ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 2, Αρ. 2 (2022)

12ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ, Ειδικό Τεύχος

Αναπτύσσοντας τις Ικανότητες των Μαθητών του Δημοτικού Σχολείου να Κρίνουν τα Αποδεικτικά Στοιχεία Επιχειρημάτων για τους Ηλεκτρομαγνήτες

Κωνσταντίνος Αλεξόπουλος, Μαριάνθη Παρασκευοπούλου, Μιχαήλ Σκουμιός

doi: 10.12681/riste.30643

Βιβλιογραφική αναφορά:

Αλεξόπουλος Κ., Παρασκευοπούλου Μ., & Σκουμιός Μ. (2022). Αναπτύσσοντας τις Ικανότητες των Μαθητών του Δημοτικού Σχολείου να Κρίνουν τα Αποδεικτικά Στοιχεία Επιχειρημάτων για τους Ηλεκτρομαγνήτες. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, *2*(2). https://doi.org/10.12681/riste.30643

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία
Ειδικό Τεύχος, 12ο Πανελλήνιο Συνέδριο, (2022), Τόμος 2, Αρ. 2, σελ. 1-19

Αναπτύσσοντας τις Δεξιότητες των Μαθητών του Δημοτικού Σχολείου να Κρίνουν τα Αποδεικτικά Στοιχεία Επιχειρημάτων για τους Ηλεκτρομαγνήτες

Κωνσταντίνος Αλεξόπουλος[1], Μαριάνθη Παρασκευοπούλου[1] και Μιχαήλ Σκουμιός[2]
[1]Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση
[2]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
skoumios@rhodes.aegean.gr

Περίληψη

Παρόλο που πολλές έρευνες έχουν μελετήσει την ποιότητα των επιστημονικών επιχειρημάτων που παράγουν οι μαθητές, υπάρχουν ελάχιστες έρευνες που μελετούν την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων στις δεξιότητες των μαθητών να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία επιστημονικών επιχειρημάτων. Η παρούσα εργασία εξετάζει την επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης στις δεξιότητες των μαθητών της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία επιχειρημάτων για τους ηλεκτρομαγνήτες. Αναπτύχθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τους ηλεκτρομαγνήτες που βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών», το οποίο εφαρμόστηκε σε 28 μαθητές της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι μαθητές, μετά τη διδακτική παρέμβαση, βελτίωσαν σημαντικά τις δεξιότητές τους να εντοπίζουν αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, να αναγνωρίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται στα επιχειρήματα, να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία, και να αξιολογούν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία.

Λέξεις κλειδιά: Επιχειρήματα, αποδεικτικά στοιχεία, πρακτικές Φυσικών Επιστημών, ηλεκτρομαγνήτες.

Abstract

Although several studies have focused on the quality of scientific arguments constructed by students, there is limited research to study the impact of instructional interventions on students' abilities to critique the evidence of scientific arguments. This study examines the impact of an instructional intervention on primary school students' abilities to critique the evidence of written scientific arguments for electromagnets. Instructional material for electromagnets, based on "learning through practices" approach was developed and applied to 28 6th grade students of primary school. As a data collection

instrument, a written questionnaire is used, which was completed by students before and after the instructional intervention. Data analysis revealed that, after the instructional intervention, students significantly improve their abilities to locate evidence in arguments, identify relevant supporting evidence that should be included in arguments, critique evidence as well as compare arguments based on their evidence.

Key words: Arguments, evidence, science practices, electromagnets.

Έχει επισημανθεί ότι είναι αναγκαίο οι μαθητές να είναι ικανοί αφενός να αναλύουν κείμενα και ειδικότερα να κρίνουν τα επιστημονικά επιχειρήματα που περιλαμβάνονται σε αυτά και αφετέρου να συγκροτούν επιστημονικά επιχειρήματα (NRC, 2012). Οι διαδικασίες παραγωγής και κρίσης επιστημονικών επιχειρημάτων μπορεί να συνεισφέρουν στην κατανόηση της γνώσης περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών (González-Howard & McNeill, 2019) και της γνώσης περί της επιστήμης (Leung, 2020).

Επιπρόσθετα, η ανάπτυξη των δεξιοτήτων που σχετίζονται με την παραγωγή και τη κρίση επιστημονικών επιχειρημάτων είναι αναγκαία όχι μόνο για τους μαθητές που έχουν ως πρόθεσή τους να πραγματοποιήσουν σπουδές σε ένα πεδίο των Φυσικών Επιστημών, αλλά και για όλους τους μαθητές που θα απαρτίζουν τους πολίτες του αύριο. Κρίνεται απαραίτητο όλοι οι πολίτες, να είναι ικανοί να συγκροτούν επιστημονικά επιχειρήματα προκειμένου να υποστηρίξουν την άποψή τους και να κρίνουν τα επιστημονικά επιχειρήματα που τους παρουσιάζονται (μέσω των έντυπων και ψηφιακών μέσων) (Krajcik & McNeill, 2009).

Επειδή οι δεξιότητες που σχετίζονται με την παραγωγή και την κρίση επιστημονικών επιχειρημάτων έχουν μεγάλη σημασία τόσο στο σχολικό πλαίσιο όσο και πέραν αυτού, είναι απαραίτητο να εμπλέκονται οι μαθητές με μαθησιακά περιβάλλοντα που να τους παρέχουν ευκαιρίες να αναπτύξουν αυτές τις δεξιότητες. Όμως, κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση συνήθως δεν προσφέρονται ευκαιρίες στους μαθητές να κρίνουν επιχειρήματα και δεν εκπαιδεύονται από τους εκπαιδευτικούς να συγκροτούν επιστημονικά επιχειρήματα (Cherbow et al., 2020). Επιπρόσθετα, ενώ υπάρχουν έρευνες που διερευνούν την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων στις δεξιότητες των μαθητών να συγκροτούν επιστημονικά επιχειρήματα (McNeill & Krajcik, 2012), είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που να διερευνά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στις δεξιότητες των μαθητών (ιδιαίτερα του δημοτικού σχολείου) να κρίνουν γραπτά επιστημονικά επιχειρήματα που τους παρουσιάζονται (Skoumios, 2022). Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης τέτοιων ερευνών. Η παρούσα εργασία συνεισφέρει προς αυτή την κατεύθυνση, αφού μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στις δεξιότητες των μαθητών του δημοτικού σχολείου να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων.

Θεωρητικό Πλαίσιο

Μάθηση Μέσω Πρακτικών των Φυσικών Επιστημών

Σύμφωνα με την εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση η γνώση οικοδομείται ενεργητικά από τον μαθητή με βάση την πρότερη γνώση του (αντιλήψεις μαθητών) (NRC, 2012). Η διανοητική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων βασίζεται στην εμπλοκή των μαθητών με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών (Osborne, 2014).

