματος. Επιπλέον φαίνεται ότι η προτεινόμενη ρουμπρίκα έχει την ικανότητα να διακρίνει τις δυσκολίες που εμφανίζονται. Ειδικότερα η δυσκολία στην έκφραση των υποθέσεων φαίνεται να συνδέεται κυρίως με την αντιμετώπιση προβλημάτων που έχουν μη-διαισθητική εξέλιξη, ενώ στη διαχείριση των μεταβλητών, με το πλήθος των μεταβλητών του προβλήματος που αντιμετωπίζουν. Τα ευρήματα σχολιάζονται σε σχέση με την σπουδαιότητα και ευκολία της υλοποίησης ανάλογων δραστηριοτήτων σχεδιασμού πειραμάτων και την εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση διερευνητικών δραστηριοτήτων.

Λέξεις κλειδιά: Διερευνητική προσέγγιση, Σχεδιασμός πειραμάτων, Ρουμπρίκα αξιολόγησης, διαχείριση μεταβλητών, έκφραση υποθέσεων.

Prompting future teachers' difficulties in designing experiments with an evaluation rubric

Ioannis Lefkos

Abstract: This paper presents the results of a research concerning the evaluation of the experiments designed by future teachers, using an assessment rubric. Our findings support that future teachers have difficulties in certain dimensions of the design of experiment, like forming a hypothesis and manipulating the variables of the experiment. Moreover, the proposed rubric, seems to have the ability in probing these difficulties. Concerning the hypothesis, the difficulties seem to be related to problems that are counter-intuitive, while the difficulties in variable manipulation seem to be related to problems with a large number of variables. These findings are discussed in terms of the importance and feasibility of implementing activities on designing experiments and educating future teachers on cultivating inquiry-based activities.

Keywords: Inquiry-based approach, design of experiments, evaluation rubric, variable manipulation, forming hypothesis

Εισαγωγή

Παρά το γεγονός ότι οι διερευνητικές προσεγγίσεις θεωρούνται κατάλληλες για την προώθηση όχι μόνο της εννοιολογικής κατανόησης, αλλά και των πειραματικών δεξιοτήτων των μαθητών (Sokolowska, 2018), η εκπαιδευτική κοινότητα δεν φαίνεται πρόθυμη να τις υιοθετήσει (Melville et al., 2013), προβάλλοντας ως ένα σοβαρό εμπόδιο τους περιορισμούς που υπάρχουν στο διδακτικό χρόνο (Ha & Kim, 2020). Για την αλλαγή των απόψεων αυτών, σημαντικό ρόλο μπορεί να διαδραματίσει η εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών στο πανεπιστήμιο, προσφέροντάς τους μεγαλύτερη εξοικείωση με τις διερευνητικές

¹ Ιωάννης Λεύκος: Ε.Δι.Π., Τμήμα Εκπαιδευτικής & Κοινωνικής Πολιτικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

προσεγγίσεις, άσκησή τους στο σχεδιασμό διερευνήσεων (Molohidis & Hatzikraniotis, 2018), αλλά και στο σχεδιασμό κατάλληλων εργαλείων αξιολόγησης, ανάλογα με τους μαθησιακούς στόχους που θέτουν (Harlen, 2013).

Η σημασία όμως της διερευνητικής προσέγγισης δεν περιορίζεται μόνο στους μελλοντικούς επιστήμονες (φοιτητές ή μαθητές), αλλά απευθύνεται σε όλους, καθώς είναι μια στρατηγική που έχει εφαρμογή όπου χρειάζεται να λύνονται προβλήματα, είτε στην καθημερινή (Abd-El-Khalick et al., 2004), είτε στην επαγγελματική (Karelina & Etkina, 2007).

Στο επίκεντρο των διερευνητικών προσεγγίσεων για τις Φυσικές Επιστήμες είναι ο πειραματισμός, καθώς θεωρείται πως έχει πολύ σημαντική συμβολή στη μάθηση (Efsthathiou et al., 2018), τόσο για την προσέγγιση των εκπαιδευομένων στο επιστημονικό περιεχόμενο, όσο και για την προσέγγιση της φύσης της επιστήμης (Millar, 2004). Για την περιγραφή / μοντελοποίηση της πειραματικής διαδικασίας, έχουν προταθεί διάφορα μοντέλα (ενδιαφέρουσα ανάλυση έχουν κάνει οι Emden & Sumfleth, 2016). Τα μοντέλα αυτά παρουσιάζουν μεταξύ τους αρκετές διαφορές, όμως στα περισσότερα περιλαμβάνεται η φάση του σχεδιασμού του πειράματος (Plan / Design). Από την άλλη μεριά, κάποια από τα μοντέλα, η φάση σχεδιασμού συμπεριλαμβάνεται και η διατύπωση υπόθεσης (ή ερώτησης), ενώ σε άλλα θεωρείται ως ξεχωριστή φάση. Ακόμη και η εκτέλεση του πειράματος, σε κάποια από τα μοντέλα, συμπεριλαμβάνεται στη φάση του σχεδιασμού.

Στην παρούσα εργασία θεωρούμε ότι η έκφραση μιας υπόθεσης συμπεριλαμβάνεται στην φάση σχεδιασμού του πειράματος, ενώ η εκτέλεση του πειράματος αποτελεί μια ξεχωριστή φάση, ακολουθώντας παρόμοια προτεινόμενα μοντέλα (Kipnis & Hofstein, 2008). Η αντιμετώπιση του σχεδιασμού ως μια φάση ξεχωριστή, προσφέρει το πλεονέκτημα της εύκολης και γρήγορης εφαρμογής σχετικών δραστηριοτήτων, ανεξάρτητα από την από την εκτέλεση του πειράματος, άρα και της ευκολότερης εξάσκησης και ανάπτυξης των σχετικών ικανοτήτων από τους μαθητευόμενους μέσα στα – πολλές φορές στενά – χρονικά πλαίσια της διδακτικής διαδικασίας (Ha & Kim, 2020). Επιπλέον με τη λογική αυτή, οι δραστηριότητες σχεδιασμού μπορεί να εφαρμόζονται ανεξάρτητα από το εργαστηριακό περιβάλλον (π.χ. πραγματικό, εικονικό εργαστήριο) στο οποίο θα εκτελεστούν σε επόμενη φάση τα πειράματα, αλλά και από το αν η μεθοδολογική προσέγγιση για την εξάσκηση στον πειραματισμό είναι ρητή ή άρρητη (Samanta, Lefkos, & Psillos, n.d.; Δημήτρης Ψύλλος, 2021).

Η ικανότητα σχεδιασμού πειραμάτων

Ο σχεδιασμός ενός πειράματος κατάλληλου ώστε να απαντήσει σε κάποιο πρόβλημα, ενίοτε θεωρείται σημαντικότερος ακόμη και από την καθαυτή διεξαγωγή του πειράματος (Garratt & Tomlinson, 2001). Αποτελεί ίσως την πιο απαιτητική φάση του κύκλου της διερεύνησης (Efsthathiou et al., 2018), επομένως και ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της διερεύνησης (van Riesen, Gijlers, Anjewierden, & de Jong, 2018). Η διαδικασία του σχεδιασμού είναι μια ανώτερη νοητική διεργασία που απαιτεί ικανότητα κριτικής σκέψης, ενώ απέχει πολύ από την απλή ανάγνωση και εκτέλεση οδηγιών, όπως ίσως συνηθίζεται σε μια παραδοσιακή εργαστηριακή προσέγγιση η οποία περισσότερο στοχεύει στην ανάπτυξη εργαστηριακών τεχνικών και την εκμάθηση της λειτουργίας των οργάνων (C. F. Komives, 2015). Αυτή η απαίτηση για κριτική σκέψη και αναστοχασμό κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων, σηματοδοτείται και από τον χαρακτηρισμό της από κάποιους ερευνητές ως «ικανότητα», τον οποίο και υιοθετούμε (Etkina et al., 2006).

Ο σχεδιασμός ενός πειράματος για την επίλυση ενός δεδομένου προβλήματος, περιλαμβάνει διάφορα επιμέρους στάδια: την έκφραση μιας υπόθεσης για την εξέλιξη του φαινομένου, την αναγνώριση των μεταβλητών που επηρεάζουν το φαινόμενο, την υιοθέτηση μιας κατάλληλης στρατηγικής διαχείρισης των μεταβλητών ώστε τα αποτελέσματα να δίνουν έγκυρα συμπεράσματα, την επιλογή των απαιτούμενων υλικών / οργάνων / συσκευών που

απαιτούνται, την υιοθέτηση μιας κατάλληλης διαδικασίας λήψης / καταγραφής των μετρήσεων και τέλος τον καθορισμό των κριτηρίων για την αξιολόγηση των δεδομένων και την εξαγωγή συμπεράσματος (Efstathiou et al., 2018; van Riesen et al., 2018).

Οι έρευνες έχουν δείξει ότι ο σχεδιασμός δεν είναι εύκολη υπόθεση για μαθητές, αλλά και για φοιτητές μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, με ειδικότερες δυσκολίες να έχουν αναφερθεί στο σχηματισμό υποθέσεων και τη διαχείριση των μεταβλητών (Boudreaux et al., 2008; Lawson, 2002; van Riesen et al., 2018), ή και άλλα σημεία όπως η κατανόηση του προβλήματος ή η ερμηνεία των δεδομένων (Dasgupta, Anderson, & Pelaez, 2014). Για τις δυσκολίες αυτές, ένας από τους βασικούς λόγους θεωρείται πως είναι η ελλιπής γνώση του επιστημονικού περιεχομένου (Dasgupta et al., 2014; Schreiber, Theyssen, & Schecker, 2012), ή τα διάφορα είδη μεταβλητών που καλούνται να διαχειριστούν οι συμμετέχοντες (π.χ. αν είναι συνεχείς ή ασυνεχείς, αν είναι εμφανείς ή όχι κ.λπ.) (Arnold, Kremer, & Mayer, 2014; Dasgupta et al., 2014).

