



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΗΣ ΠΡΟΣΧΟΛΙΚΗΣ ΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ ΚΑΙ ΤΗΣ
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ»**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**από την
Ανδρικοπούλου Ευδοκία
(Α.Μ. 4282014001)**

**ΘΕΜΑ: «Οι επιδράσεις μιας διδακτικής παρέμβασης στις μαθησιακές
διαδικασίες των μαθητών του δημοτικού σχολείου για τους
ηλεκτρομαγνήτες»**

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Μιχαήλ Σκουμιός	Επίκουρος Καθηγητής	ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ	Επιβλέπων
Αγγελική Δημητρακοπούλου	Καθηγήτρια	ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ	Μέλος
Φραγκίσκος Καλαβάσης	Καθηγητής	ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ	Μέλος

ΡΟΔΟΣ, 2016

Η έγκριση της παρούσης Διπλωματικής Εργασίας στο πλαίσιο του Π.Μ.Σ. «Διδακτική Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση: Διεπιστημονική Προσέγγιση» του Τμήματος Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού του Πανεπιστημίου Αιγαίου δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων της συγγραφέως.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	6
ABSTRACT	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1. Οριοθέτηση θέματος και αναγκαιότητα της εργασίας.....	8
1.2. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα.....	10
1.3. Σημασία της εργασίας.....	10
1.4. Δομή Εργασίας.....	11
1.5. Ανακεφαλαίωση.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ	13
2.1. Εισαγωγή.....	13
2.2. Οι αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών.....	13
2.2.1. Συμπεράσματα ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών.....	13
2.2.2. Γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών.....	14
2.2.3. Στρατηγικές διδακτικής αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών	15
2.3. Η εποικοδομητική προσέγγιση στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών.....	17
2.3.1. Η παραδοσιακή και η ανακαλυπτική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών.....	17
2.3.2. Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών: βασικές αρχές και εκδοχές.....	18
2.4. Μάθηση των Φυσικών Επιστημών μέσα από χρήση επιστημονικών πρακτικών.....	19
2.5. Διδακτικά μοντέλα για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας.....	22
2.5.1. Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας των Driver and Oldham (1986).....	23
2.5.2. Το εκπαιδευτικό μοντέλο BSCS 5E (Bybee et al., 2006)	25
2.6. Ανακεφαλαίωση.....	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ	29
3.1. Εισαγωγή.....	29
3.2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα, το μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό.....	29
3.2.1. Αντιλήψεις μαθητών για τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα	29
3.2.2. Αντιλήψεις μαθητών για τους μαγνήτες και τα μαγνητικά πεδία	35
3.2.3. Αντιλήψεις μαθητών για τον ηλεκτρομαγνητισμό.....	39

3.3. Βιβλιογραφική ανασκόπηση διδακτικών παρεμβάσεων που έχουν πραγματοποιηθεί για τον ηλεκτρομαγνητισμό	41
3.4. Συζήτηση – Πρωτοτυπία εργασίας.....	49
3.5. Ανακεφαλαίωση	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	51
4.1. Εισαγωγή.....	51
4.2. Συμμετέχοντες.....	51
4.3. Ερευνητική διαδικασία.....	52
4.4. Ερευνητικά εργαλεία.....	53
4.4.1. Η επιλογή του ερωτηματολογίου	53
4.4.2. Η συγκρότηση του ερωτηματολογίου	53
4.4.3. Το ερωτηματολόγιο.....	55
4.5. Το διδακτικό υλικό για τους ηλεκτρομαγνήτες.....	57
4.5.1. Η συγκρότηση του διδακτικού υλικού	57
4.5.2. Οι δραστηριότητες του διδακτικού υλικού για τους ηλεκτρομαγνήτες.....	59
4.6. Συλλογή Δεδομένων.....	64
4.7. Ανάλυση Δεδομένων.....	66
4.8. Ανακεφαλαίωση	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	71
5.1. Εισαγωγή.....	71
5.2. Οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες.....	71
5.2.1. Η έννοια του ηλεκτρομαγνήτη	71
5.2.2. Τα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη	74
5.2.3. Μεταβολή της δύναμης έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη	76
5.2.4. Οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις μαγνητικές ιδιότητες ρευματοφόρου αγωγού.....	79
5.4. Οι επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων των μαθητών.....	85
5.4.1. Η επιστημονική πρακτική που αφορά στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας... 85	
5.4.2. Η επιστημονική πρακτική ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων των μαθητών	96
5.5. Ανακεφαλαίωση	101
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	103
6.1. Εισαγωγή.....	103
6.2. Κύρια ευρήματα της έρευνας και σχολιασμός τους.....	104

Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες	104
Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών.....	106
Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων των δύο διδακτικών παρεμβάσεων.....	107
6.3. Περιορισμοί της εργασίας	109
6.4. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα	109
6.5 Ανακεφαλαίωση	110
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	111
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	118
Ερωτηματολόγιο	118
Φύλλο Εργασίας 1	122
Φύλλο Εργασίας 2.....	130