Ο όρος πρακτικές των Φυσικών Επιστημών αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο (NRC, 2012). Οι πρακτικές αυτές είναι οχτώ (NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδιασμός και διεξαγωγή διερευνήσεων, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία, (η) απόκτηση αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Επιδιώκεται η διαμόρφωση μαθησιακών περιβαλλόντων όπου οι μαθητές μυούνται στα είδη σκέψης, συζήτησης και δράσης που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες καθώς αυτοί αναπτύσσουν και αναθεωρούν τη γνώση (Bybee, 2014). Αυτή η μαθησιακή προσέγγιση (μάθηση μέσω πρακτικών) δεν θέτει ως προτεραιότητα την απομνημόνευση γνώσης, αλλά μέσω αυτής επιδιώκεται οι μαθητές να οικοδομούν και να κρίνουν τη γνώση εμπλεκόμενοι με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών (Schwarz et al., 2017).

Επιστημονικά Επιχειρήματα Μαθητών: Συστατικά Στοιχεία

Ένα επιστημονικό επιχείρημα επιδιώκει να επικυρώσει ή να διαψεύσει έναν ισχυρισμό χρησιμοποιώντας στοιχεία που είναι αποδεκτά από την επιστημονική κοινότητα (Phillips & Norris, 1999). Ένα από τα πιο διαδεδομένα μοντέλα που αποτυπώνουν τη δομή ενός επιχειρήματος είναι αυτό του Toulmin (1958). Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, ένα επιχείρημα αποτελείται από έξι συστατικά στοιχεία: τον ισχυρισμό (claim) που συνιστά την απάντηση σε μια ερώτηση, τα δεδομένα (data) που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό, τις εγγυήσεις (warrants) που αποσαφηνίζουν τη σχέση ανάμεσα στα δεδομένα και τον ισχυρισμό, τις υποστηρίξεις (backings) που υποστηρίζουν τις εγγυήσεις, τις πιστοποιήσεις (qualifiers) που αποδεικνύουν την ισχύ των στοιχείων των εγγυήσεων και τις αντικρούσεις (rebuttals) που υποδεικνύουν τις συνθήκες κάτω από τις οποίες τα δεδομένα μαζί με τις εγγυήσεις δεν οδηγούν στον ισχυρισμό. Ενώ το μοντέλο αυτό έχει χρησιμοποιηθεί για την υποστήριξη φοιτητών και μαθητών των μεγαλύτερων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στη συγκρότηση επιχειρημάτων και για την αξιολόγηση των επιχειρημάτων που συγκροτούν (Erduran et al., 2004), η εφαρμογή για την ανάλυση των επιχειρημάτων των μαθητών μικρότερης ηλικίας (δημοτικού σχολείου και γυμνασίου) παρουσίασε δυσκολίες αφού δεν ήταν εφικτή η διάκριση των εγγυήσεων, των υποστηρίξεων και των πιστοποιήσεων στο λόγο των μαθητών (Keith & Beard, 2008).

Με βάση το μοντέλο του Toulmin (1958), οι McNeill και Krajcik (2012) πρότειναν μια απλουστευμένη εκδοχή του. Σύμφωνα με αυτήν, ένα επιστημονικό επιχείρημα συντίθεται από τέσσερα συστατικά στοιχεία: τον ισχυρισμό, τα αποδεικτικά στοιχεία, τον συλλογισμό και την αντίκρουση (McNeill & Krajcik, 2012). Ο ισχυρισμός είναι ένα συμπέρασμα που απαντά σε μια ερώτηση. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι τα δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Ο συλλογισμός συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία και αιτιολογεί γιατί τα δεδομένα συνιστούν αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό. Η αντίκρουση αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας διαφορετικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Τα αποδεικτικά στοιχεία καθορίζουν σε σημαντικό βαθμό την ποιότητα ενός επιχειρήματος (Duncan et al., 2018). Ορισμένα είδη τους είναι περισσότερο αποδεκτά από την επιστημονική κοινότητα έναντι κάποιων άλλων. Ενδεικτικά, τα εμπειρικά δεδομένα ως είδος αποδεικτικών στοιχείων είναι αποδεκτά από την επιστημονική κοινότητα (Sandoval & Cam, 2011). Άλλα είδη αποδεικτικών στοιχείων, όπως είναι η προσφυγή στην αυθεντία (απόψεις ειδικών) ή οι προσωπικές εμπειρίες, όταν χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με εμπειρικά δεδομένα μπορούν να ισχυροποιήσουν περαιτέρω ένα επιχείρημα, ωστόσο η αξία αυτών των ειδών μειώνεται όταν χρησιμοποιούνται μόνα τους (McNeill & Berland, 2017).

Βιβλιογραφική Ανασκόπηση

Οι μαθητές συναντούν σημαντικές δυσκολίες στην παραγωγή επιστημονικών επιχειρημάτων. Ειδικότερα, οι μαθητές προτείνουν ισχυρισμούς χωρίς να τους αιτιολογούν κατάλληλα (Jiménez-Aleixandre et al., 2000· Skoumios & Hatzinikita, 2008). Συνήθως υποστηρίζουν τους ισχυρισμούς τους χρησιμοποιώντας ακατάλληλα και ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία (Kuhn, 1993· Jiménez-Aleixandre et al., 2000· Sadler, 2004). Επίσης, αδυνατούν να αιτιολογήσουν τους ισχυρισμούς τους και να συγκροτήσουν επαρκείς και κατάλληλους συλλογισμούς (Bell & Linn, 2000· Bravo-Torija & Jiménez-Aleixandre, 2018· Chen et al., 2016· Georgiou et al, 2020· Heng et al., 2015· Jiménez-Aleixandre et al., 2000· McNeill & Krajcik, 2012· Sadler, 2004· Sandoval, 2003· Sandoval & Millwood, 2005). Επιπρόσθετα, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι σπάνια οι μαθητές προτείνουν αντικρούσεις στα επιχειρήματα που διαμορφώνουν (McNeill & Krajcik, 2012· Zeidler, 1997).

Αναφορικά με τις δεξιότητες των μαθητών να κρίνουν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία, προέκυψε ότι οι περισσότεροι μαθητές του γυμνασίου δεν έχουν αναπτυγμένες αυτές τις δεξιότητες (Knight et al., 2014). Μάλιστα, διαπιστώθηκε ότι δεν έχουν αναπτυγμένες αυτές τις δεξιότητες οι μαθητές ανεξάρτητα από την ηλικία τους, αφού δεν εντοπίστηκαν να υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα σε μαθητές δημοτικού σχολείου, Γυμνασίου και Λυκείου (Skoumios, 2018).