Η αξιολόγηση του σχεδιασμού πειραμάτων

Για την αξιολόγηση του σχεδιασμού πειραμάτων, έχουν προταθεί διάφορες μεθοδολογίες, όπως συνεντεύξεις (Schneider & Bullock, 2011) ή ερωτηματολόγια (Efstathiou et al., 2018; Kalthoff, Theyssen, & Schreiber, 2018; Osterhaus, Koerber, & Sodian, 2015). Μια ιδιαίτερη όμως κατηγορία αποτελούν οι ρουμπρίκες. Η χρήση μιας ρουμπρίκας για την αξιολόγηση του σχεδιασμού πειραμάτων, προσδίδει ένα πλεονέκτημα έναντι των άλλων μεθόδων, καθώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο ως διαγνωστικό εργαλείο, αλλά και ως διαμορφωτικό, προκειμένου οι συμμετέχοντες να οδηγηθούν στην ανάπτυξη των ικανοτήτων τους (Etkina et al., 2006).

Από τις διάφορες ρουμπρίκες που έχουν προταθεί από άλλους ερευνητές για φοιτητές / φοιτήτριες, δεν βρέθηκε κάποια που να είναι σχετικά κοντά στις απαιτήσεις της παρούσας έρευνας. Για παράδειγμα, σε αυτή που προτείνεται από τους Komives et al. (2007) οι συμμετέχοντες ήταν από Πολυτεχνική σχολή, επομένως θεωρήθηκε αρκετά πολύπλοκη, όπως και αυτή που προτείνεται από τους Dasgupta et al. (2014) και συμμετέχοντες ήταν από σχολή Βιολογίας.

Κατά συνέπεια, στην παρούσα έρευνα, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί με κάποια μικρή προσαρμογή, μια ρουμπρίκα που έχει προταθεί για τη αξιολόγηση του σχεδιασμού πειραμάτων από μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Lefkos, Psillos, & Hatzikraniotis, 2011; Λεύκος & Ψύλλος, 2015), καθώς θεωρήθηκε πιο κοντά στο προφίλ και τις δυνατότητες των συμμετεχόντων. Αναλυτική παρουσίαση της ρουμπρίκας, υπάρχει στην ενότητα της μεθοδολογίας.

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό της παρούσας έρευνας, είναι το γεγονός ότι για τη λήψη των δεδομένων του σχεδιασμού πειραμάτων, χρησιμοποιείται ένα ειδικά κατασκευασμένο δοκίμιο σε μορφή Φύλλου Σχεδιασμού Πειράματος (ΣχΠ), μέσα στο οποίο απαντούν οι συμμετέχοντες, ακολουθώντας κάποιες απλές καθοδηγητικές ερωτήσεις. Οι δε ερωτήσεις αυτές, αντιστοιχούν ουσιαστικά στις Διαστάσεις αξιολόγησης του ΣχΠ της ρουμπρίκας. Η επιλογή αυτή προσφέρει μια ισορροπία μεταξύ των βαθμών ελευθερίας που προσφέρονται στους συμμετέχοντες και από την άλλη διευκολύνει τον ερευνητή, παρέχοντας τη δυνατότητα συλλογής αποτελεσμάτων που εύκολα θα είναι μεταξύ τους συγκρίσιμα (Emden & Sumfleth, 2016). Επιπροσθέτως, προσφέρει το πλεονέκτημα της εύκολης και γρήγορης εφαρμογής του στο πλαίσιο μιας εκπαιδευτικής διαδικασίας, χωρίς να δαπανάται πολύτιμος διδακτικός χρόνος, αλλά ούτε και να υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις σε εξοπλισμό (Ha & Kim, 2020), σημαντικά στοιχεία για την υιοθέτησή του από τους εκπαιδευτικούς. Τέλος, ένα τέτοιο Φύλλο ΣχΠ προσφέρει την ευελιξία της χρήσης του σε οποιαδήποτε εκπαιδευτική συνθήκη. Μπορεί να εφαρμοστεί είτε σε δια ζώσης, είτε σε εξ αποστάσεως εκπαίδευση.

Η πρωτοτυπία και ο στόχος της έρευνας

Από την αναζήτηση της βιβλιογραφίας δεν προέκυψε κάποια ένδειξη για διασύνδεση της δυσκολίας στην έκφραση υποθέσεων με την ύπαρξη εναλλακτικών αντιλήψεων, ούτε για τη διασύνδεση της δυσκολίας στη διαχείριση μεταβλητών, με το πλήθος τους. Αυτό είναι ένα από τα στοιχεία που θα διερευνηθούν στην παρούσα εργασία. Επιπλέον, οι έρευνες για διάφορες εκφάνσεις της ικανότητας σχεδιασμού πειραμάτων σε επίπεδο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, αφορούν κυρίως φοιτητές / φοιτήτριες πολυτεχνικών σχολών ή σχολών φυσικών επιστημών, ενώ οι έρευνες σε παιδαγωγικά τμήματα είναι περιορισμένες (Boudreaux et al., 2008; Kalthoff et al., 2018). Στην παρούσα έρευνα, οι συμμετέχοντες είναι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί παιδαγωγικής κατεύθυνσης. Θεωρούμε ότι η αντίστοιχη διερεύνηση σε ένα τέτοιο κοινό έχει ιδιαίτερη σημασία, καθώς έχει φανεί ότι η ικανότητα σχεδιασμού πειραμάτων, αρχίζει να αναπτύσσεται ήδη από τους μαθητές του Δημοτικού (Osterhaus et al., 2015) και από προηγούμενες έρευνες φάνηκε ότι μπορεί η ικανότητα αυτή να καλλιεργηθεί με κατάλληλες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις (Λεύκος & Ψύλλος, 2015).

Στην εργασία αυτή αρχικά διερευνάται η χρήση ενός διαγνωστικού εργαλείου / ρουμπρίκας για την αξιολόγηση του σχεδιασμού πειραμάτων των φοιτητών / φοιτητριών – μελλοντικών εκπαιδευτικών και η δυνατότητα εντοπισμού των πιθανών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν. Επιπλέον διερευνώνται οι παράγοντες στους οποίους μπορεί να οφείλονται οι δυσκολίες που εμφανίζονται, καθώς και η πιθανή συσχέτισή τους αφενός με τις εναλλακτικές απόψεις των φοιτητών / φοιτητριών και αφετέρου με την πολυπλοκότητα των προβλημάτων για τα οποία καλούνται να σχεδιάσουν τα πειράματα. Τα αποτελέσματα των παραπάνω διερευνήσεων, συζητώνται σε σχέση με τις πιθανές τους επεκτάσεις στην εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών.

Μεθοδολογία

Ερευνητικά ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία επιθυμούμε να απαντήσουμε με την έρευνα αυτή είναι τα εξής: (EE1) μπορεί μια ρουμπρίκα αξιολόγησης όπως αυτή που προτείνεται στην παρούσα εργασία να εντοπίσει τις πιθανές δυσκολίες στο ΣχΠ των μελλοντικών εκπαιδευτικών; (EE2) Επηρεάζεται η επιτυχία του ΣχΠ των μελλοντικών εκπαιδευτικών από το περιεχόμενο και τα χαρακτηριστικά των προβλημάτων, με βάση τα οποία καλούνται να σχεδιάσουν τα πειράματά τους; (EE3) Παράγοντες όπως η ύπαρξη εναλλακτικών απόψεων ή η ανάγκη διαχείρισης πολλών μεταβλητών, μπορεί να προκαλέσουν δυσκολία στο ΣχΠ των μελλοντικών εκπαιδευτικών;

Δείγμα και συνθήκες της έρευνας

Η παρούσα έρευνα διεξάχθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Η' εξαμήνου, σε φοιτητές μελλοντικούς εκπαιδευτικούς. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος οι φοιτητές έρχονται σε επαφή με βασικές έννοιες των Φυσικών Επιστημών, όπως η θερμότητα και η θερμοκρασία, η δομή και οι καταστάσεις της ύλης, τα μίγματα και τα διαλύματα κ.λπ. Επίσης έρχονται σε επαφή με μεθοδολογικές προσεγγίσεις, όπως ο σχεδιασμός πειραματικών διερευνήσεων κάτω από το πρίσμα της διερευνητικής μάθησης, κατά τη διάρκεια των οποίων μελετώνται επιμέρους θέματα όπως ο σχεδιασμός των πειραμάτων, η διαχείριση των μεταβλητών, η έκφραση και ο έλεγχος των υποθέσεων κ.λπ.

Τα δεδομένα που παρουσιάζονται εδώ συλλέχθηκαν από τέσσερα (4) διαγνωστικά δοκίμια, τα οποία διατέθηκαν στους φοιτητές στην αρχή των μαθημάτων του εξαμήνου, όπου γίνεται η θεωρητική εισαγωγή για το μάθημα, με αναφορά στις θεωρίες μάθησης και την αξιοποίησή τους για την διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Επομένως, οι απαντήσεις

συλλέχθηκαν πριν από τις συζητήσεις σχετικά με τη διερευνητική προσέγγιση, τη διεξαγωγή πειραματικών διερευνήσεων, αλλά και θέματα περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών, όπως οι έννοιες και τα φαινόμενα που αναφέρονται στα διαγνωστικά δοκίμια. Εξάλλου αυτός ήταν και ο σκοπός της έρευνας, να διερευνήσει την αρχική εικόνα των φοιτητών.

Το δείγμα αποτέλεσαν οι φοιτητές που παρακολουθούσαν το μάθημα στο εαρινό εξάμηνο του 2020, επομένως πρόκειται για ένα «βολικό» δείγμα. Από τις απαντήσεις που συλλέχθηκαν, αξιοποιούνται στην ανάλυση που ακολουθεί οι 48 (Δοκίμιο Α-13 απαντήσεις, Δοκίμιο Β – 11 απαντήσεις, Δοκίμιο Γ – 11 απαντήσεις, Δοκίμιο Δ-13 απαντήσεις), ενώ όσες ήταν εκτός θέματος, με πολλές ελλείψεις ή μονολεκτικές, θεωρήθηκαν άκυρες. Οι απαντήσεις αξιολογήθηκαν ανώνυμα και χωρίς να επισημανθούν άλλα χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, όπως ηλικία, φύλο, γλώσσα, καταγωγή κ.λπ.