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έρευνα που μελετά τις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες είναι περιορισμένη. Επίσης, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην εξέλιξη των αντιλήψεων για τους ηλεκτρομαγνήτες και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές. Η παρούσα έρευνα μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης στις αντιλήψεις των μαθητών της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες καθώς και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Επιπρόσθετα, επιδιώκεται η σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της διδακτικής παρέμβασης και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου για τους ηλεκτρομαγνήτες. Για τις ανάγκες της έρευνας, συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τους ηλεκτρομαγνήτες το οποίο ήταν βασισμένο στην εποικοδομητική προσέγγιση για μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών. Το εκπαιδευτικό υλικό εφαρμόστηκε σε 19 μαθητές της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Επιπρόσθετα, άλλοι 18 μαθητές της Στ' τάξης του δημοτικού διδάχθηκαν τους ηλεκτρομαγνήτες με βάση το εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού τους εγχειριδίου. Για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές τόσο πριν όσο και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις. Τα δεδομένα της έρευνας αποτέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι είναι εφικτή η διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες καθώς και η ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίησης έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων μέσω της διδακτικής παρέμβασης, που σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε. Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα αυτής της διδακτικής παρέμβασης ήταν σημαντικά καλύτερα από τα μαθησιακά αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου των μαθητών.

ABSTRACT

The research focused on conceptions of students for the electromagnets is very limited. Additionally, the research focused on the contribution of teaching interventions on the conceptions' development on electromagnets is very limited. This research studies the contribution of a teaching intervention on the 6th Grade students' conceptions of primary school on electromagnets and the development of practices related to planning and carrying out investigations and analyzing and interpreting data. Moreover, it is intended the to compare the learning outcomes of this teaching intervention and the teaching intervention based on the teaching material of the school handbook on electromagnets. For research needs, teaching material was created for electromagnets, which was based on a constructivist approach to learning science using practices. The teaching material implemented on 19 6th Grade students o primary school. In addition, other 18 6th Grade students were taught electromagnets based on the teaching material of the school handbook. In order to evaluate the learning outcomes, a questionnaire was created and answered by the students, before and after the teaching interventions. Research data were the students' answers to questionnaires. The analysis of the data showed that through the teaching intervention that was designed and implemented, both the instructive treatment of students' conceptions on electromagnets and the development of practices related to planning and carrying out investigations and analyzing and interpreting data are possible. Furthermore, it appeared that the learning outcomes of this teaching intervention were better in comparison to the learning outcomes of the teaching intervention based on the teaching material of the school science textbook.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Οριοθέτηση θέματος και αναγκαιότητα της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα: «Οι επιδράσεις μιας διδακτικής παρέμβασης στις μαθησιακές διαδικασίες των μαθητών του δημοτικού σχολείου για τους ηλεκτρομαγνήτες» εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών «Διδακτική των Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση: Διεπιστημονική Προσέγγιση» του Τμήματος Επιστήμων της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Η εργασία αυτή εντάσσεται στο ευρύτερο σώμα των μελετών που διερευνούν την ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές και την αλλαγή των αντιλήψεών τους για ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται σε εμπειρικά δεδομένα (Skoumios & Hatzinikita, 2006; Baviskar, Hartle, & Whitney, 2009; Krajcik et al., 2014). Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα εργασία μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης στις αντιλήψεις των μαθητών του δημοτικού σχολείου σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες καθώς και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας καθώς επίσης και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από τους μαθητές.

Η διδακτική αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών για την εννοιολογική περιοχή των ηλεκτρομαγνητών επιδιώκεται μέσα από την εμπλοκή των μαθητών με διδακτικές διαδικασίες που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Driver & Oldham, 1986; Kerr, Beggs & Murphy, 2006; Skoumios & Hatzinikita, 2006; Baviskar, Hartle, & Whitney, 2009; Skoumios, 2009). Η αναγκαιότητα για πραγματοποίηση έρευνας σχετικά με τη διδακτική αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών στηρίζεται σε τρεις θέσεις που υιοθετούνται στην παρούσα εργασία. Η πρώτη θέση συνδέεται με την εποικοδομητική άποψη για τη διδασκαλία και τη μάθηση, σύμφωνα με την οποία η γνώση δεν λαμβάνεται παθητικά αλλά οικοδομείται από το μαθητή (Driver 1983; Osborne & Freyberg 1985; Scott 1987). Η παραδοχή ότι ο μαθητής οικοδομεί τη γνώση συνεπάγεται ότι ο μαθητής είναι αυτός που θα αποφασίσει να αλλάξει τις αντιλήψεις του. Η δεύτερη θέση αφορά στη διαπίστωση ότι οι μαθητές πριν ξεκινήσουν την εκπαίδευσή τους στο σχολικό πλαίσιο, έχουν ήδη διαμορφώσει τις δικές τους αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver, Guesne & Tiberghien, 1993; Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1998). Η τρίτη θέση αναφέρεται στη σχέση των αντιλήψεων των μαθητών με τη διδασκαλία. Η γνώση των αντιλήψεων των μαθητών επιτρέπει την καλύτερη οργάνωση μιας πιο αποτελεσματικής διδασκαλίας (Driver & Oldham, 1986; Baviskar, Hartle & Whitney, 2009).