Διαπιστώνεται λοιπόν ότι ενώ είναι εκτεταμένη η έρευνα που μελετά την ποιότητα των επιχειρημάτων που παράγουν οι μαθητές, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά τις δεξιότητες των μαθητών να κρίνουν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία. Επιπρόσθετα, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που διερευνά τη συμβολή διδακτικών

παρεμβάσεων στις δεξιότητες των μαθητών να αναγνωρίζουν τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων για την εξάτμιση των υγρών (Angeloudi & Papageorgiou, 2022) και να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία των επιστημονικών επιχειρημάτων για τη θερμότητα (Skoumios, 2022). Απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν την επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων στις δεξιότητες των μαθητών του δημοτικού σχολείου να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία γραπτών επιστημονικών επιχειρημάτων σε θέματα ηλεκτρομαγνητισμού.

Σκοπός και Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες, που βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών», στις δεξιότητες των μαθητών της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία των επιστημονικών επιχειρημάτων που μελετούν.

Ειδικότερα, η εργασία επιδιώκει να απαντήσει στα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

(α) Ποια είναι η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στη δεξιότητα των μαθητών να εντοπίζουν αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα;

(β) Ποια είναι η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στην δεξιότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν αποδεικτικά στοιχεία που είναι απαραίτητο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα;

(γ) Ποια είναι η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στην δεξιότητα των μαθητών να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία (αν είναι ισχυρά ή ασθενή) για να υποστηριχθεί ένας ισχυρισμός;

(δ) Ποια είναι η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στην δεξιότητα των μαθητών να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία;

Μεθοδολογία

Ερευνητική Διαδικασία και Δείγμα

Για την υλοποίηση της έρευνας αξιοποιήθηκε η μελέτη περίπτωσης και συγκεντρώθηκαν ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα (Creswell & Plano Clark, 2018). Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε τρεις φάσεις.

Κατά την πρώτη φάση συγκροτήθηκε το εκπαιδευτικό υλικό για τους ηλεκτρομαγνήτες (που αποτελούνταν από φύλλα εργασίας) καθώς και το ερωτηματολόγιο (που εξέταζε τις ικανότητες κρίσης των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων). Τα παραπάνω εφαρμόστηκαν αρχικά σε τρεις μαθητές (πιλοτική έρευνα). Επίσης, δόθηκαν σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Με βάση τις παρατηρήσεις έγιναν οι αναγκαίες αλλαγές και ετοιμάστηκαν στη τελική τους μορφή.

Στη δεύτερη φάση εφαρμόστηκε το εκπαιδευτικό υλικό στους μαθητές. Μια εβδομάδα πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο (προ-τεστ).

Δύο εβδομάδες μετά τη διδακτική παρέμβαση δόθηκε προς συμπλήρωση στους μαθητές το ίδιο ερωτηματολόγιο (μετά-τεστ). Για τη συμπλήρωση απαιτήθηκε μια διδακτική ώρα.

Η παρούσα έρευνα εγκρίθηκε από την επιτροπή ερευνών και δεοντολογίας του Π.Τ.Δ.Ε. του Πανεπιστημίου του Αιγαίου. Επίσης, πραγματοποιήθηκε ενημέρωση προς τους γονείς των μαθητών σχετικά με τους στόχους, το περιεχόμενο, τις διαδικασίες της διδακτικής παρέμβασης και τη διάρκειά της και επίσης δόθηκε η συγκατάθεσή τους.

Στην έρευνα συμμετείχαν 28 μαθητές της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Οι μαθητές φοιτούσαν σε δύο τμήματα του ίδιου δημοτικού σχολείου.

Το Εκπαιδευτικό Υλικό και η Διδακτική Παρέμβαση

Το εκπαιδευτικό υλικό που αναπτύχθηκε για τους ηλεκτρομαγνήτες βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών» (Schwarz et al., 2017). Πιο συγκεκριμένα, αποτελούνταν από δύο διδακτικές ενότητες. Στην πρώτη ενότητα μελετήθηκε η σύνδεση μαγνητισμού και ηλεκτρισμού με τους μαθητές να μελετούν τις μαγνητικές ιδιότητες ρευματοφόρων αγωγών. Στη δεύτερη ενότητα μελετήθηκαν οι ηλεκτρομαγνήτες και ειδικότερα, οι παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη.

Για την συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού κάθε διδακτικής ενότητας αξιοποιήθηκε το μαθησιακό μοντέλο 5Ε των Bybee et al. (2006) που περιλαμβάνει πέντε φάσεις: την ενεργοποίηση, την διερεύνηση, την ερμηνεία, την εφαρμογή και την αξιολόγηση. Οι δραστηριότητες κάθε φάσης ενέπλεκαν τους μαθητές με πρακτικές των Φυσικών Επιστημών. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται δραστηριότητες από τη δεύτερη διδακτική ενότητα.

Ενεργοποίηση. Κατά τη φάση αυτή επιδιώχθηκε η εκμαίευση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη, η συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφωνιών και η διατύπωση ερωτημάτων προς διερεύνηση. Αρχικά, οι μαθητές ασχολήθηκαν ατομικά και έγραψαν τις απαντήσεις τους στο πρόβλημα που τους τέθηκε. Στη συνέχεια, αντάλλαξαν απόψεις με τους συμμαθητές της ομάδας τους και εξέτασαν τις απαντήσεις τους. Οι μαθητές των ομάδων ανακοίνωσαν τις απόψεις των ομάδων τους στους μαθητές των άλλων ομάδων. Ακολούθησε διάλογος των μαθητών της τάξης και με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού διατυπώθηκαν ερωτήματα προς διερεύνηση. Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης ενέπλεξαν τους μαθητές με τις πρακτικές: χρήση μοντέλων, ανταλλαγή πληροφοριών, υποβολή ερωτημάτων.

Διερεύνηση. Στόχος της φάσης αυτής ήταν οι μαθητές να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν διερευνήσεις προκειμένου να απαντηθούν τα ερωτήματα που είχαν διατυπωθεί (στη φάση της ενεργοποίησης). Για τον σχεδιασμό κάθε διερεύνησης οι μαθητές υποστηρίχθηκαν από ένα φύλλο εργασίας που τους παρακίνησε να εκφράσουν γραπτά το ερώτημα προς διερεύνηση, να διατυπώσουν υποθέσεις, να προσδιορίσουν τις μεταβλητές που εμπλέκονται στη διερεύνηση αναγνωρίζοντας την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου και την εξαρτημένη μεταβλητή, και να περιγράψουν τα βήματα της πειραματικής διαδικασίας. Για την πραγματοποίηση κάθε διερεύνησης που αναφερόταν στους παράγοντες που

επηρεάζουν τη δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη αξιοποιήθηκε το λογισμικό «Μαθαίνω να κάνω πειράματα». Οι μαθητές πήραν τις ζητούμενες μετρήσεις και τις παρουσίασαν σε πίνακες. Με τη βοήθεια των πινάκων κατέγραψαν τις απαντήσεις στα ερωτήματα που είχαν θέσει. Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης ενέπλεξαν τους μαθητές με τις πρακτικές: υποβολή ερωτημάτων, ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, σχεδιασμός και πραγματοποίηση διερευνήσεων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.