Περιεχόμενο των διαγνωστικών δοκιμών και συλλογή των δεδομένων

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με τη χρήση διαγνωστικών δοκιμών. Κάθε δοκίμιο είχε τη μορφή ενός Φύλλου Σχεδιασμού Πειράματος, όπου οι φοιτητές αντιμετώπιζαν ένα δεδομένο πρόβλημα (Πίνακας 1), για το οποίο έπρεπε να εκφράσουν μια υπόθεση και στη συνέχεια να περιγράψουν (να σχεδιάσουν) ένα πείραμα, ώστε να ελέγξουν την ορθότητά της.

Τα προβλήματα διατυπώνονται στα δοκίμια με απλά λόγια και είχαν επιλεγεί κατάλληλα ώστε αφενός να αφορούν θέματα που άπτονται της καθημερινής εμπειρίας των φοιτητών, αφετέρου ο σχεδιασμός των πειραμάτων να είναι εφικτός με αναφορά μόνο σε καθημερινά υλικά (δηλαδή όχι εξειδικευμένα). Π.χ. το Πρόβλημα Α είχε την εξής διατύπωση: «Ο Βασίλης χάρισε στον πατέρα του δυο όμοιες κούπες για τον καφέ του. Μια άσπρη και μια μαύρη. Ποια πιστεύετε ότι είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσει για να κρατήσει τον καφέ ζεστό για περισσότερη ώρα;». Στη συνέχεια του Φύλλου ΣχΠ, οι φοιτητές καλούνται να εκφράσουν μια υπόθεση και να σχεδιάσουν (να περιγράψουν) ένα κατάλληλο πείραμα, προκειμένου να ελέγξουν την υπόθεσή τους. Τέλος, καλούνται να καθορίσουν το κριτήριο, με βάση το οποίο θα αποφασίσουν κατά πόσο η υπόθεσή τους επιβεβαιώνεται ή απορρίπτεται. Ενδεικτικό Φύλλο ΣχΠ από ένα διαγνωστικό δοκίμιο παρατίθεται στο Παράρτημα Α.

Διαγνωστικό Δοκίμιο	Πρόβλημα σχεδιασμού πειράματος	Χαρακτηριστικά
Δοκίμιο Α: Εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας	Πρόβλημα Α: Η επίδραση του χρώματος (άσπρο/μαύρο) στην εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας	Μη-διαισθητική εξέλιξη, Πολλές μεταβλητές
Δοκίμιο Β: Υδατικό διάλυμα άλατος	Πρόβλημα Β: Η επίδραση της θερμοκρασίας του νερού (ζεστό/κρύο) στη διάλυση του μαγειρικού αλατιού	Μη-διαισθητική εξέλιξη, Λίγες μεταβλητές
Δοκίμιο Γ: Υδατικό διάλυμα ζάχαρης	Πρόβλημα Γ: Η επίδραση της θερμοκρασίας του νερού (ζεστό/κρύο) στη διάλυση της ζάχαρης	Διαισθητική εξέλιξη, Λίγες μεταβλητές
Δοκίμιο Δ: Απορρόφηση θερμικής ακτινοβολίας	Πρόβλημα Α: Η επίδραση του χρώματος (άσπρο/μαύρο) στην απορρόφηση θερμικής ακτινοβολίας	Διαισθητική εξέλιξη, Πολλές μεταβλητές

Πίνακας 7: Τα προβλήματα που αντιστοιχούν σε κάθε ένα από τα διαγνωστικά δοκίμια

Καθώς, όπως προαναφέρθηκε, η εμπειρική έρευνα στην περιοχή του σχεδιασμού πειραμάτων έχει αναδείξει ως σημαντικούς παράγοντες δυσκολίας την έκφραση υποθέσεων και τη διαχείριση των μεταβλητών, η παρούσα έρευνα έχει επικεντρωθεί στη διερεύνηση των

δυο αυτών παραγόντων. Για το λόγο αυτό, τα προβλήματα στα οποία κλήθηκαν να απαντήσουν οι φοιτητές επιλέχθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να εξυπηρετούν τις ανάγκες της έρευνας, καθώς μας έδωσαν την ευκαιρία να διερευνήσουμε αυτούς τους παράγοντες και κατά πόσο πιθανώς επηρεάζουν τον επιτυχημένο σχεδιασμό των πειραμάτων. Ταυτόχρονα επιχειρείται η διασύνδεση αυτών των παραγόντων με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των προβλημάτων.

Ειδικότερα τα πειράματα Α & Β, έχουν μια μη-διαισθητική εξέλιξη, η οποία σχετίζεται με την ύπαρξη εναλλακτικών απόψεων που σχηματίζονται με βάση την καθημερινή εμπειρία σε σχετικά φαινόμενα, ενώ τα πειράματα Γ & Δ έχουν διαισθητική εξέλιξη (Πίνακας 1). Συγκεκριμένα, στο πρόβλημα του Δοκιμίου Α οι περισσότεροι συμμετέχοντες χρησιμοποιούν την εμπειρία τους από την απορρόφηση της ακτινοβολίας, όπου τα μαύρα σώματα απορροφούν ευκολότερα και θεωρώντας ότι το φαινόμενο της εκπομπής είναι αντίστροφο, απαντούν ότι η άσπρη κούπα θα κρυώσει γρηγορότερα – το οποίο βεβαίως δεν ισχύει. Παρομοίως, στο πρόβλημα του Δοκιμίου Β, οι συμμετέχοντες χρησιμοποιούν την εμπειρία τους από την επίδραση της θερμοκρασίας του νερού στη διαλυτότητα της ζάχαρης, η οποία υπερδιπλασιάζεται (Από 20-100 °C μεταβολή 178%) και την μεταφέρουν κατ' αναλογία στο μαγειρικό αλάτι – το οποίο όμως δεν ισχύει, καθώς η διαλυτότητά του παραμένει πρακτικά σταθερή (Από 20-100 °C μεταβολή 8%).

Παράλληλα, τα πειράματα Β & Γ έχουν μικρό αριθμό μεταβλητών που χρειάζεται να διαχειριστούν οι φοιτητές, ενώ τα πειράματα Α & Δ έχουν μεγάλο αριθμό μεταβλητών (Πίνακας 1). Επομένως έτσι θα μπορέσουμε να ελέγξουμε κατά πόσο αυτοί οι δύο παράγοντες, επηρεάζουν το σχεδιασμό των πειραμάτων. Συγκεκριμένα στα πειράματα των δοκιμίων Β & Γ, οι συμμετέχοντες έχουν να αναγνωρίσουν και να διαχειριστούν, 1 ανεξάρτητη (ποσότητα ζάχαρης/αλατιού) και 2 εξαρτημένες μεταβλητές (ποσότητα νερού & θερμοκρασία νερού). Από την άλλη μεριά, στα προβλήματα Α & Δ, έχουν να αναγνωρίσουν και να διαχειριστούν 1 εξαρτημένη μεταβλητή (θερμοκρασία καφέ/αναψυκτικού) και 5 εξαρτημένες μεταβλητές (χρόνος, είδος/χρώμα ποτηριού, ποσότητα νερού, αρχική θερμοκρασία, θερμοκρασία περιβάλλοντος).

Η ρουμπρίκα - Το εργαλείο αξιολόγησης του σχεδιασμού πειραμάτων

Για την αξιολόγηση/βαθμολόγηση του σχεδιασμού των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε μια ειδικά κατασκευασμένη ρουμπρίκα, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί και σε άλλες παρόμοιες έρευνες σε μαθητές Δημοτικού & Γυμνασίου (Lefkos et al., 2011; Λεύκος & Ψύλλος, 2015), με κάποια όμως μικρή τροποποίηση και προσαρμογή στις συνθήκες (ηλικία / εμπειρία / γνωστικό επίπεδο συμμετεχόντων, διαφορετικό εκπαιδευτικό πλαίσιο) της συγκεκριμένης έρευνας, διατηρώντας όμως την γενική της φιλοσοφία.

Γενικά, η ρουμπρίκα προτείνει την αξιολόγηση του σχεδιασμού πειραμάτων σε διάφορους επιμέρους άξονες που ονομάζονται Διαστάσεις και αντιστοιχούν πρακτικά στις διάφορες φάσεις του σχεδιασμού πειραμάτων (Efstathiou et al., 2018; van Riesen et al., 2018). Για κάθε μια από τις Διαστάσεις, καθορίζονται στη συνέχεια τρία διαβαθμισμένα (3) επίπεδα επιτυχίας (Παράρτημα Β). Κατά την αξιολόγηση των σχεδιασμών, το κατώτερο επίπεδο λαμβάνει 1 βαθμό και το ανώτερο 3 βαθμούς.

Για την ανάδειξη των επιπέδων επιτυχίας σε κάθε μια από τις Διαστάσεις, χρησιμοποιείται η μεθοδολογία της ανάλυσης περιεχομένου, με βάση τις απαντήσεις που δίνουν οι συμμετέχοντες στο αντίστοιχο δοκίμιο. Αυτό σημαίνει ότι ο ερευνητής μπορεί να διαμορφώσει και να προσαρμόσει τα κριτήρια ένταξης στα επίπεδα επιτυχίας της κάθε Διάστασης, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά κάθε φορά των συμμετεχόντων. Από την άλλη μεριά, είναι προφανές ότι για να γίνει η οποιαδήποτε σύγκριση μεταξύ δύο ή περισσότερων διαφορετικών εφαρμογών της ρουμπρίκας (π.χ. όπως στην παρούσα έρευνα που έχουμε

επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ή όπως στην περίπτωση διαφορετικών πληθυσμών), θα πρέπει τόσο οι Διαστάσεις, όσο και τα κριτήρια και τα επίπεδα επιτυχίας να είναι όμοια.