Παράλληλα, έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές και έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013). Ο όρος επιστημονικές πρακτικές αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον

κόσμο (NRC, 2011). Επιδιώκεται οι μαθητές μέσω της εμπλοκής τους με επιστημονικές πρακτικές να οικοδομήσουν και να χρησιμοποιούν ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών προκειμένου να ερμηνεύουν φαινόμενα, να επιλύουν προβλήματα και να λαμβάνουν αποφάσεις (NGSS Lead States, 2013). Μεταξύ των επιστημονικών πρακτικών που έχουν προταθεί για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες συγκαταλέγονται η σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και η ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από τους μαθητές. Ειδικότερα, επιδιώκεται οι μαθητές να είναι ικανοί να αναγνωρίζουν επιστημονικά ερωτήματα, να διατυπώνουν υποθέσεις, να προχωρούν σε έλεγχο των μεταβλητών, να επινοούν πειράματα, να συλλέγουν δεδομένα, να τα επεξεργάζονται και να εξάγουν συμπεράσματα (National Research Council [NRC], 2000, 2011).

Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν οι ηλεκτρομαγνήτες για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού για τρεις λόγους. Ο πρώτος λόγος αφορά το γεγονός ότι οι ηλεκτρομαγνήτες χρησιμοποιούνται εκτεταμένα στην καθημερινή ζωή. Ο δεύτερος λόγος συνδέεται με το ότι μια εκτεταμένη σειρά ερευνών σε θέματα ηλεκτρισμού και μαγνητισμού καταδεικνύει ότι οι μαθητές εκδηλώνουν αντιλήψεις διαφορετικές από αυτές της σχολικής γνώσης (Κουμαράς, 1989; Shipstone, 1993; Κόκκοτας, 1998; Borges & Gilbert, 1999; Driver et al., 2000; Guisasola, Almudi & Zubimendi, 2004; Raduta, 2005; Voutsina & Ravanis, 2007; Ravanis, Pantidos & Vitoratos, 2009; Ravanis, Pantidos & Vitoratos, 2010; Smolleck & Hershberger, 2011). Ο τρίτος λόγος σχετίζεται με το ότι η διδασκαλία εννοιών και φαινομένων του ηλεκτρομαγνητισμού περιέχεται σε όλα τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αναγνωρίζοντας προφανώς την αναγκαιότητα της μελέτης τους.

Σχετικά με την εννοιολογική περιοχή του ηλεκτρομαγνητισμού, μολονότι έχουν διερευνηθεί συστηματικά οι αντιλήψεις των μαθητών (Selman et al., 1982; Anderson, 1985; Barrow, 1987; Galili, 1995; Raduta, 2005; Smaill & Rowe, 2012), είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που αφορά στη διδακτική αντιμετώπιση αυτών των αντιλήψεων των μαθητών (Dori & Belcher, 2005; Narjaikaew, Emarat & Cowie, 2009; Sağlam, 2010; Kokkotas, Rizaki & Malamitsa, 2010; Grigore, Miron & Barna, 2013; Michelini & Vercellati, 2013). Επιπλέον, η έρευνα αυτή εστιάζεται σε ορισμένες μόνο πτυχές του ηλεκτρομαγνητισμού (π.χ. μαγνητικό πεδίο παράλληλων ρευματοφόρων αγωγών, η έννοια «πεδίο» στον ηλεκτρομαγνητισμό, παράγωγή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου από ηλεκτρικά κυκλώματα, καθορισμός διεύθυνσης του πεδίου) και σε μαθητές της δευτεροβάθμιας και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Galili, 1995; Raduta, 2005; Smaill & Rowe, 2012). Η έρευνα που εστιάζεται στις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες και στην εξέλιξή τους είναι ιδιαίτερα περιορισμένη (Κυριτσόπουλος, 2010). Συνεπώς, είναι φανερό ότι απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν την επίδραση διδασκαλιών που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην εξέλιξη των αντιλήψεων και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες. Επιπλέον, απουσιάζουν έρευνες που να συγκρίνουν τα μαθησιακά αποτελέσματα μιας διδασκαλίας που

βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο με εκείνα μιας διδακτικής παρέμβασης, η οποία βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση με χρήση επιστημονικών πρακτικών.

Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης έρευνας που να εστιάζει στη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης στη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών του δημοτικού σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες καθώς και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές.

1.2. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι η σχεδίαση, εφαρμογή και αξιολόγηση μιας διδακτικής παρέμβασης για μαθητές της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου, σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες, η οποία βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών. Πιο συγκεκριμένα, η εργασία επιδιώκει τη διερεύνηση της συμβολής αυτής της διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στην εξέλιξη των αντιλήψεων και στην ανάπτυξη ορισμένων επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Επιπρόσθετα, επιδιώκεται η σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της διδακτικής παρέμβασης και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου για τους ηλεκτρομαγνήτες.

Από τον σκοπό της εργασίας απορρέουν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- (α) Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες;
- (β) Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη των επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από τους μαθητές;
- (γ) Υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα μαθησιακά αποτελέσματα (αντιλήψεις και επιστημονικές πρακτικές) αυτής της διδακτικής παρέμβασης και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου «Έρευνώ και Ανακαλύπτω» της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου για τους ηλεκτρομαγνήτες;

1.3. Σημασία της εργασίας

Η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας έγκειται στο ότι αυτή μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες βασισμένης στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών τόσο στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών όσο και στην ανάπτυξη των επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από τους μαθητές του δημοτικού σχολείου, ζητήματα για τα οποία δεν υπήρχαν ερευνητικά δεδομένα.