Ερμηνεία. Στη φάση αυτή επιδιώχθηκε οι μαθητές να υποστηρίξουν την άποψή τους για τη σχέση ανάμεσα στον αριθμό των μπαταριών με τις οποίες συνδέεται ο ηλεκτρομαγνήτης, τον αριθμό των σπειρών που έχει ο πυρήνας του, τη σύσταση του πυρήνα του και στη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη, συγκροτώντας επιχειρήματα. Προς την κατεύθυνση αυτή, στους μαθητές εξηγήθηκε η έννοια του επιχειρήματος και επιδιώχθηκε οι μαθητές να εξοικειωθούν με την παραγωγή επιχειρημάτων που βασίζονται σε αποδεικτικά στοιχεία. Ειδικότερα, αρχικά οι μαθητές κλήθηκαν να συγκροτήσουν επιχειρήματα για τους παράγοντες που επηρεάζουν τη δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη, ώστε να υποστηρίξουν τους ισχυρισμούς τους και να καταρρίψουν διαφορετικούς ισχυρισμούς. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός παρουσίασε στους μαθητές τα συστατικά στοιχεία ενός επιστημονικού επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός και αντίκρουση) και αντάλλαξε μαζί τους απόψεις για τη χρησιμότητα της διαμόρφωσης επιχειρημάτων. Ζητήθηκε από τους μαθητές να προσδιορίσουν τα συστατικά στοιχεία (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) σε επιχειρήματα που τους παρουσιάστηκαν και ακολούθησε συζήτηση αναφορικά με το αν κάθε συστατικό στοιχείο είναι επαρκές και κατάλληλο. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια υποστηρικτικών πλαισίων για τη συγκρότηση επιχειρημάτων (Σχήμα 1), οι μαθητές συγκρότησαν τα δικά τους επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά στοιχεία που προέκυψαν από τις διερευνήσεις για να υποστηρίξουν τους ισχυρισμούς τους ή να τους απορρίψουν.

Σχήμα 1: Υποστηρικτικό πλαίσιο συγκρότησης ενός επιχειρήματος

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

Επιπρόσθετα, οι μαθητές αξιολόγησαν οι ίδιοι τα επιχειρήματα που παρήγαγαν με την βοήθεια υποστηρικτικών πλαισίων αυτο-αξιολόγησης επιχειρημάτων (Σχήμα 2). Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης ενέπλεξαν τους μαθητές με τις πρακτικές της συγκρότησης

εξηγήσεων, ανάπτυξης και χρήσης μοντέλων, εμπλοκής με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία.

Σχήμα 2: Υποστηρικτικό πλαίσιο για την αυτο-αξιολόγηση ενός επιχειρήματος

Έγραψες ισχυρισμό, δηλαδή μια απάντηση στην ερώτηση;	❑ Ναι ❑ Όχι
Είναι η απάντησή σου μια πλήρης πρόταση;	❑ Ναι ❑ Όχι
Έγραψες αποδεικτικά στοιχεία που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό σου;	❑ Ναι ❑ Όχι
Είναι τα αποδεικτικά στοιχεία μετρήσεις από Πίνακες;	❑ Ναι ❑ Όχι
Έγραψες συλλογισμό;	❑ Ναι ❑ Όχι
Ο συλλογισμός σου συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό;	❑ Ναι ❑ Όχι
Γράψε ξανά το επιχείρημά σου:	

Εφαρμογή. Σε αυτή τη φάση αρχικά οι μαθητές κλήθηκαν να συγκροτήσουν επιχειρήματα σε προβλήματα διαφορετικά από αυτά που αντιμετώπισαν στις προηγούμενες φάσεις, με τη βοήθεια υποστηρικτικών πλαισίων συγκρότησης επιχειρη- μάτων (Σχήμα 1) αναγράφοντας τα συστατικά τους στοιχεία. Στη συνέχεια, δόθηκαν στους μαθητές υποστηρικτικά πλαίσια (Σχήμα 2) και τους ζητήθηκε να αυτο-αξιολογήσουν τα επιχειρήματά τους και στη συνέχεια να επαναδιατυπώσουν τα επιχειρήματά τους διορθώνοντας τα αδύναμα σημεία τους. Ακολούθως, δόθηκαν στους μαθητές επιχειρήματα στα οποία έπρεπε να εντοπίσουν τα συστατικά τους στοιχεία και να τα κρίνουν. Επίσης, δόθηκαν στους μαθητές δύο επιχειρήματα με ίδιο ισχυρισμό και συλλογισμό αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία ή με ίδιο ισχυρισμό και αποδεικτικά στοιχεία αλλά διαφορετικό συλλογισμό με σκοπό να τα συγκρίνουν. Οι δραστηριότητες της φάσης αυτής ενέπλεξαν τους μαθητές με τις πρακτικές της ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων και της εμπλοκής με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία.

Αξιολόγηση. Η φάση αυτή στόχευε στο να αναστοχαστούν οι μαθητές πάνω στις πρότερες γραπτές παραγωγές τους (επιχειρήματα) και να διαπιστώσουν τις αλλαγές στη δομή και το περιεχόμενό τους. Ειδικότερα, οι μαθητές σύγκριναν τα επιχειρήματα που είχαν συγκροτήσει στη φάση της ενεργοποίησης με αυτά που μπορούσαν πλέον να συγκροτήσουν και συζήτησαν τις διαφορές τους. Οι δραστηριότητες αυτής της φάσης ενέπλεξαν τους μαθητές με τις πρακτική της εμπλοκής με επιχειρήματα που εδράζονται σε αποδεικτικά στοιχεία.

Συλλογή Δεδομένων

Ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο συγκροτήθηκε με βάση το πλαίσιο αξιολόγησης των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των Knight et al. (2014). Το πλαίσιο αυτό εστιάζεται σε τέσσερις δεξιότητες: εντοπισμός αποδεικτικών στοιχείων σε επιχειρήματα, αναγνώριση αποδεικτικών στοιχείων που είναι απαραίτητο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, κρίση αποδεικτικών στοιχείων (αν είναι ισχυρά ή ασθενή) για να υποστηριχθεί ένας ισχυρισμός και σύγκριση δύο επιχειρημάτων με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία.

Το ερωτηματολόγιο που διαμορφώθηκε δόθηκε στους μαθητές πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση και αποτελούνταν από δύο προβλήματα. Κάθε πρόβλημα περιλάμβανε ένα ερευνητικό ερώτημα, ένα πίνακα τιμών και ένα επιχείρημα και ζητούσε από τους μαθητές να απαντήσουν σε τρεις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και μια ερώτηση ανοιχτού τύπου. Στο Παράρτημα παρατίθενται το πρώτο πρόβλημα με τις ερωτήσεις 1, 2, 3 και 4.