Στην παρούσα έρευνα εφαρμόστηκε μια τροποποιημένη ρουμπρίκα σε σχέση με την αρχική, που αφορούσε στην αξιοποίηση των 6 Διαστάσεων (από τις 8 της πρωτότυπης έκδοσης). Συγκεκριμένα, μια από τις αρχικές Διαστάσεις που αφορούσε στη ρύθμιση συσκευών (π.χ. ρύθμιση της φλόγας ενός λύχνου θέρμανσης), θεωρήθηκε πως θα μπορούσε να συγχωνευθεί και να αξιολογηθεί ταυτόχρονα με τον γενικότερο καθορισμό των αρχικών συνθηκών. Έτσι, περιλαμβάνεται πλέον στη Διάσταση Δ4 της νέας ρουμπρίκας. Μία ακόμη Διάσταση που αφορούσε στην περιγραφή των φαινομένων που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια των πειραμάτων (π.χ. οι φυσαλίδες κατά το βρασμό του νερού), επίσης θεωρήθηκε πως θα μπορούσε να συγχωνευθεί, καθώς οι ερωτώμενοι αναφέρονται στα φαινόμενα αυτά περιγράφοντας την διαδικασία πειραματισμού / λήψης μετρήσεων (π.χ. παρατηρώντας τις φυσαλίδες να βγαίνουν από όλη τη μάζα του υγρού, μετρούν τη θερμοκρασία βρασμού του / σταματούν τις μετρήσεις). Επομένως η νέα Διάσταση 6, καλύπτει και τα ζητήματα αυτά. Οι έξι (6) Διαστάσεις του σχεδιασμού πειράματος που βαθμολογούνται με βάση τη ρουμπρίκα η οποία χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Δ1	Έκφραση υπόθεσης / αιτιολόγηση
Δ2	Προσδιορισμός τρόπου επαλήθευσης / εξαγωγής συμπεράσματος
Δ3	Αναφορά απαιτούμενων υλικών, οργάνων & συσκευών
Δ4	Προσδιορισμός εξαρτημένων / ανεξάρτητων μεταβλητών
Δ5	Καθορισμός αρχικών συνθηκών / ρυθμίσεις συσκευών
Δ6	Περιγραφή διαδικασίας πειραματισμού / λήψης μετρήσεων / καταγραφής δεδομένων.

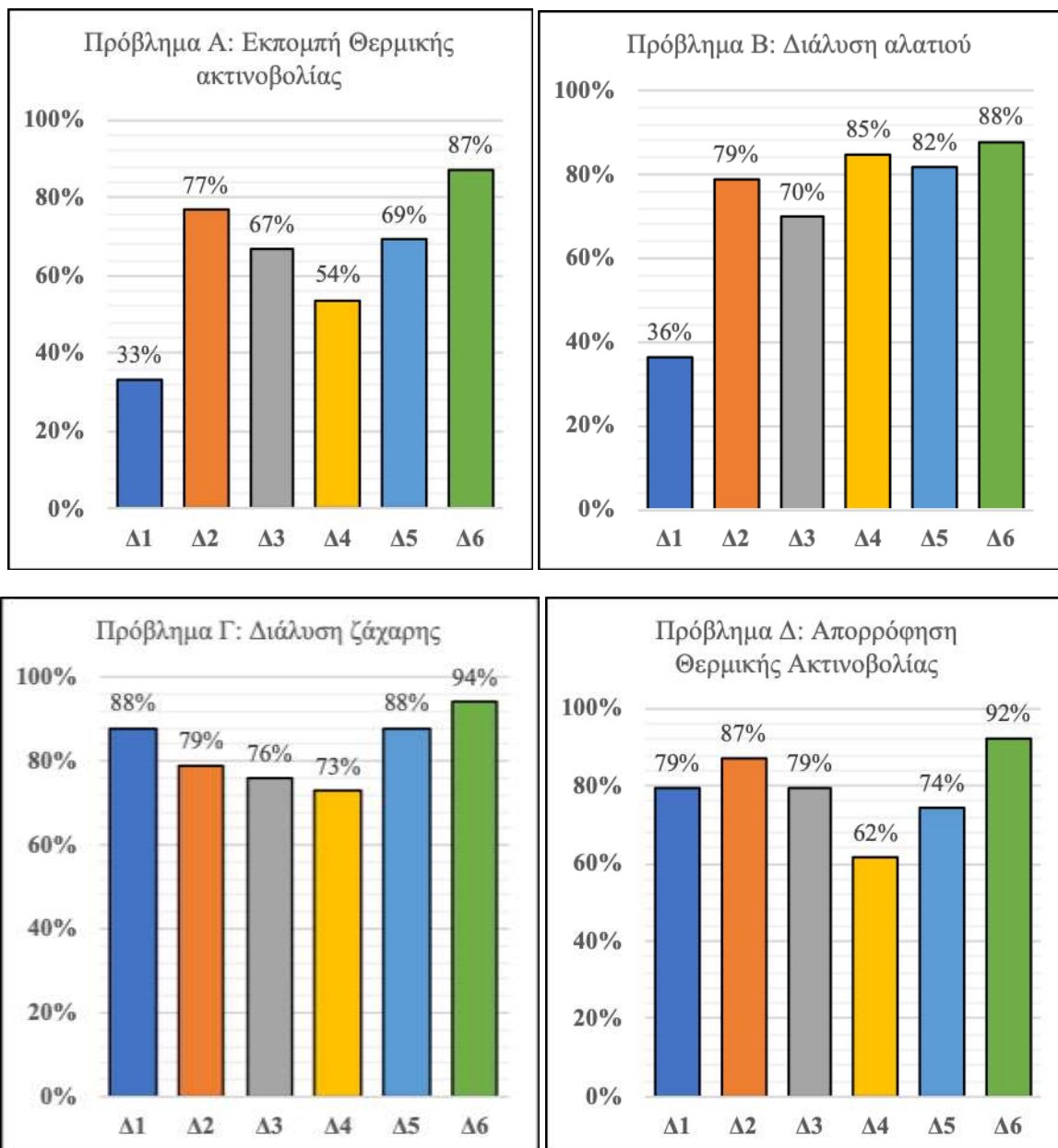
Πίνακας 8: Οι 6 Διαστάσεις σχεδιασμού πειραμάτων που αξιολογούνται από τη ρουμπρίκα

Μια άλλη τροποποίηση που έγινε σε σχέση την αρχική ρουμπρίκα, αφορά σε κάποια από τα επίπεδα επιτυχίας των επιμέρους Διαστάσεων. Η γενική φιλοσοφία της ρουμπρίκας, όπως εξηγήθηκε παραπάνω, στηρίζεται στη διαμόρφωση των επιπέδων επιτυχίας μέσα από την ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων. Κατά συνέπεια, η διαφορετική σύνθεση / ηλικία / επίπεδο αντίληψης και εμπειριών / εκπαιδευτικό πλαίσιο των ερωτώμενων στην παρούσα έρευνα, οδήγησε σε μερική αναδιαμόρφωση των επιπέδων επιτυχίας. Για παράδειγμα, στη Διάσταση Δ1: «Έκφραση Υπόθεσης, τα κριτήρια επιτυχίας αναδιαμορφώθηκαν ώστε να συμπεριλάβουν και τη χρήση (ή μη) επιστημονικής ορολογίας (κριτήριο που δεν υπήρχε στην αρχική ρουμπρίκα). Με παρόμοιο τρόπο, στη Διάσταση Δ2: «Επαλήθευση / Εξαγωγή συμπεράσματος», τα κριτήρια αναδιαμορφώθηκαν ώστε να συμπεριληφθεί η συχνά παρατηρούμενη έκφραση συμπερασμάτων με βάση την προσωπική άποψη/επιθυμία των ερωτώμενων και όχι με βάση τα πειραματικά δεδομένα. Στο Παράρτημα Β, παρατίθενται αναλυτικά όλα τα επίπεδα επιτυχίας για όλες τις Διαστάσεις.

Επομένως, σύμφωνα με τη νέα ρουμπρίκα, ο σχεδιασμός ενός πειράματος βαθμολογείται αναφορικά με 6 Διαστάσεις και 3 επίπεδα επιτυχίας για κάθε διάσταση, σε κάθε ένα από τα οποία αντιστοιχούν 1-3 βαθμοί. Κατά συνέπεια, κάθε διάσταση μπορεί να λάβει το ελάχιστο ένα (1) βαθμό και το μέγιστο έως τρεις (3) βαθμούς από κάθε συμμετέχοντα (π.χ. για κάθε διάσταση στο Δοκίμιο Α το ελάχιστο είναι $13 \times 1 = 13$ βαθμοί, ενώ μέγιστο είναι $13 \times 3 = 39$ βαθμοί).

Καθώς στην προκειμένη έρευνα μας ενδιαφέρει να διερευνήσουμε τις πιθανές δυσκολίες που συναντούν οι φοιτητές στο σχεδιασμό των πειραμάτων, ως σύνολο και όχι

ατομικά, η εστίαση της διερεύνησης γίνεται στη βαθμολογία της κάθε διάστασης πειραματισμού (όπως σχηματίζεται βέβαια μετά από την βαθμολόγηση των σχεδιασμών κάθε συμμετέχοντα). Για κάθε διάσταση υπολογίζεται επομένως το άθροισμα της βαθμολογίας, ενώ προκειμένου να γίνουν συγκρίσεις μεταξύ των πειραμάτων, οι βαθμολογίες μετατράπηκαν στη συνέχεια σε ποσοστά (%). Έτσι, Διαστάσεις που λαμβάνουν χαμηλή βαθμολογία σημαίνει ότι εμφανίζουν μεγαλύτερη δυσκολία για τους συμμετέχοντες, σε σχέση με άλλες Διαστάσεις που εμφανίζουν μεγαλύτερη βαθμολογία.