Η προτεινόμενη εργασία δίνει δυνατότητες αξιοποίησής της σε δύο πεδία, στο πεδίο των ερευνητικών δραστηριοτήτων και στο πεδίο της διδακτικής πράξης. Στο πεδίο της έρευνας, η παρούσα εργασία αναμένεται να συμβάλει στη συζήτηση για τη διδακτική αντιμετώπιση των

αντιλήψεων των μαθητών και ειδικότερα στο κατά πόσο είναι εφικτή η συγκρότηση κατάλληλων δραστηριοτήτων με στόχο την ανάδειξη και αποσταθεροποίηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες. Παράλληλα, θα συμβάλει στη συζήτηση για την ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές και ειδικότερα στις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από τους μαθητές. Επίσης, αναμένεται να συντελέσει στην αποσαφήνιση των ουσιαδών γνωστικών στόχων της διδασκαλίας των ηλεκτρομαγνητών, με γνώμονα την επέκταση ή την τροποποίηση των αντιλήψεων των μαθητών, αλλά και στον επαναπροσδιορισμό των στόχων και των θέσεων των αναλυτικών προγραμμάτων για την εννοιολογική περιοχή του ηλεκτρομαγνητισμού. Στο επίπεδο της εκπαιδευτικής πράξης, η παρούσα εργασία δίνει δυνατότητες αξιοποίησής της από τους εκπαιδευτικούς για τη διδασκαλία των ηλεκτρομαγνητών με το εκπαιδευτικό υλικό που θα έχει συγκροτηθεί.

1.4. Δομή Εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια.

Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την οριοθέτηση του θέματος της εργασίας και την τεκμηρίωση της αναγκαιότητας της πραγματοποίησης της παρούσας έρευνας, ενώ καθορίζονται ο σκοπός και οι ερευνητικοί στόχοι καθώς και η δομή της εργασίας.

Το δεύτερο κεφάλαιο περιλαμβάνει το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας. Ειδικότερα, αναφέρονται στοιχεία από την έρευνα για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών. Επιπρόσθετα, παρουσιάζεται η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών που βασίζεται στη χρήση επιστημονικών πρακτικών.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τον ηλεκτρισμό, το μαγνητισμό και την ευρύτερη εννοιολογική περιοχή του ηλεκτρομαγνητισμού. Επίσης, πραγματοποιείται βιβλιογραφική ανασκόπηση των διδακτικών παρεμβάσεων που έχουν πραγματοποιηθεί για την αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών για τον ηλεκτρομαγνητισμό.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία της έρευνας. Ειδικότερα, περιγράφεται η ερευνητική διαδικασία που ακολουθήθηκε στην συγκεκριμένη εργασία, παρουσιάζεται το δείγμα των μαθητών και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά την έρευνα. Επιπλέον, περιγράφεται η διαδικασία συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται αναλυτικά τα αποτελέσματα της έρευνας που αφορούν στη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες και στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών, καθώς επίσης και η σύγκριση αυτής της διδακτικής παρέμβασης με τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου για τους ηλεκτρομαγνήτες.

Στο έκτο κεφάλαιο σχολιάζονται τα αποτελέσματα και εξάγονται τα συμπεράσματα της έρευνας. Επιπλέον, επισημαίνεται η συμβολή των αποτελεσμάτων της έρευνας στη διδακτική πράξη, παρουσιάζονται οι περιορισμοί της και διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

Τέλος, παρατίθενται οι βιβλιογραφικές αναφορές και το παράρτημα της εργασίας.

1.5. Ανακεφαλαίωση

Η εργασία αυτή μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης, η οποία βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, τόσο στις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες όσο και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από τους μαθητές. Επιπλέον, επιδιώκεται η σύγκριση αυτής της διδακτικής παρέμβασης με τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου για τους ηλεκτρομαγνήτες. Τα αποτελέσματα της εργασίας δίνουν δυνατότητες αξιοποίησής τους σε δύο πεδία, στο πεδίο των ερευνητικών δραστηριοτήτων και στο πεδίο της διδακτικής πράξης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας, το οποίο αποτελείται από τέσσερις επιμέρους ενότητες. Στην πρώτη ενότητα αναφέρονται στοιχεία από την έρευνα για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (βλ. ενότητα 2.2). Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζεται η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών (βλ. ενότητα 2.3). Η τρίτη ενότητα αναφέρεται στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών που βασίζεται στη χρήση επιστημονικών πρακτικών (βλ. ενότητα 2.4). Αντικείμενο της τέταρτης ενότητας αποτελούν τα μοντέλα διδασκαλίας για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στις Φυσικές Επιστήμες (βλ. ενότητα 2.5).