Οι Ερωτήσεις 1 και 5 διερευνούσαν τη δεξιότητα των μαθητών να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα. Οι ερωτήσεις αυτές ήταν πολλαπλής επιλογής και ζητούσαν από τους μαθητές να εντοπίσουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε δύο επιχειρήματα που τους δίνονταν.

Οι Ερωτήσεις 2 και 6 διερευνούσαν τη δεξιότητα των μαθητών να αναγνωρίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα. Ειδικότερα, αυτές οι ερωτήσεις ήταν πολλαπλής επιλογής και ζητούσαν από τους μαθητές να αναγνωρίσουν (από ένα σύνολο δεδομένων) τα αποδεικτικά στοιχεία που πρέπει να περιλαμβάνονται στα επιχειρήματα που τους δίνονταν.

Οι Ερωτήσεις 3 και 7 διερευνούσαν τη δεξιότητα των μαθητών να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία (αν είναι ισχυρά ή ασθενή) για την υποστήριξη ισχυρισμών. Ειδικότερα, οι ερωτήσεις αυτές ήταν πολλαπλής επιλογής και ζητούσαν από τους μαθητές να κρίνουν αν ένα αποδεικτικό στοιχείο που δίνεται είναι ισχυρό ή ασθενές προκειμένου να υποστηρίξει ένα δεδομένο ισχυρισμό.

Οι Ερωτήσεις 4 και 8 διερευνούσαν τη δεξιότητα των μαθητών να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία. Ειδικότερα, αυτές οι ερωτήσεις ήταν ανοικτού τύπου και ζητούσαν από τους μαθητές να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα που έχουν ίδιο ισχυρισμό και συλλογισμό αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία (π.χ. εμπειρικά δεδομένα, προσφυγή στην αυθεντία ή προσωπικές εμπειρίες).

Μία εβδομάδα πριν τη διδακτική παρέμβαση οι μαθητές συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο σε μια διδακτική ώρα (προ-τεστ). Έπειτα, πραγματοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση που διήρκεσε 15 διδακτικές ώρες. Τέλος, δύο εβδομάδες μετά τη διδακτική παρέμβαση δόθηκε εκ νέου το ίδιο ερωτηματολόγιο στους μαθητές προς συμπλήρωση (μετά-τεστ). Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν οι γραπτές απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Ανάλυση δεδομένων

Οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών (Ερωτήσεις 1, 2, 3, 5, 6 και 7) ταξινομήθηκαν σε ορθές (επίπεδο 1) και λανθασμένες (επίπεδο 0). Για την αξιολόγηση των απαντήσεων των μαθητών στις ανοικτού τύπου ερωτήσεις (Ερωτήσεις 4 και 8) χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων τεσσάρων επιπέδων των Knight et al. (2014) (βλ. Πίνακα 1). Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών (στις ερωτήσεις 4 και 8) πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές που εργάστηκαν ανεξάρτητα. Οι διαφωνίες τους επιλύθηκαν μέσω συζήτησης.

Για τη μελέτη της ύπαρξης σημαντικών διαφοροποιήσεων στα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών, μεταξύ του προ-τεστ και του μετά-τεστ (πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση) χρησιμοποιήθηκε το McNemar test (Berenson & Koppel, 2005).

Πίνακας 1: Η κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων των Knight et al. (2004) για τη σύγκριση δύο επιχειρημάτων που έχουν τον ίδιο ισχυρισμό αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία

Επίπεδα	**Περιγραφή**
Επίπεδο 3	Ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται και στα δύο επιχειρήματα
Επίπεδο 2	Ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται μόνο στο ένα επιχείρημα
Επίπεδο 1	Ο μαθητής επιλέγει ορθά χωρίς αιτιολόγηση ή επιλέγει ορθά και αναφέρει ότι το ένα επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρότερα αποδεικτικά στοιχεία, όμως η αιτιολόγηση είναι λανθασμένη
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν επιλέγει, ή επιλέγει λανθασμένα

Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιπέδων των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις του προ-τεστ και του μετά-τεστ που αφορούσαν στις τέσσερις δεξιότητες που εξετάστηκαν (εντοπισμός αποδεικτικών στοιχείων σε επιχειρήματα, αναγνώριση αποδεικτικών στοιχείων που είναι απαραίτητο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, κρίση αποδεικτικών στοιχείων αν είναι ισχυρά ή ασθενή για να υποστηριχθεί ένας ισχυρισμός και σύγκριση δύο επιχειρημάτων με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία), καθώς επίσης και οι τιμές *P* του McNemar test. Προέκυψε ότι διαφοροποιούνται τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών στο μετά-τεστ σε σχέση με τα αντίστοιχα επίπεδα στο προ-τεστ. Η αύξηση στο ποσοστό των υψηλότερων επιπέδων ήταν:

(α) 32,1% για την ικανότητα που αφορά στο να μπορούν οι μαθητές να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία που περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα που τους παρουσιάζονται,

(β) 10,7% για την ικανότητα που αφορά στο να μπορούν οι μαθητές να αναγνωρίζουν από μια σειρά δεδομένων τα αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα που μελετούν,

(γ) 10,7% για την ικανότητα που αφορά στο να μπορούν οι μαθητές να κρίνουν αν ένα αποδεικτικό στοιχείο που τους παρουσιάζεται είναι ισχυρό ή ασθενές προκειμένου να υποστηρίξει ένα δεδομένο ισχυρισμό,

δ) 39,3% για την ικανότητα που αφορά στο να μπορούν οι μαθητές να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα που έχουν ίδιο ισχυρισμό και συλλογισμό, αλλά διαφορετικά αποδεικτικά στοιχεία.

Μάλιστα, προέκυψε με το McNemar test (βλ. Πίνακα 2) ότι αυτή η αύξηση για κάθε ζήτημα που εξετάστηκε ήταν στατιστικά σημαντική ($P < 0,05$).

Πίνακας 2: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ανά ικανότητα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ: συχνότητες, ποσοστά και τιμές *P* του McNemar test

Δεξιότητες	**Επίπεδα απαντήσεων**	**Προ-τεστ**		**Μετά-τεστ**		***P***
		f	**%**	**f**	**%**	
Εντοπισμός αποδεικτικών στοιχείων	Επίπεδο 1	24	42,9	42	75	<0,0001
	Επίπεδο 0	32	57,1	14	25	
Αναγνώριση αποδεικτικών στοιχείων	Επίπεδο 1	40	71,4	46	82,1	0,0412
	Επίπεδο 0	16	28,6	10	17,9	
Κρίση αποδεικτικών στοιχείων	Επίπεδο 1	12	21,4	18	32,1	0,0412
	Επίπεδο 0	44	78,6	38	67,9	
Σύγκριση δύο επιχειρημάτων	Επίπεδα 2 και 3	12	21,4	34	60,7	<0,0001
	Επίπεδα 0 και 1	44	78,6	22	39,3	

Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει (σε επίπεδα) παραδείγματα των απαντήσεων των μαθητών στις ερωτήσεις 4 και 8 που διερεύνησαν τη δεξιότητα των μαθητών να συγκρίνουν δύο επιχειρήματα (που είχαν τον ίδιο ισχυρισμό και τον ίδιο συλλογισμό) με βάση τα αποδεικτικά στοιχεία τους. Τα παραδείγματα στα επίπεδα 0 και 1 αφορούν σε απαντήσεις των μαθητών στο προ-τεστ, ενώ τα παραδείγματα στα επίπεδα 2 και 3 είναι απαντήσεις των μαθητών στο μετά-τεστ.