Σχήμα 1: Τα ποσοστά επιτυχίας (%) από τη βαθμολόγηση των επιμέρους Διαστάσεων σχεδιασμού πειράματος για τα προβλήματα Α-Δ των αντίστοιχων διαγνωστικών δοκιμίων

Τέλος, προκειμένου να διασφαλιστεί η εγκυρότητα περιεχομένου των κριτηρίων επιτυχίας, ζητήθηκε η συμβολή δύο συναδέλφων με ειδίκευση στη Διδακτική των Φυσικών

Επιστημών, εκ των οποίων ο ένας είναι έμπειρος ερευνητής / πανεπιστημιακός και ο άλλος νέος ερευνητής / εκπαιδευτικός δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η ομάδα αρχικά συμφώνησε για τις απαντήσεις του ανωτέρου επιπέδου επιτυχίας σε κάθε μια από τις Διαστάσεις, ενώ στη συνέχεια συμφωνήθηκαν οι απαντήσεις για την ταξινόμηση στα κατώτερα επίπεδα επιτυχίας. Αυτό έγινε ξεχωριστά για το κάθε ένα από τα δοκίμια.

Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα από τη βαθμολόγηση των επιμέρους Διαστάσεων των σχεδιασμών πειραμάτων (σε ποσοστό %) για κάθε δοκίμιο, παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.

Ως μια γενική εικόνα, μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι, εκτός μερικών εξαιρέσεων, οι επιδόσεις των συμμετεχόντων, κινήθηκαν στις περισσότερες από τις Διαστάσεις και σε όλα τα δοκίμια, σε υψηλά ποσοστά επιτυχίας.

Ταυτόχρονα όμως, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι μεταξύ των δοκιμίων εμφανίζονται κάποιες ομοιότητες και κάποιες διαφοροποιήσεις. Ειδικότερα επισημαίνουμε την ομοιότητα στα ποσοστά επιτυχίας της Δ1 στα δοκίμια Α & Β (επιτυχία 33% και 36% αντίστοιχα) με ταυτόχρονη διαφοροποίηση της ίδιας διάστασης στα δοκίμια Γ & Δ (88% και 79% αντίστοιχα). Επιπλέον επισημαίνουμε και την ομοιότητα στα ποσοστά επιτυχίας της Δ4 μεταξύ των δοκιμίων Β & Γ (85% και 73% αντίστοιχα), με ταυτόχρονη διαφοροποίηση της ίδιας διάστασης στα δοκίμια Α & Δ (54% και 62% αντίστοιχα).

Υπάρχει δηλαδή μια πρώτη ένδειξη για την διαφορετική εικόνα των Διαστάσεων Δ1 και Δ4, στα διαφορετικά δοκίμια, για την οποία παρακάτω ακολουθεί στατιστική ανάλυση.

Στατιστική ανάλυση των δεδομένων

Προκειμένου να διερευνηθούν οι πιθανές συσχετίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών (οι Διαστάσεις Δ1-Δ6 του πειραματισμού) με τις εξαρτημένες μεταβλητές (τα προβλήματα, η πολυπλοκότητά τους, και η διαισθητική τους εξέλιξη), ακολουθήθηκε η παρακάτω μεθοδολογία. Η επεξεργασία έγινε με το SPSS v27.

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Δ1	.359	48	<.001	.681	48	<.001
Δ2	.343	48	<.001	.697	48	<.001
Δ3	.303	48	<.001	.780	48	<.001
Δ4	.262	48	<.001	.806	48	<.001
Δ5	.312	48	<.001	.758	48	<.001
Δ6	.446	48	<.001	.571	48	<.001

a. Lilliefors Significance Correction

Πίνακας 9: Ο έλεγχος για την κανονικότητα της κατανομής των δεδομένων

Αρχικά ελέγχθηκε η κανονικότητα της κατανομής των τιμών στις ανεξάρτητες μεταβλητές (H_0 = Τα δεδομένα μας διαφέρουν από την κανονική κατανομή). Όπως φαίνεται στον Πίνακα 3, η μηδενική υπόθεση επιβεβαιώνεται σε όλες τις περιπτώσεις ($p < .001$), επομένως τα δεδομένα μας δεν ακολουθούν κανονική κατανομή.

Στη συνέχεια διερευνήθηκαν οι πιθανές συσχετίσεις των ανεξάρτητων μεταβλητών με τις εξαρτημένες. Καθώς η κατανομή των δεδομένων δεν είναι κανονική χρησιμοποιήθηκαν για τον έλεγχο αυτό τα μη-παραμετρικά τεστ ανεξάρτητων δειγμάτων, όπως περιγράφεται παρακάτω, για κάθε μια από τις εξαρτημένες μεταβλητές ξεχωριστά.

Έτσι, αρχικά διερευνήθηκε η συμπεριφορά των δεδομένων μας και συγκεκριμένα των 6 Διαστάσεων του πειραματισμού, σε σχέση με τα διαφορετικά δοκίμια που χρησιμοποιήσαμε. Η μηδενική υπόθεση σε αυτή τη διερεύνηση είναι: $H_0 = H$ κατανομή της Διάστασης-Χ, είναι ίδια σε όλα τα δοκίμια.

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig. ^{a,b}	Decision
1	The distribution of Δ1 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	<.001	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of Δ2 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.492	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of Δ3 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.539	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of Δ4 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.003	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of Δ5 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.310	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of Δ6 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.646	Retain the null hypothesis.

a. The significance level is .050.

b. Asymptotic significance is displayed.

Πίνακας 10: Διερεύνηση της εξάρτησης των Διαστάσεων του πειραματισμού από τα διαφορετικά Δοκίμια (πειράματα)

Εφόσον διαπιστώσαμε ότι οι Διαστάσεις Δ1 και Δ4 εμφανίζουν πράγματι Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4, από τις 6 Διαστάσεις, οι 4 (Δ2, Δ3, Δ5, Δ6) φαίνεται να ικανοποιούν την μηδενική υπόθεση H_0 . Αυτό σημαίνει ότι οι απαντήσεις των φοιτητών/φοιτητριών, δεν έχουν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p > .05$) μεταξύ των δοκίμων αναφορικά με τις Διαστάσεις αυτές.

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig. ^{a,b}	Decision
1	The distribution of $\Delta 1$ is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	<.001	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of $\Delta 2$ is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.492	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of $\Delta 3$ is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.539	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of $\Delta 4$ is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.003	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of $\Delta 5$ is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.310	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of $\Delta 6$ is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.646	Retain the null hypothesis.

a. The significance level is .050.

b. Asymptotic significance is displayed.

Πίνακας 11: Διερεύνηση της εξάρτησης των Διαστάσεων του πειραματισμού από την πολυπλοκότητα των πειραμάτων (πλήθος μεταβλητών)

Από την άλλη μεριά, οι Διαστάσεις $\Delta 1$ και $\Delta 4$, απορρίπτουν την μηδενική υπόθεση H_0 . Αυτό σημαίνει επομένως ότι οι απαντήσεις των φοιτητών/φοιτητριών, εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p < .05$) μεταξύ των δοκιμών αναφορικά με τις Διαστάσεις αυτές. Αυτό βέβαια ήταν και ένα από τα ζητούμενα στα ερευνητικά μας ερωτήματα και επιβεβαιώνει τον ερευνητικό σχεδιασμό και την καταλληλότητα της επιλογής των δοκιμών.

Διαφοροποίηση μεταξύ των δοκιμών, χρειάζεται να ελέγξουμε κατά πόσο αυτή η διαφοροποίηση εξαρτάται από τις άλλες εξαρτημένες μεταβλητές, δηλαδή την πολυπλοκότητα των πειραμάτων (πλήθος μεταβλητών) που έχουν τα δοκίμια και την διαισθητικότητα ή μη, στην εξέλιξη των πειραμάτων. Κάθε ένας από τους παράγοντες αυτούς ελέγχεται ξεχωριστά στα παρακάτω τεστ.

Με το πρώτο τεστ, ελέγξαμε την εξάρτηση των 6 Διαστάσεων του πειραματισμού, από την πολυπλοκότητα των πειραμάτων, δηλαδή το πλήθος των μεταβλητών που έπρεπε να διαχειριστούν οι φοιτητές / φοιτήτριες. Η μηδενική υπόθεση σε αυτή τη διερεύνηση είναι: $H_0 = H$ κατανομή της Διάστασης- X , είναι ίδια σε όλα τα δοκίμια, ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα των προβλημάτων που περιέχουν.

Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 5, από τις 6 Διαστάσεις, οι 5 ($\Delta 1$, $\Delta 2$, $\Delta 3$, $\Delta 5$, $\Delta 6$) φαίνεται να ικανοποιούν την μηδενική υπόθεση H_0 . Αυτό σημαίνει ότι οι απαντήσεις των φοιτητών/φοιτητριών, δεν έχουν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p > .05$) μεταξύ των δοκιμών αναφορικά με τις Διαστάσεις αυτές.

Από την άλλη μεριά, η Διάσταση $\Delta 4$ (προσδιορισμός μεταβλητών), απορρίπτει την μηδενική υπόθεση H_0 . Αυτό σημαίνει επομένως ότι οι απαντήσεις των φοιτητών/φοιτητριών, εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p < .001$) μεταξύ των δοκιμών αναφορικά με τη διάσταση αυτή. Επομένως, οι απαντήσεις στα δοκίμια, επηρεάζονται από το πλήθος των μεταβλητών που έχουν να διαχειριστούν.