2.2. Οι αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών

Η ενότητα αυτή χωρίζεται σε τρεις υποενότητες. Στην πρώτη υποενότητα παρουσιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα των ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (βλ. υποενότητα 2.2.1). Στη δεύτερη υποενότητα αναφέρονται τα γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (βλ. υποενότητα 2.2.2) και στην τρίτη και τελευταία υποενότητα αναλύονται οι στρατηγικές διδακτικής αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών (βλ. υποενότητα 2.2.3).

2.2.1. Συμπεράσματα ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών

Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών εμπεριέχονται τρία διακριτά σώματα γνώσης: η επιστημονική γνώση, η σχολική γνώση και η καθημερινή-βιωματική γνώση των μαθητών (Κουλαϊδής 1994, 2001). Ειδικότερα, η επιστημονική γνώση περιλαμβάνει εκείνη τη γνώση με οποία ασχολούνται οι επιστημονικές κοινότητες των Φυσικών Επιστημών. Η σχολική γνώση έχει ως φορείς τους διδάσκοντες και τα σχολικά βιβλία. Τέλος η καθημερινή-βιωματική γνώση των μαθητών προκύπτει από τις καθημερινές τους αλληλεπιδράσεις και στα επόμενα θα αναφέρεται με τον όρο αντιλήψεις μαθητών.

Τα παιδιά πριν ακόμη φοιτήσουν στο σχολείο, στην προσπάθειά τους ερμηνεύσουν και να προβλέψουν διάφορα φυσικά φαινόμενα που συμβαίνουν στον κόσμο, έχουν διαμορφώσει αντιλήψεις γι' αυτά εξαιτίας της αλληλεπίδρασής τους με το οικογενειακό, φιλικό και κοινωνικό περιβάλλον (Driver et al., 2000). Οι αντιλήψεις αυτές, τις περισσότερες φορές, είναι εντελώς διαφορετικές από την επιστημονική γνώση και είναι τόσο καλά εδραιωμένες που ενδέχεται να μην αλλάξουν με τη διδασκαλία αφού έχουν δημιουργηθεί από μηχανισμούς των παιδιών στην προσπάθειά τους να αντιληφθούν ό, τι συμβαίνει γύρω τους (Driver et al., 1993; Driver et al., 2000). Οι αντιλήψεις αυτές αναφέρονται και με άλλα ονόματα όπως «εναλλακτικές απόψεις», «αυθόρμητες αντιλήψεις»,

«παρανοήσεις», «προϋπάρχουσες ιδέες», «διαισθητικές ιδέες», «επιστήμη των παιδιών», «αναπαράστασεις», «νοητικά μοντέλα», κ.ά. (Κόκκοτας, 1998; Driver et al., 2000).

Όσον αφορά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, ερευνητικές μελέτες σε διάφορες χώρες έδειξαν ότι, παρά τα δέκα ή και περισσότερα χρόνια της υποχρεωτικής σχολικής εκπαίδευσης, πολλοί μαθητές δεν μπόρεσαν να αποκτήσουν τις απαραίτητες επιστημονικές γνώσεις για το πώς να ερμηνεύσουν τον κόσμο. Αντίθετα, στο τέλος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι ίδιοι μαθητές διέθεταν ακόμα αντιλήψεις οι οποίες δεν ήταν σύμφωνες με την επιστημονική γνώση και τους ακολουθούν μέχρι την ενηλικίωσή τους (Driver et al. 1993; Skamp, 2012). Επιπλέον, ορισμένες από τις αντιλήψεις που έχουν καταγραφεί φαίνεται να είναι αρκετά διαδεδομένες ανάμεσα στους μαθητές ενώ σε κάποιες περιπτώσεις οι μαθητές μπορεί να διατηρούν μετά τη διδασκαλία τόσο την εξήγηση του δασκάλου όσο και τις δικές τους αντιλήψεις με αποτέλεσμα να προκύψει ένα είδος συγχώνευσης ή αλληλεπίδρασης των δύο (Driver et al. 1993, Driver et al., 1994).

2.2.2. Γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών

Οι έρευνες σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης, για μια ποικιλία θεμάτων των Φυσικών Επιστημών, έχουν δείξει ότι οι αντιλήψεις των μαθητών έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά, ανεξάρτητα από τον τόπο καταγωγής, την ηλικία, τη φυλή, κλπ των μαθητών (Driver et al., 1985; Κόκκοτας, 1998; Driver et al., 1994; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001), που παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω με ενδεικτικά παραδείγματα.

(α) Σκέψη κυριαρχούμενη από την αισθητηριακή αντίληψη

Οι μαθητές όταν βρίσκονται αντιμέτωποι με ένα πρόβλημα, έχουν την τάση να κάνουν συλλογισμούς που στηρίζονται σε παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά μέσω των αισθήσεων (Driver et al., 1993; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001). Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η περίπτωση κατά την οποία ένας μαθητής θεωρεί ότι η ζάχαρη εξαφανίζεται όταν διαλύεται στο νερό (Κόκκοτας, 1998).