Πίνακας 3: Παραδείγματα απαντήσεων μαθητών σε κάθε επίπεδο που αφορά στη δεξιότητα σύγκρισης δύο επιχειρημάτων με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία

Επίπεδα	**Απαντήσεις μαθητών**
Επίπεδο 0	*«Η Παρασκευή την υποστηρίζει καλύτερα», «Η Παρασκευή γιατί αναφέρει ότι τα άκουσε από έναν επιστήμονα ενώ ο Θάνος τα βρήκε μόνος του»* [ο μαθητής κάνει λανθασμένη επιλογή]
Επίπεδο 1	*«Ο Θάνος υποστηρίζει καλύτερα τη γνώμη του», «Αυτά που έγραψε ο Θάνος είναι καλύτερα»* [ο μαθητής επιλέγει ορθά χωρίς αιτιολόγηση]
Επίπεδο 2	*«Ο Θάνος υποστηρίζει καλύτερα την άποψή του γιατί παίρνει στοιχεία από τον πίνακα», «Λέω ότι ο Θάνος υποστηρίζει καλύτερα την άποψή του γιατί χρησιμοποιεί αριθμούς»* [ο μαθητής επιλέγει ορθά και αναφέρεται στα αποδεικτικά στοιχείων που χρησιμοποιούνται μόνο στο ένα επιχείρημα]
Επίπεδο 3	*«Πιστεύω ο Θάνος γιατί παίρνει στοιχεία από τον πίνακα ενώ η Παρασκευή άκουσε έναν μεγάλο επιστήμονα. Άρα ο Θάνος υποστηρίζει καλύτερα την άποψή του», «Ο Θάνος υποστηρίζει καλύτερα την άποψή του. Ο Θάνος χρησιμοποιεί νούμερα που μας λένε ότι όταν μελανώνει η τάση της μπαταρίας μεγαλώνει και η δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη. Η Παρασκευή λέει μια άποψη κάποιου. Το να χρησιμοποιείς νούμερα είναι καλύτερο από μια άποψη»* [ο μαθητής επιλέγει ορθά και κρίνει τα αποδεικτικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται και στα δύο επιχειρήματα]

Στα παραδείγματα από το προ-τεστ ο μαθητής κάνει λάθος επιλογή (επίπεδο 0) ή κάνει τη ορθή επιλογή (επίπεδο 1) είτε χωρίς αιτιολόγηση είτε αναφέροντας ότι το ένα επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρότερα αποδεικτικά στοιχεία, όμως η αιτιολόγηση είναι λανθασμένη.

Στα παραδείγματα από το μετά-τεστ ο μαθητής κάνει ορθή επιλογή και κρίνει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται μόνο στο ένα επιχείρημα (επίπεδο 2) ή κάνει τη ορθή επιλογή και κρίνει την ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποιούνται και στα δύο επιχειρήματα.

Συζήτηση και Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία εστίασε στη μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες, η οποία συγκροτήθηκε με βάση τη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών», στις δεξιότητες των μαθητών της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου, να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία επιστημονικών επιχειρημάτων που μελετούν.

Από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στο προ-τεστ, διαπιστώθηκε ότι οι δεξιότητες των μαθητών να κρίνουν τα αποδεικτικά στοιχεία επιστημονικών επιχειρημάτων

και πιο συγκεκριμένα, να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα που μελέτησαν για τους ηλεκτρομαγνήτες, να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία (αν είναι ισχυρά ή ασθενή) προκειμένου να υποστηρίξουν έναν ισχυρισμό και να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία, δεν ήταν ανεπτυγμένες στους περισσότερους μαθητές.

Τα παραπάνω ευρήματα μπορεί να αποδοθούν στο ότι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών συνήθως δεν παρέχονται ευκαιρίες στους μαθητές να συγκροτούν και να κρίνουν επιστημονικά επιχειρήματα (Cherbow et al., 2020· Newton et al., 1999). Θεωρείται αναγκαία η δημιουργία ενός πλαισίου που να υποστηρίζει εκπαιδευτικούς και μαθητές σε ζητήματα αξιολόγησης και συγκρότησης επιστημονικών επιχειρημάτων (Krajcik & McNeill, 2009, Sampson et al., 2011).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση, όπως προέκυψε από την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στο μετά-τεστ, διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στις δεξιότητες των μαθητών να εντοπίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία σε επιχειρήματα, να αναγνωρίζουν τα αποδεικτικά στοιχεία που είναι αναγκαίο να περιλαμβάνονται σε επιχειρήματα, να κρίνουν αποδεικτικά στοιχεία (αν είναι ισχυρά ή ασθενή) προκειμένου να υποστηρίξουν έναν ισχυρισμό και να συγκρίνουν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία. Συνεπώς, η ανάπτυξη των τεσσάρων παραπάνω δεξιοτήτων που αφορούν στην αξιολόγηση των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων, στους μαθητές της τελευταίας τάξης του δημοτικού σχολείου, μέσω της διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε, αναδείχθηκε εφικτή.

Τα αποτελέσματα αυτά είναι δυνατόν να αποδοθούν σε λόγους που σχετίζονται με τις δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε. Υπήρχαν δραστηριότητες που έδιναν ευκαιρίες στους μαθητές να εξοικειωθούν με τη δομή ενός επιστημονικού επιχειρήματος (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός) και με τον εντοπισμό των δυνατών και αδύνατων σημείων των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων εστιάζοντας στην επάρκεια και την καταλληλότητά τους. Αυτές οι δραστηριότητες (όπως προέκυψε από ερευνητικά δεδομένα) μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν πως να συγκροτούν επιχειρήματα και πώς να κρίνουν την ποιότητα των επιχειρημάτων (McNeill & Krajcik, 2008). Επίσης, υπήρχαν δραστηριότητες που παρείχαν υποστηρικτικά πλαίσια τα οποία μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν οι μαθητές για να συγκροτήσουν επιχειρήματα ή για να αναδιατυπώσουν τα επιχειρήματά τους. Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι χρησιμοποιώντας αυτά τα υποστηρικτικά πλαίσια οι μαθητές μπορούν να συγκροτήσουν ποιοτικότερα επιστημονικά επιχειρήματα (McNeill & Krajcik, 2012· Lee Cite & Hanuscin, 2014· Ross et al., 2009· Skoumios & Balia, 2021· Smprinis & Skoumios 2021). Επιπρόσθετα, υπήρχαν δραστηριότητες που παρείχαν ευκαιρίες στους μαθητές να κρίνουν οι ίδιοι τα επιστημονικά επιχειρήματα που παρήγαγαν (αυτό-αξιολόγηση). Αυτές οι δραστηριότητες μπορούν να συνεισφέρουν στη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών και στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους να κρίνουν επιχειρήματα (McNeill & Krajcik, 2008· 2012· Skoumios, 2022).