Στη συνέχεια, διαδικασία ελέγχου επαναλήφθηκε, αυτή τη φορά όμως με σκοπό τη διερεύνηση της πιθανής συσχέτισης των Διαστάσεων με την διαισθητικότητα (ή όχι) της εξέλιξης των πειραμάτων. Η μηδενική υπόθεση σε αυτή τη διερεύνηση είναι: $H_0 = H$ κατανομή

της Διάστασης-Χ, είναι ίδια σε όλα τα δοκίμια, ανεξάρτητα από το αν τα προβλήματα που περιλαμβάνονται σε αυτά έχουν διαισθητική (ή όχι) εξέλιξη.

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test	Sig. ^{a,b}	Decision
1	The distribution of Δ1 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	<.001	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of Δ2 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.492	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of Δ3 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.539	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of Δ4 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.003	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of Δ5 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.310	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of Δ6 is the same across categories of Δοκίμιο.	Independent-Samples Kruskal-Wallis Test	.646	Retain the null hypothesis.

a. The significance level is .050.

b. Asymptotic significance is displayed.

Πίνακας 12: Διερεύνηση της εξάρτησης των Διαστάσεων του πειρατισμού από την διαισθητικότητα (ή όχι) της εξέλιξης των πειραμάτων

Όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 6, από τις 6 Διαστάσεις, οι 5 (Δ2, Δ3, Δ4, Δ5, Δ6) φαίνεται να ικανοποιούν την μηδενική υπόθεση H0. Αυτό σημαίνει ότι οι απαντήσεις των φοιτητών/φοιτητριών, δεν έχουν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p > .05$) μεταξύ των δοκιμών αναφορικά με τις Διαστάσεις αυτές.

Από την άλλη μεριά, η Διάσταση Δ1 (έκφραση υπόθεσης), απορρίπτει την μηδενική υπόθεση H0. Αυτό σημαίνει επομένως ότι οι απαντήσεις των φοιτητών/φοιτητριών, εμφανίζουν στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση ($p < .001$) μεταξύ των δοκιμών αναφορικά με τη διάσταση αυτή. Αυτό σημαίνει ότι οι απαντήσεις στα δοκίμια, επηρεάζονται από το γεγονός ότι κάποια από τα προβλήματα έχουν διαισθητική εξέλιξη ενώ κάποια άλλα μη-διαισθητική.

		Δ1	Δ2	Δ3	Δ4	Δ5	Δ6	Πλήθος μεταβλητών	Διαισθητική εξέλιξη
Πλήθος μεταβλητών	Pearson Correlation	-.093	.091	.008	-.456**	-.262	-.038	1	.000
	Sig. (2-tailed)	.530	.537	.956	.001	.072	.796		1.000
	N	48	48	48	48	48	48	48	48
Διαισθητική εξέλιξη	Pearson Correlation	.794**	.156	.230	-.090	.112	.183	.000	1
	Sig. (2-tailed)	<.001	.289	.116	.541	.449	.212	1.000	
	N	48	48	48	48	48	48	48	48

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Πίνακας 13: Τα αποτελέσματα της ανάλυσης Pearson, ανέδειξαν τους συσχετισμούς των επιμέρους Διαστάσεων με τα χαρακτηριστικά των προβλημάτων

Τέλος, διερευνήσαμε τις συσχετίσεις των Διαστάσεων με τα περιεχόμενα των προβλημάτων χρησιμοποιώντας και το τεστ Pearson (Πίνακας 7). Πράγματι διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ της διάστασης Δ1 και της διαισθητικής εξέλιξης του προβλήματος ($r(47) = .794, p < .001$). Επίσης διαπιστώθηκε αρνητική συσχέτιση μεταξύ της διάστασης Δ4 και του πλήθους των μεταβλητών του προβλήματος ($r(47) = -.456, p = .001$).

Παρατηρήσεις

Κατά συνέπεια, αναφορικά με τα ερευνητικά μας ερωτήματα, τα δεδομένα μας επιβεβαιώνουν ότι:

(α) Χρησιμοποιώντας την προτεινόμενη ρουμπρίκα, έγινε εφικτή η αξιολόγηση των ΣχΠ των μελλοντικών εκπαιδευτικών και με τον τρόπο αυτό εντοπίστηκαν οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν σε συγκεκριμένες από τις 6 αξιολογούμενες Διαστάσεις (EE1). Επομένως θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η ρουμπρίκα αυτή, ως διαγνωστικό αλλά και πιθανώς διαμορφωτικό εργαλείο για την ανάπτυξη της ικανότητας ΣχΠ.

(β) Το περιεχόμενο και τα χαρακτηριστικά των προβλημάτων φάνηκε να επηρεάζουν την επιτυχία του ΣχΠ των φοιτητών, καθώς τα επίπεδα επιτυχίας στις επιμέρους Διαστάσεις, εξαρτώνται από το είδος των προβλημάτων που περιείχαν τα δοκίμια (EE2). Αυτό φάνηκε αφενός από την εφαρμογή του τεστ Kruskal-Wallis (Πίνακας 4), όπου όλες οι Διαστάσεις του ΣχΠ εμφανίζουν ομοιογένεια, εκτός από τις Δ1 και Δ4, οι οποίες έχουν στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στα διαφορετικά δοκίμια. Οι Διαστάσεις που εμφανίζουν δυσκολίες, φαίνεται να συνδέονται άμεσα με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Έτσι, με το τεστ Mann-Whitney-U, διαπιστώθηκε η εξάρτηση της Δ1 από την διαισθητική (ή μη) εξέλιξη των φαινομένων που περιλαμβάνονταν στα προβλήματα (Πίνακας 6), αλλά και η εξάρτηση της Δ4 από το πλήθος των μεταβλητών που καλούνται να διαχειριστούν οι συμμετέχοντες (Πίνακας 5). Επιπλέον με χρήση του τεστ Pearson (Πίνακας 7) βρέθηκε ότι η πρώτη συσχέτιση είναι πολύ ισχυρή, ενώ η δεύτερη έχει μέτρια ισχύ. Αυτό θα πρέπει να σημειωθεί στους περιορισμούς της έρευνας.

(γ) Οι παράγοντες που μπορεί να προκαλέσουν δυσκολία και ελέγχθηκαν στην παρούσα εργασία, είναι η ύπαρξη εναλλακτικών απόψεων και η πολυπλοκότητα των φαινομένων που καλούνται να αντιμετωπίσουν οι συμμετέχοντες (EE3). Οι παράγοντες αυτοί είχαν εισαχθεί με κατάλληλες επιλογές στα χαρακτηριστικά των προβλημάτων που περιείχαν τα δοκίμια, καθώς από τις προηγούμενες έρευνες διαπιστώθηκε ότι ο ΣχΠ παρουσιάζει δυσκολίες αναφορικά με την γνώση του περιεχομένου ή με τη διαχείριση των μεταβλητών, αλλά δεν είχαν εξεταστεί από την οπτική γωνία που τίθεται στην παρούσα έρευνα.

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Έχει διαπιστωθεί ότι οι εκπαιδευτικοί διστάζουν να υλοποιήσουν διερευνητικές προσεγγίσεις (Melville et al., 2013), είτε για λόγους έλλειψης εργαστηριακού εξοπλισμού, είτε για λόγους έλλειψης χρόνου (Ha & Kim, 2020). Ένας άλλος λόγος όμως θεωρούμε πως είναι και η μικρή τους εξοικείωση και προς την κατεύθυνση αυτή θα μπορούσε να συμβάλει η εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών στο Πανεπιστήμιο (Molohidis & Hatzikraniotis, 2018). Δραστηριότητες όπως ο σχεδιασμό πειραμάτων, μπορούν να ενισχύσουν όψεις τη διερεύνησης και θεωρούνται ίσως σημαντικότερες από την καθαυτή διεξαγωγή των πειραμάτων (Garratt & Tomlinson, 2001). Τέτοιου είδους δραστηριότητες, μπορούν αφενός να προωθήσουν την εφαρμογή διερευνητικών προσεγγίσεων, αφετέρου είναι πολύ εύκολο να υλοποιηθούν. Επομένως, θεωρούμε πως είναι πολύ χρήσιμο για τους μελλοντικούς

εκπαιδευτικούς, να τις βιώσουν, να ασκηθούν πάνω σε αυτές, αλλά και να συζητήσουν τις εκπαιδευτικές τους διαστάσεις.

Στην εργασία αυτή, διερευνήθηκε η ικανότητα των φοιτητών / φοιτητριών παιδαγωγικής κατεύθυνσης στο σχεδιασμό πειραμάτων (ΣχΠ) και συγκεκριμένα αξιολογήθηκε η επιτυχία τους σε έξι (6) Διαστάσεις του σχεδιασμού: την έκφραση μιας υπόθεσης για την εξέλιξη του φαινομένου, την αναγνώριση των μεταβλητών που επηρεάζουν το φαινόμενο, την υιοθέτηση μιας κατάλληλης στρατηγικής διαχείρισης των μεταβλητών ώστε τα αποτελέσματα να δίνουν έγκυρα συμπεράσματα, την επιλογή των απαιτούμενων υλικών / οργάνων / συσκευών που απαιτούνται, την υιοθέτηση μιας κατάλληλης διαδικασίας λήψης / καταγραφής των μετρήσεων και τέλος τον καθορισμό των κριτηρίων για την αξιολόγηση των δεδομένων και την εξαγωγή συμπεράσματος. Από τη διερεύνηση αυτή φάνηκε ότι οι συμμετέχοντες έχουν αρκετά υψηλά ποσοστά επιτυχίας στις περισσότερες από τις παραπάνω διαστάσεις, ενώ αντιμετωπίζουν δυσκολίες σε κάποιες άλλες, όπως η έκφραση υπόθεσης και η διαχείριση των μεταβλητών.