(β) Περιορισμένη εστίαση

Οι μαθητές εμφανίζουν την τάση να επικεντρώνουν την προσοχή τους και να λαμβάνουν υπόψη τους ορισμένα εξέχοντα μόνο χαρακτηριστικά των καταστάσεων που μελετούν ενώ αγνοούν κάποια άλλα (Driver et al. 1993; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001; Skoumios & Hatzinikita, 2005). Ως παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η αντίληψη που εκδηλώνουν τα παιδιά όταν προσπαθούν να εξηγήσουν γιατί η πορτοκαλάδα ανεβαίνει όταν ρουφούν με το καλαμάκι, υποστηρίζοντας ότι αυτό οφείλεται στο ότι ρουφούν δυνατά (Κόκκοτας, 1998).

(γ) Εξάρτηση από το πλαίσιο

Οι μαθητές συχνά χρησιμοποιούν διαφορετικές και, πολλές φορές, αντίθετες αντιλήψεις ανάλογα με το εκάστοτε πλαίσιο, προκειμένου να ερμηνεύσουν καταστάσεις που ένας επιστήμονας θα εξηγούσε με τον ίδιο τρόπο. Οι αντιλήψεις των μαθητών φαίνεται να εξαρτώνται από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κατάστασης με την οποία τίθεται το πρόβλημα. Ως παράδειγμα μπορεί να

αναφερθεί η επιλογή από το μαθητή ενός δοχείου από αλουμίνιο για να διατηρήσει τη σούπα ζεστή για αρκετό χρόνο γιατί τα δοχεία του καφέ διατηρούν καλά τη θερμότητα. Ο ίδιος μαθητής όταν του ζητήθηκε να διαλέξει δοχείο για να διατηρήσει το νερό ζεστό για λίγο χρόνο, επέλεξε πάλι μεταλλικό δοχείο γιατί είναι αγωγός και η θερμότητα θα περάσει τα τοιχώματα του δοχείου (Driver et al. 1993; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

(δ) Έννοιες που δεν διαχωρίζονται

Οι μαθητές συνήθως χρησιμοποιούν αδιακρίτως βασικές έννοιες, οι οποίες έχουν διαφορετική σημασία σύμφωνα με την επιστημονική γνώση. Οι αντιλήψεις των παιδιών παρουσιάζονται περισσότερο περιεκτικές και σφαιρικές από εκείνες των επιστημόνων, γεγονός που σημαίνει ότι τα παιδιά μεταπηδούν από τη μια έννοια στην άλλη, χωρίς να το συνειδητοποιούν (Driver et al. 1993; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001). Για παράδειγμα, οι μαθητές για να περιγράψουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα χρησιμοποιούν την έννοια «ηλεκτρισμός» ως έννοια-«ομπρέλα» κάτω από την οποία κρύβονται οι έννοιες ηλεκτρικό ρεύμα, ηλεκτρικό φορτίο, ισχύς, ηλεκτρική ενέργεια (Driver et al. 1993; Κόκκοτας, 1998; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

(ε) Γραμμικός αιτιακός συλλογισμός

Οι μαθητές, έχουν την τάση να περιγράφουν και να ερμηνεύουν τις αλλαγές των συστημάτων με τη βοήθεια γραμμικών, χρονικών ή και τοπικών, αιτιακών αλυσίδων κάθε τμήμα των οποίων αναφέρεται σε ένα απλό φαινόμενο. Για παράδειγμα, οι μαθητές δέχονται πως όταν μια δύναμη (αίτιο) δρα σε ένα σώμα παράγει ένα αποτέλεσμα. Ωστόσο δεν μπορούν να αντιληφθούν την αλληλεπίδραση των σωμάτων (Driver et al., 1993; Κόκκοτας, 1998; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

(στ) Οι αντιλήψεις είναι ανθεκτικές στην αλλαγή

Η έρευνα σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών έχει αναδείξει τον ιδιαίτερα σταθερό και ανθεκτικό χαρακτήρα τους. Η σταθερότητα και ανθεκτικότητα που χαρακτηρίζει τις αντιλήψεις σχετίζεται με την εννοιολογική αλλαγή, η οποία αποτελεί μια μακρόχρονη διαδικασία, που υπερβαίνει τις συνήθεις βραχύχρονες σχολικές διαδικασίες μάθησης. Για παράδειγμα, αναφέρεται έρευνα στην οποία το ποσοστό του ερωτούμενου πληθυσμού που απάντησε θετικά στην πρόταση: «Ο Ήλιος περιστρέφεται γύρω από τη Γη», ήταν πάνω από 30% (Giordan & de Vecchi, 1987; Driver et al., 1993).

2.2.3. Στρατηγικές διδακτικής αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών

Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα, οι μαθητές, που έρχονται στο σχολείο και διδάσκονται Φυσικές Επιστήμες, είναι ήδη φορείς ενός σώματος γνώσης και ερμηνείας φαινομένων που σχετίζονται με αυτές (Driver, et. al., 2000). Μέσα από έρευνες (Giordan & de Vecchi, 1987) έχει διαπιστωθεί ότι οι αντιλήψεις των ενηλίκων, οι οποίοι είχαν διδαχθεί πολλές διδακτικές ώρες μαθήματα σχετικά με έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών κατά τα μαθητικά τους χρόνια,

εμπεριείχαν παρανοήσεις για αυτά οι οποίες δε διέφεραν από αυτές των μαθητών, γεγονός που αποδεικνύει την ανθεκτικότητά τους ακόμη και μετά την παρουσίαση της επιστημονικής εκδοχής.