Η παρούσα εργασία με τα ευρήματά της συνεισφέρει στο πεδίο της έρευνας που αφορά στη συγκρότηση διδακτικών παρεμβάσεων που υποστηρίζουν τους μαθητές να κρίνουν επιστημονικά επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία, ζήτημα για το οποίο τα εμπειρικά δεδομένα είναι ιδιαίτερα περιορισμένα. Όμως, θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα συμπεράσματα της εργασίας υπόκεινται σε περιορισμούς που αφορούν στο περιορισμένο δείγμα και τα εργαλεία συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν. Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν μαθητές από ένα δημοτικό σχολείο και συνεπώς τα ευρήματά της υπόκεινται στους περιορισμούς του δείγματος. Επιπλέον, η έρευνα πραγματοποιήθηκε μόνο με τη χρήση ερωτηματολογίων και αυτό αποτελεί έναν επιπρόσθετο περιορισμό.

Η εργασία αυτή επικεντρώθηκε στη διερεύνηση της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης στις δεξιότητες των μαθητών να κρίνουν αποκλειστικά γραπτά επιχειρήματα που μελετούν με βάση τα αποδεικτικά τους στοιχεία. Προτείνεται να διερευνηθεί η επίδραση αυτής της διδακτικής παρέμβασης στις δεξιότητές τους να κρίνουν επιχειρήματα με βάση τα αποδεικτικά στοιχεία τους στον προφορικό λόγο και να διερευνηθεί αν υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στις δεξιότητές τους να κρίνουν προφορικά επιχειρήματα και στις αντίστοιχες δεξιότητές τους να κρίνουν γραπτά επιχειρήματα. Επίσης, προτείνεται να μελετηθεί η επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων στις δεξιότητές τους να κρίνουν επιχειρήματα όχι μόνο με βάση τα αποδεικτικά στοιχεία αλλά και με βάση τους συλλογισμούς που αυτά περιλαμβάνουν. Επιπλέον, θα μπορούσε να διερευνηθεί η συσχέτιση ανάμεσα στο γνωστικό επίπεδο των μαθητών ή το φύλο τους και στις δεξιότητές τους να αξιολογούν επιχειρήματα, τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Επιπρόσθετα, η εργασία αυτή εστίασε αποκλειστικά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που αφορούν στην αξιολόγηση επιστημονικών επιχειρημάτων για τους ηλεκτρομαγνήτες και όχι στην εξέλιξη των γνώσεων των μαθητών. Προτείνεται να διερευνηθεί η συσχέτιση ανάμεσα στην ανάπτυξη δεξιοτήτων που αφορούν στη κρίση επιστημονικών επιχειρημάτων και στην οικοδόμηση γνώσεων, ζήτημα για το οποίο η έρευνα είναι ιδιαίτερα περιορισμένη.

Βιβλιογραφία

Angeloudi, A., & Papageorgiou, G. (2022). Primary students' argumentation skills on evaporation: A teaching intervention. *Preschool and Primary Education, 10*(1), 1–24. https://doi.org/10.12681/ppej.27434

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

Berenson, M. L., & Koppel, N. B. (2005). Why McNemar's procedure needs to be included in the Business Statistics Curriculum. *Decision Sciences Journal of Innovative Education*, *3*(1), 125-136. https://doi.org/10.1111/j.1540-4609.2005.00056.x

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. W. (2014). The BSCS 5E instructional model: Personal reflections and contemporary implications. *Science and Children*, 51(8), 10–13.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. Colorado Springs, Co: BSCS.

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

Cherbow, K., McKinley, M.T, McNeill, K. L. & Lowenhaupt, R. (2020). Current k-8 science instruction: A systems analysis of the similarities and differences with the science practices. *Science Education, 104*(3), 446-478. https://doi.org/10.1002/sce.21573

Creswell, J. & Plano Clark, V. (2018). *Designing and conducting mixed methods research* (3rd ed.) Thousand Oaks, CA: SAGE.

Duncan, R. G., Chinn, C. A., & Barzilai, S. (2018). Grasp of evidence: Problematizing and expanding the Next Generation Science Standards' conceptualization of evidence. *Journal of Research in Science Education*, 55(7), 907–937. https://doi.org/10.1002/tea.21468

Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). Taping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88, 915–933. https://doi.org/10.1002/sce.20012

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. https://doi.org/10.12691/education-8-1-3

Gonzalez-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

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

Jimenez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodriguez, A., & 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%3c757::AID-SCE5%3e3.0.CO;2-F

Keith, W.M., & Beard, D.E. (2008). Toulmin's rhetorical logic: What's the warrant for warrants? *Philosophy and Rhetoric*, 41(1), 22-50. https://doi.org/10.1353/par.2008.0003

Knight, A. M., Alves, C. B., Cannady, M. A., McNeill, K. L., & Pearson, P. D. (2014, April). *Assessing middle school students' abilities to critique scientific evidence*. Paper presented at the annual meeting of NARST, Pittsburg, PA.

Krajcik, J., & McNeill, K. (2009). *Designing instructional materials to support students' in writing scientific explanations: Using evidence and reasoning across the middle school years*. Paper Presented at 2009 Annual International Conference Grand Challenges and Great Opportunities in Science Education, National Association for Research in Science Teaching, Annual Hyatt Regency Orange County Garden Grove.

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

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

Leung, J. S. C. (2020). Students' adherences to epistemic understanding in evaluating scientific claims. *Science Education*, 104(2), 164–192. https://doi.org/10.1002/sce.21563

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), 672-689. https://doi.org/10.1002/tea.21381

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. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing.* New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12Science Education: Practices, Crosscutting Concepts and Core ideas*. Washington, D.C.: The National Academy Press. https://doi.org/10.17226/13165

Newton, P., Driver, R., & Osborne, J. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21, 553–576. https://doi.org/10.1080/095006999290570

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.

Osborne, J. (2014). Teaching scientific practices: Meeting the challenge of change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196. https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1

Phillips, L. M., & Norris, S. P. (1999). Interpreting popular reports of science: What happens when the reader's world meets the world on paper? *International Journal of Science Education*, 21, 317–327. https://doi.org/10. 1080/095006999290723

Ross, D., Frey, N., & Fisher, D. (2009). The art of argumentation. *Science & Children*, 47(3), 28–31.