Προκειμένου να υλοποιηθεί η παραπάνω διερεύνηση, προτάθηκε στην εργασία η χρήση μιας ρουμπρίκας αξιολόγησης, που περιλαμβάνει ως άξονες τις έξι (6) παραπάνω Διαστάσεις του σχεδιασμού με τρία (3) επίπεδα επιτυχίας στη κάθε μια. Η ρουμπρίκα αυτή προέκυψε από την τροποποίηση μιας προγενέστερης, η οποία έχει χρησιμοποιηθεί για τον ίδιο σκοπό σε μαθητές Γυμνασίου και Δημοτικού (Lefkos et al., 2011; Samanta et al., n.d.) και αξιοποιήθηκε σε συνδυασμό με ένα κατάλληλα δομημένο Φύλλο Σχεδιασμού Πειράματος, χάρη στο οποίο συλλέχθηκαν τα δεδομένα των συμμετεχόντων, ενώ στη συνέχεια με τη μεθοδολογία της ανάλυσης περιεχομένου, οι απαντήσεις τους κατατάχθηκαν στα διάφορα επίπεδα επιτυχίας της κάθε Διάστασης. Το Φύλλο ΣχΠ, συνέβαλλε στην εύκολη καταγραφή των απαντήσεων, αλλά και στην ακόμη ευκολότερη αξιολόγησή τους με ένα όσο το δυνατόν αξιόπιστο τρόπο (Emden & Sumfleth, 2016).

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω τεσσάρων διαγνωστικών δοκιμίων, κάθε ένα από τα οποία περιείχε ένα διαφορετικό πρόβλημα προς επίλυση και το αντίστοιχο Φύλλο ΣχΠ, ενώ τα προβλήματα αυτά είχαν ορισμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που διευκόλυναν στη διάγνωση των πιθανών δυσκολιών των συμμετεχόντων.

Ένας από τους στόχους της έρευνας ήταν και η διερεύνηση της χρήσης της ίδιας της ρουμπρίκας και κατά πόσο αυτή μπορεί να λειτουργήσει ως ένα διαγνωστικό εργαλείο για την αξιολόγηση του σχεδιασμού πειραμάτων. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι πράγματι μπορεί να λειτουργήσει με τον τρόπο αυτό, καθώς παρείχε τη δυνατότητα αφενός της αξιολόγησης με έναν τρόπο εύκολο και αξιόπιστο, αφετέρου δε της ανάδειξης των δυσκολιών που αντιμετώπισαν οι συμμετέχοντες στο ΣχΠ.

Η σημασία της ύπαρξης ενός διαγνωστικού εργαλείου, το οποίο σε συνδυασμό με το Φύλλο ΣχΠ μπορεί να εφαρμόζεται εύκολα και γρήγορα, είναι θεωρούμε σημαντική για τους εκπαιδευτικούς, καθώς προσφέρει τη δυνατότητα υλοποίησης δραστηριοτήτων σχεδιασμού πειραμάτων χωρίς την ανάγκη για ιδιαίτερο εξοπλισμό και σε σύντομο χρόνο (Ha & Kim, 2020). Ταυτόχρονα, θεωρούμε ότι προσφέρει και το πλεονέκτημα της εφαρμογής σε διαφορετικές εκπαιδευτικές συνθήκες. Θεωρούμε ότι τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να συμβάλλουν στην αλλαγή της οπτικής των (μελλοντικών) εκπαιδευτικών (Melville et al., 2013), υπέρ της υιοθέτησης διερευνητικών πρακτικών και της υλοποίησης αντίστοιχων δραστηριοτήτων.

Ένας άλλος στόχος της εργασίας αυτής, ήταν να διερευνηθεί την πιθανή διασύνδεση των δυσκολιών στο ΣχΠ που αντιμετωπίζουν οι συμμετέχοντες, με τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των προβλημάτων στα οποία καλούνται να απαντήσουν σχεδιάζοντας ένα πείραμα. Από προηγούμενες έρευνες, είτε σε μαθητές είτε σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, είναι γνωστό ότι εμφανίζονται δυσκολίες στο ΣχΠ και ιδιαίτερα στη διατύπωση υποθέσεων ή τη διαχείριση μεταβλητών (π.χ. Boudreaux et al., 2008; Lawson, 2002; van Riesen et al., 2018),

που συμπίπτουν και με τα αποτελέσματα της δικής μας έρευνας. Ως αιτία για την ύπαρξη αυτών των δυσκολιών έχει θεωρηθεί η ελλιπής γνώση του επιστημονικού περιεχομένου (Dasgupta et al., 2014; Schreiber, Theyssen, & Schecker, 2012), ή τα διάφορα είδη μεταβλητών που καλούνται να διαχειριστούν οι συμμετέχοντες (Arnold et al., 2014; Dasgupta et al., 2014). Δεν είχε όμως διερευνηθεί ιδιαίτερα ή επίδραση στον ΣχΠ, (α) της ύπαρξης εναλλακτικών απόψεων στους συμμετέχοντες, καθώς και (β) η απαίτηση για τη διαχείριση πολλών μεταβλητών, το οποίο φαίνεται να διαπιστώνεται από την παρούσα έρευνα.

Η διαπίστωση του συσχετισμού των δυσκολιών στο ΣχΠ με τα παραπάνω χαρακτηριστικά των προβλημάτων που μπορεί να περιλαμβάνονται στις διερευνητικές δραστηριότητες, θεωρούμε πως έχει ιδιαίτερη σημασία για τους εκπαιδευτικούς που σχεδιάζουν τις δραστηριότητες αυτές.

Για παράδειγμα όταν ένας εκπαιδευτικός έχει γνώση των παραπάνω διαπιστώσεων και επιθυμεί να σχεδιάσει μια διαγνωστική δραστηριότητα, θα μπορούσε να συμπεριλάβει σε αυτή προβλήματα αυξημένης δυσκολίας (π.χ. φαινόμενα με πολλές μεταβλητές και μη-διαισθητική εξέλιξη) ή μικρότερης δυσκολίας (π.χ. φαινόμενα με λίγες μεταβλητές και διαισθητική εξέλιξη), ανάλογα με το επίπεδο των συμμετεχόντων και τους στόχους που έχει θέσει. Φυσικά, η πιθανή διαπίστωση των δυσκολιών αυτών, επισημαίνει και την ανάγκη ενίσχυσης των συμμετεχόντων, είτε σε επίπεδο γνωστικού περιεχομένου, είτε / και σε επίπεδο στρατηγικών διαχείρισης μεταβλητών.

Ανάλογα, στη περίπτωση που επιθυμεί να ασκήσει τους συμμετέχοντες και στοχεύει στην ανάπτυξη των ικανοτήτων ΣχΠ, ίσως να ξεκινούσε με προβλήματα που είχαν μικρή δυσκολία και σταδιακά η δυσκολία τους να αυξάνεται, με την ταυτόχρονη εμβάθυνση τόσο στο γνωστικό περιεχόμενο, όσο και στο διαδικαστικό επίπεδο της διαχείρισης των μεταβλητών.

Οι εκπαιδευτικοί στον δύσκολο ρόλο που αναλαμβάνουν για το σχεδιασμό δραστηριοτήτων και την αξιολόγηση των μαθητών, έχουν ανάγκη από εύχρηστα και ευέλικτα μαθησιακά εργαλεία. Μια ρουμπρίκα αξιολόγησης όπως αυτή που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία, σε συνδυασμό με το Φύλλο Σχεδιασμού πειραμάτων, προσφέρεται για την εύκολη υλοποίηση σχετικών δραστηριοτήτων σχεδιασμού. Καθώς οι δραστηριότητες αυτές μπορούν να υλοποιούνται χωρίς την ανάγκη εργαστηριακού εξοπλισμού, ανεξάρτητα από την εκτέλεση ενός πειράματος, δίνεται στον εκπαιδευτικό η δυνατότητα να τις αξιοποιεί με ευελιξία, είτε για τη διάγνωση των ικανοτήτων σχεδιασμού των μαθητευομένων, είτε και σαν εργαλείο διαμορφωτικής αξιολόγησης και συμβολής στην ανάπτυξη των ικανοτήτων αυτών.

Η διακριτή σχέση της φάσης του σχεδιασμού, όπως υιοθετήθηκε στην παρούσα εργασία, από τη φάση της εκτέλεσης των πειραμάτων, προσφέρει επιπλέον το πλεονέκτημα της υλοποίησης των σχετικών δραστηριοτήτων, ανεξάρτητα από το περιβάλλον πειραματισμού, είτε δηλαδή πρόκειται για εργαστήριο με φυσικά ή με εικονικά υλικά, σε διαζύγηση ή σε εξ αποστάσεως εκπαιδευτικές συνθήκες.

Οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί θα κληθούν να αναλάβουν τον παραπάνω ρόλο. Είναι επομένως σημαντικό η εκπαίδευσή τους στο Πανεπιστήμιο να τους παρέχει το κατάλληλο παιδαγωγικό υπόβαθρο αλλά και να τους φέρει σε επαφή με εύχρηστα εργαλεία, προκειμένου να αποκτήσουν μια θετική στάση απέναντι στις διερευνητικές προσεγγίσεις, καθώς αυτές μπορούν να αναπτύξουν στους μελλοντικούς μαθητές τους ικανότητες για την επίλυση προβλημάτων, τόσο στο προσωπικό, όσο και στο επαγγελματικό επίπεδο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., ... Tuan, H. L. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>
- Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments-What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719–2749. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>
- Boudreaux, A., Shaffer, P. S., Heron, P. R. L., & McDermott, L. C. (2008). Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system. *American Journal of Physics*, 76(2), 163–170. <https://doi.org/10.1119/1.2805235>
- Dasgupta, A. P., Anderson, T. R., & Pelaez, N. (2014). Development and validation of a rubric for diagnosing students' experimental design knowledge and difficulties. *CBE Life Sciences Education*, 13(2), 265–284. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-09-0192>
- Efstathiou, C., Hovardas, T., Xenofontos, N. A., Zacharia, Z. C., DeJong, T., Anjewierden, A., & van Riesen, S. A. N. (2018). Providing guidance in virtual lab experimentation: the case of an experiment design tool. *Educational Technology Research and Development*, 66(3), 767–791. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9576-z>
- Emden, M., & Sumfleth, E. (2016). Assessing Students' Experimentation Processes in Guided Inquiry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 14(1), 29–54. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9564-7>
- Etkina, E., Van Heuvelen, A., White-Brahmia, S., Brookes, D. T., Gentile, M., Murthy, S., ... Warren, A. (2006). Scientific abilities and their assessment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 2(2), 1–15. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.2.020103>
- Ha, S., & Kim, M. (2020). Challenges of designing and carrying out laboratory experiments about Newton's second law: The case of Korean gifted students. *Science and Education*, 29(5), 1389–1416. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00155-1>
- Harlen, W. (2013). *Assessment & Inquiry-Based Science Education: Issues in Policy and Practice*. (D. Bell, J. Dolin, P. Léna, S. Peers, X. Person, P. Rowell, & E. Saltiel, Eds.). Trieste: Global Network of Science Academies (IAP).
- Kalthoff, B., Theyssen, H., & Schreiber, N. (2018). Explicit promotion of experimental skills. And what about the content-related skills? *International Journal of Science Education*, 40(11), 1305–1326. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1477262>
- Karelina, A., & Etkina, E. (2007). Acting like a physicist: Student approach study to experimental design. *Physical Review Special Topics Physics Education Research*, 3(2), 1–12. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.3.020106>
- Kipnis, M., & Hofstein, A. (2008). The inquiry laboratory as a source for development of metacognitive skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(3), 601–627. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9066-y>
- Komives, C. F. (2015). Inquiry-Based Laboratory for Teaching Students Design-of-Experiments. *Journal of Engineering Education Transformations*, 28(2), 1–5. Retrieved from <http://journaleet.org/index.php/jeet/article/view/56595>
- Komives, C., Mourtos, N. J., McMullin, K. M., & Anagnos, T. (2007). Evaluating student mastery of design of experiment. In *2007 37th annual frontiers in education conference - global engineering: knowledge without borders, opportunities without passports* (pp. T3G-7-T3G-12). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2007.4417923>

- Lawson, A. E. (2002). Sound and faulty arguments generated by preservice biology teachers when testing hypotheses involving unobservable entities. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(3), 237–252. <https://doi.org/10.1002/tea.10019>
- Lefkos, I., Psillos, D., & Hatzikraniotis, E. (2011). Designing experiments on thermal interactions by secondary-school students in a simulated laboratory environment. *Research in Science & Technological Education*, 29(2), 189–204. <https://doi.org/10.1080/02635143.2010.533266>
- Melville, W., Bartley, A., & Fazio, X. (2013). Scaffolding the Inquiry Continuum and the Constitution of Identity. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 11(5), 1255–1273. <https://doi.org/10.1007/s10763-012-9375-7>
- Millar, R. (2004). The role of practical work in the teaching and learning of science. In *High School Science Laboratories: Role and Vision* (p. 25). Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Molohidis, A., & Hatzikraniotis, E. (2018). Introducing Preservice Science Teachers in the Development of Inquiry-Based Activities. In *The Role of Laboratory Work in Improving Physics Teaching and Learning* (pp. 131–143). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96184-2_11
- Osterhaus, C., Koerber, S., & Sodian, B. (2015). Children’s understanding of experimental contrast and experimental control: an inventory for primary school. *Frontline Learning Research*, 3(4), 56–94. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14786/flr.v3i4.220>
- Samanta, A., Lefkos, I., & Psillos, D. (n.d.). Developing Primary School students’ conceptual knowledge and experimental skills by combining virtual and physical labs. *Journal of Physics: Conference Series*, (to be published).
- Schneider, W., & Bullock, M. (2011). *Human development from early childhood to early adulthood: Findings from a 20 year longitudinal study*. (W. Schneider & M. Bullock, Eds.), *Human Development from Early Childhood to Early Adulthood: Findings from a 20 Year Longitudinal Study*. Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9780203888544>
- Schreiber, N., Theyssen, H., & Schecker, H. (2012). Experimental competencies in science: A comparison of assessment tools. *E-Book Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science Learning and Citizenship. Part 10 Evaluation and Assessment of Student Learning*, 66–72.
- Sokołowska, D. (2018). Effectiveness of Learning Through Guided Inquiry. In *The Role of Laboratory Work in Improving Physics Teaching and Learning* (pp. 243–255). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-96184-2_20
- van Riesen, S. A. N., Gijlers, H., Anjewierden, A., & de Jong, T. (2018). Supporting learners’ experiment design. *Educational Technology Research and Development*, 66(2), 475–491. <https://doi.org/10.1007/s11423-017-9568-4>
- Λεύκος, Ι., & Ψύλλος, Δ. (2015). Διερευνώντας διαστάσεις της ικανότητας πειραματισμού, μαθητών του Δημοτικού Σχολείου. In Δημήτριος Ψύλλος, Α. Μολοχίδης, & Μ. Καλλέρη (Eds.), *9ου Πανελληνίου Συνέδριου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση* (pp. 908–914). Θεσσαλονίκη: ΠΤΔΕ – ΑΠΘ.
- Ψύλλος, Δημήτρης. (2021). Διδακτική Φυσικών Επιστημών Και Ψηφιακές Τεχνολογίες: Όψεις Και Μετασχηματισμοί. *Έρευνα Για Την Εκπαίδευση Στις Φυσικές Επιστήμες Και Την Τεχνολογία*, 1(1), 191. <https://doi.org/10.12681/riste.27276>

Παράρτημα Ι

Το Διαγνωστικό Δοκίμιο για το πρόβλημα με την εκπομπή της ακτινοβολίας

Ερώτηση:

Ο Βασίλης χάρισε στον πατέρα του δυο όμοιες κούπες για τον καφέ του. Μια **άσπρη** και μια **μαύρη**.

Ποια πιστεύετε ότι είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσει για να κρατήσει τον καφέ **ζεστό** για **περισσότερη ώρα**;

Την άσπρη Την μαύρη Το ίδιο είναι



Γιατί;

Σχεδιάστε (περιγράψτε) ένα πείραμα μέσα από το οποίο θα μπορέσετε να ελέγξετε την απάντησή σας στο ερώτημα!

- Τι θα κρατήσω σταθερό;.....

.....

- Τι θα αλλάζω/ θα μεταβάλλω;

1. Τι θα χρειαστώ / υλικά – συσκευές;

.....

.....

.....

2. Τι θα κάνω στην αρχή / πώς ξεκινάω;

.....

.....

.....

3. Τι θα κάνω μετά / διαδικασία;

.....

.....

.....

4. Τι θα παρατηρώ / μετράω;

.....

.....

.....

5. Πώς θα βγάλω συμπέρασμα αν έκανα σωστή πρόβλεψη, ποια είναι τα κριτήρια;

.....

.....

.....

Παράρτημα II

Η ρουμπρίκα αξιολόγησης των 6 Διαστάσεων του σχεδιασμού πειράματος

Δ1 – Έκφραση Υπόθεσης / αιτιολόγηση	
Επίπεδο Υ1	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια εκφράζει υποθέσεις με βάση διαισθητικά κριτήρια ή εναλλακτικές απόψεις
Επίπεδο Υ2	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια εκφράζει υποθέσεις με βάση επιστημονικώς αποδεκτά κριτήρια
Επίπεδο Υ3	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια εκφράζει υποθέσεις χρησιμοποιώντας επιστημονική ορολογία
Δ2 - Επαλήθευση / εξαγωγή συμπεράσματος	
Επίπεδο Ε1	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια μπορεί να προσδιορίσει το κριτήριο επαλήθευσης της υπόθεσής του ελλιπώς / καθόλου
Επίπεδο Ε2	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια προσδιορίζει το κριτήριο με βάση τις προσωπικές του προσδοκίες
Επίπεδο Ε3	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια μπορεί να προσδιορίσει ξεκάθαρα το κριτήριο επαλήθευσης της υπόθεσής του
Δ3 - Υλικά, Όργανα & Συσκευές	
Επίπεδο Ο1	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια αναφέρει λίγα από τα απαραίτητα (ή άσχετα με το πείραμα) όργανα & συσκευές
Επίπεδο Ο2	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια αναφέρει τα περισσότερα από τα απαραίτητα όργανα & συσκευές
Επίπεδο Ο3	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια αναφέρει όλα τα απαραίτητα όργανα & συσκευές
Δ4 - Προσδιορισμός μεταβλητών	
Επίπεδο Μ1	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια δεν προσδιορίζει τις εξαρτημένες & ανεξάρτητες μεταβλητές
Επίπεδο Μ2	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια προσδιορίζει ελλιπώς τις εξαρτημένες & ανεξάρτητες μεταβλητές
Επίπεδο Μ3	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια προσδιορίζει πλήρως τις εξαρτημένες & ανεξάρτητες μεταβλητές
Δ5 - Καθορισμός αρχικών συνθηκών / Ρυθμίσεις συσκευών	
Επίπεδο Α1	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια δεν προσδιορίζει τις αρχικές συνθήκες
Επίπεδο Α2	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια προσδιορίζει ελλιπώς τις αρχικές συνθήκες
Επίπεδο Α3	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια προσδιορίζει πλήρως τις αρχικές συνθήκες
Δ6 - Πειραματική διαδικασία / μέτρηση / καταγραφή	
Επίπεδο Π1	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια δεν μπορεί να περιγράψει τη διαδικασία μέτρησης και καταγραφής των δεδομένων

Επίπεδο Π2	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια περιγράφει ασαφώς τη διαδικασία μέτρησης και καταγραφής των δεδομένων
Επίπεδο Π3	Ο φοιτητής / Η φοιτήτρια περιγράφει με σαφήνεια τη διαδικασία μέτρησης και καταγραφής των δεδομένων

Βιβλιογραφική αναφορά

Λεύκος, Ι. (2022). Διερεύνηση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στο σχεδιασμό πειραμάτων, με χρήση ρουμπρίκας. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, ΘΕΜΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ 84: 85-104. Ανακτήθηκε από <http://www.lib.uoi.gr/serp/>