Ο εκπαιδευτικός, αποφεύγοντας ή αγνοώντας τις αντιλήψεις των μαθητών του, θεωρεί ότι αυτές αποτελούν νοητικά δημιουργήματα του μαθητή και ότι είναι πιθανό να «περάσουν» και να υιοθετηθούν από τους συμμαθητές του (Giordan & de Vecchi, 1987). Οι αντιλήψεις αυτές αποτελούν τα συστατικά στοιχεία, με τα οποία οι μαθητές προσπαθούν να αποκωδικοποιήσουν τη νέα γνώση, ενώ αποτελούν και τη γνωστική βάση η οποία θα διαμορφώσει την τελική γνωστική κατάστασή των μαθητών μετά το τέλος της διδασκαλίας, γιατί όλη η νέα γνώση θα οικοδομηθεί πάνω σε αυτή. Από την άλλη αυτό το πλέγμα αντιλήψεων είναι τόσο ισχυρό, λόγω της έλλειψη δομών στο υποκείμενο, της καθημερινής χρήσης και επαλήθευσης της λειτουργικότητάς αυτών των αντιλήψεων που δύσκολα θα απαγκιστρωθεί ο μαθητής απ' αυτό και μετά από τη διδασκαλία (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

Η διδασκαλία κατά την οποία ο εκπαιδευτικός λειτουργεί «μαζί» με τις αντιλήψεις των μαθητών του έχει σαν αποτέλεσμα την ομαλή μετάβαση από την καθημερινή-βιωματική προς την σχολική και επιστημονική γνώση (Giordan & de Vecchi, 1987). Δεν αρκεί όμως να αναγνωρίζει απλά ότι οι μαθητές έχουν ήδη διαμορφώσει κάποιες πρακτικο-βιωματικές γνώσεις, γιατί κάτι τέτοιο οδηγεί στην παραδοχή ότι η επιστημονική γνώση είναι συνέχεια αυτών των γνώσεων και θεωρείται ως απαραίτητο συμπλήρωμα των αντιλήψεων των μαθητών, καθώς οι αντιλήψεις αυτές δεν είναι δυνατόν να οδηγηθούν προς την επιστημονική γνώση γιατί βασίζονται σε διαφορετικές δομές σκέψης (Κουζέλης & Κουλαϊδής, 1988).

Στην περίπτωση που ο εκπαιδευτικός λειτουργεί «ενάντια» στις αντιλήψεις των μαθητών παρατηρείται κενό και ασυνέχεια μεταξύ της καθημερινής-βιωματικής και επιστημονικής γνώσης καθώς η δυνατότητα αφομοίωσης των νέων εννοιών σε σχέση με τη χρονική στιγμή που πραγματοποιείται στη διδασκαλία η διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών, δεν επιτρέπει να παίξουν αυτές οι αντιλήψεις ενεργό ρόλο στην πρόσληψη της νέας γνώσης (Giordan & de Vecchi, 1987).

Τέλος, παρατηρείται και η περίπτωση που ο δάσκαλος διδάσκει «μαζί» και «ενάντια» στις υπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών και, αφού αυτές είναι δημιουργήματά τους, προσπαθεί παράλληλα να τις «γκρεμίσει» και να προκαλέσει αλλαγή και αναδιοργάνωση στον τρόπο σκέψης για το πώς λειτουργεί ο κόσμος (Giordan & de Vecchi, 1987). Ο εκπαιδευτικός βασίζεται στις αντιλήψεις των μαθητών και μέσω αυτών τους βοηθάει να κατανοήσουν την πραγματικότητα, έχοντας αρκετές πιθανότητες να τους «εισάγει» στις επιστημονικές δομές και έννοιες, επιτυγχάνοντας την κριτική προσαρμογή τους σε ένα άλλο επιστημονικό πλαίσιο και αναδεικνύοντας τις διαφορετικές εννοιολογικές δομές των δύο αυτών πλαισίων (Κουζέλης & Κουλαϊδής, 1988).

2.3. Η εποικοδομητική προσέγγιση στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών

Η ενότητα αυτή εστιάζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Αποτελείται από δύο επιμέρους υποενότητες. Στην πρώτη υποενότητα παρουσιάζονται οι δύο διδακτικές προσεγγίσεις για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών που προϋπήρχαν ιστορικά πριν την εμφάνιση της εποικοδομητικής προσέγγισης για τη μάθηση (βλ. υποενότητα 2.3.1). Στη δεύτερη υποενότητα παρουσιάζονται οι βασικές θέσεις και οι εκδοχές της εποικοδομητικής προσέγγισης για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών (βλ. υποενότητα 2.3.2).

2.3.1. Η παραδοσιακή και η ανακαλυπτική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών

Οι κυρίαρχες διδακτικές προσεγγίσεις για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών που προϋπήρχαν ιστορικά πριν την εμφάνιση της εποικοδομητικής προσέγγισης είναι η παραδοσιακή και η ανακαλυπτική.