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., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written arguments: An exploratory study. *Science Education*, 95(2), 217–257. https://doi.org/10.1002/sce.20421

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., & 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.

Skoumios, M. (2018). Primary and middle school students' abilities to critique evidence when reading scientific arguments. *The International Journal of Science Mathematics and Technology Learning*, 25(1–2), 1–12. https://doi.org/10.18848/2327- 7971/CGP/v25i01/1-12

Skoumios, M. (2022). Developing Primary School Students' Abilities to Evaluate the Evidence of Written Scientific Arguments. *Science & Education*. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00352-0

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), 16-30. https://doi.org/10.30722/IJISME.29.01.002

Skoumios, M., & Hatzinikita, V. (2008). The structure of pupils' written explanations within the framework of the didactic elaboration of pupils' obstacles in science. *The International Journal of Learning*, 15(5), 261–270. https://doi.org/10.18848/1447- 9494/CGP/v15i05/45768

Smprinis, A., & Skoumios, M. (2021). Developing the structure of junior high school students' arguments about Ohm's law. *Interdisciplinary Journal of Environmental and Science Education*, 17(4), e2256. https://doi.org/10.21601/ijese/11137

Toulmin, S. E. (1958). *The uses of argument*. Cambridge University press.

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

Παράρτημα

Το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου (Πρόβλημα 1)

Ο δάσκαλος της τάξης κατασκεύασε πέντε ηλεκτρομαγνήτες χρησιμοποιώντας κάθε φορά διαφορετικά είδη μπαταρίας (διαφορετικών τάσεων) έχοντας τον ίδιο αριθμό σπειρών και το ίδιο υλικό καρφιού. Έπειτα, ζήτησε από τους μαθητές του να απαντήσουν στην παρακάτω ερώτηση και να την αιτιολογήσουν:

Τι επηρεάζει την δύναμη έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη;

Ο Θάνος χρησιμοποίησε τα δεδομένα του παρακάτω Πίνακα για να καταγράψει την άποψή του.

Ηλεκτρομαγνήτης	**Τάση μπαταρίας (σε Volt)**	**Δύναμη έλξης ηλεκτρομαγνήτη**
Α	9	πολύ μεγάλη
Β	6	μεγάλη
Γ	4,5	μέτρια
Δ	3	μικρή
Ε	1,5	πολύ μικρή

Το κείμενο του Θάνου:

«*Την επηρεάζει η τάση της μπαταρίας και μάλιστα όταν η τάση της μπαταρίας είναι μεγάλη, είναι μεγάλη και η δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη (πρόταση 1). Στον ηλεκτρομαγνήτη Α, η τάση της μπαταρίας είναι 9V και η δύναμη έλξης του είναι πολύ μεγάλη ενώ στον ηλεκτρομαγνήτη Δ η τάση της μπαταρίας είναι 3V και η δύναμη έλξης του μικρή (πρόταση 2). Αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα που αποδεικνύει ότι η δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη επηρεάζεται από την τάση της μπαταρίας (πρόταση 3)*».

Ερώτηση 1: Σε ποια πρόταση θεωρείς ότι ο Θάνος έχει στοιχεία που υποστηρίζουν την άποψή του;

□ Μόνο η πρόταση 1

□ Μόνο η πρόταση 2

□ Οι προτάσεις 1 και 2

□ Καμία πρόταση

Ερώτηση 2: Ο Θάνος σκέφτεται να προσθέσει επιπλέον στοιχεία για να υποστηρίξει περισσότερο την άποψή του. Ποια από τις παρακάτω προτάσεις υποστηρίζει καλύτερα την άποψή του;

□ Η δύναμη έλξης ενός άλλου ηλεκτρομαγνήτη είναι πολύ μεγάλη.
□ Η τάση της μπαταρίας ενός άλλου ηλεκτρομαγνήτη είναι 4,5V και η δύναμη έλξης του είναι πολύ μεγάλη.
□ Η τάση της μπαταρίας ενός άλλου ηλεκτρομαγνήτη είναι 6V και η δύναμη έλξης του είναι μεγάλη.
□ Η τάση της μπαταρίας ενός άλλου ηλεκτρομαγνήτη είναι η μεγαλύτερη από την τάση της μπαταρίας όλων των άλλων ηλεκτρομαγνητών, ίση με 9V.

Ερώτηση 3: Ο Θάνος λέει ότι όταν η τάση της μπαταρίας είναι μεγάλη, είναι μεγάλη και η δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη. Έπειτα, θέλει να προσθέσει το ακόλουθο στοιχείο για να ισχυροποιήσει την άποψή του:

«*Η τάση της μπαταρίας ενός άλλου ηλεκτρομαγνήτη είναι 2V και η δύναμη έλξης του είναι μεγάλη*».

Αυτό το στοιχείο είναι:

□ αδύναμο, διότι είναι άσχετο με την άποψη του Θάνου.
□ αδύναμο, διότι υποστηρίζει το αντίθετο από την άποψη του Θάνου.
□ ισχυρό, διότι υποστηρίζει μια άποψη διαφορετική από την άποψη του Θάνου.
□ ισχυρό, διότι υποστηρίζει την άποψη του Θάνου.

Ερώτηση 4: Η Παρασκευή είναι συμμαθήτρια του Θάνου. Ο δάσκαλος της τάξης τους ζήτησε να συγκρίνουν τα κείμενά τους.

Το κείμενο του Θάνου:

«*Την επηρεάζει η τάση της μπαταρίας και μάλιστα όταν η τάση της μπαταρίας είναι μεγάλη, είναι μεγάλη και η δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη. Στον ηλεκτρομαγνήτη Α, η τάση της μπαταρίας είναι 9V και η δύναμη έλξης του είναι πολύ μεγάλη ενώ στον ηλεκτρομαγνήτη Δ η τάση της μπαταρίας είναι 3V και η δύναμη έλξης του μικρή. Αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα που αποδεικνύει ότι η δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη επηρεάζεται από την τάση της μπαταρίας*».

Το κείμενο της Παρασκευής:

«*Την επηρεάζει η τάση της μπαταρίας και μάλιστα όταν η τάση της μπαταρίας είναι μεγάλη, είναι μεγάλη και η δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη. Ένας μεγάλος επιστήμονας είπε ότι αν συνδέσουμε έναν ηλεκτρομαγνήτη με μια μπαταρία με μεγάλη τάση τότε η δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη ήταν μεγάλη. Αυτό είναι ένα καλό παράδειγμα που αποδεικνύει ότι η δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη επηρεάζεται από την τάση της μπαταρίας*».

Ποιος μαθητής υποστηρίζει καλύτερα την άποψή του, ο Θάνος ή η Παρασκευή και γιατί;