Η παραδοσιακή προσέγγιση, που χρησιμοποιήθηκε στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '60 και που σε πολλές χώρες χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα, θεωρεί το μυαλό του παιδιού σαν άγραφο χαρτί πάνω στο οποίο ο δάσκαλος μπορεί να εγγράφει οτιδήποτε ή καλύτερα τη δική του επιστήμη (Driver et al., 2000). Η προσέγγιση αυτή θεωρεί ότι ο μαθητής δεν έχει καμία γνώση για κάποιο θέμα πριν το διδαχθεί επίσημα στο σχολείο (Κόκκοτας, 1998). Κατά το πρότυπο αυτό, η μάθηση είναι παθητική, ληπτική και αναπαραγωγική διαδικασία όπου ο δάσκαλος θεωρείται αυθεντία και οι μαθητές οφείλουν να αναπαράγουν τη γνώση όπως αυτή υπάρχει στα σχολικά εγχειρίδια και μεταδίδεται από αυτόν στην τάξη (Driver et al., 2000). Επιπλέον, η μάθηση θεωρείται ως απομνημόνευση και ανάκληση της γνώσης, ενώ οι μαθητές εργάζονται ατομικά (Andoniadou & Skoumios, 2013). Έχει σαν επίκεντρο το δάσκαλο και τη διδακτέα ύλη και δε λαμβάνει καθόλου υπόψη τις προηγούμενες αντιλήψεις των μαθητών. Το μάθημα γίνεται με τη μορφή διάλεξης και οι μαθητές – ακροατές πρέπει να μάθουν όσα διδάσκει ο δάσκαλος και το βιβλίο «παπαγαλία» ή αλλιώς «απ' έξω», χωρίς να υπάρχει ενθάρρυνση για ερωτήσεις-απορίες (Κόκκοτας, 2004). Ο εκπαιδευτικός, με άλλα λόγια, είναι ένας απλός διεκπεραιωτής της ύλης που αντιμετωπίζει τους μαθητές σαν μια ομάδα, αδιαφορώντας για τις ιδιαιτερότητες του καθενός. Πολλές φορές ο τρόπος αυτός ο τρόπος διδασκαλίας εμπλουτίζεται με επίδειξη πειραμάτων μόνο από το δάσκαλο χωρίς καμία συμμετοχή των μαθητών (Κόκκοτας, 2004). Η ισχυροποίηση των νέων εννοιών επιδιώκεται μέσα από επαναλήψεις με άμεση ενίσχυση των σωστών απαντήσεων (Κόκκοτας, 1998).

Η ανακαλυπτική προσέγγιση, που εμφανίστηκε στη δεκαετία του 1960, βασίζεται στην αρχή ότι η γνώση δεν μεταφέρεται από το δάσκαλο στο μαθητή, αλλά ανακαλύπτεται από τον ίδιο μαθητή με την καθοδήγηση του δασκάλου, οποίος δίνει τις οδηγίες για το πώς να εργαστεί (Κόκκοτας, 2004). Η προσέγγιση αυτή θεωρεί ότι για να μάθει το υποκείμενο πρέπει να δράσει σε συγκεκριμένα αντικείμενα, με αποτέλεσμα την κατάκτηση του αφηρημένου ή την ανακάλυψη της γνώσης αγνοώντας τις αντιλήψεις των μαθητών, θεωρώντας το μυαλό τους άγραφο χαρτί (Driver et al., 2000). Η ανακαλυπτική διδασκαλία στοχεύει στο να βοηθήσει τους μαθητές πώς να μαθαίνουν, τους δίνει

την ευκαιρία να αποκτήσουν γνώσεις που είναι προσωπικά δικές τους μέσω της αλληλεπίδρασης και συνεργατικών δραστηριοτήτων (Κόκκοτας, 1998; Driver et al., 2000). Στόχος δεν είναι η απομνημόνευση μεγάλων ποσοτήτων πληροφοριών, αλλά να είναι σε θέση ο μαθητής να εξηγή τι έχει ανακαλύψει μέσω πειραματισμού, ερωτήσεων, έρευνας και συζήτησης. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες, όπου καθένας αναλαμβάνει μια συγκεκριμένη εργασία (Κόκκοτας, 2004) ενώ η διδασκαλία είναι μαθητοκεντρική και οι μαθητές με τη βοήθεια του φύλλου εργασίας παρατηρούν, κάνουν μετρήσεις, καταγράφουν και συγκρίνουν δεδομένα (Driver et al., 2000). Οι λανθασμένες απαντήσεις δεν τιμωρούνται ή αγνοούνται, αλλά θεωρούνται χρήσιμες, επειδή βοηθούν το δάσκαλο να καταλάβει τις ελλείψεις των μαθητών και να κάνει τις κατάλληλες προσαρμογές στην πορεία της διδασκαλίας (Andoniadou & Skoumios, 2013).

2.3.2. Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών: βασικές αρχές και εκδοχές

Στα μέσα της δεκαετίας του '80 αρχίζει να γίνεται γνωστή, μέσα από τα ερευνητικά πορίσματα της Driver και των συνεργατών της, η αντίληψη εκείνη η οποία προτείνει μια εποικοδομητική προσέγγιση των Φυσικών Επιστημών στηριζόμενη σε ένα εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης (Driver & Oldham, 1986). Εδώ το υποκείμενο μαθαίνει κατά τρόπο που εξαρτάται από τις γνωστικές του δομές (Κόκκοτας, 1998). Σύμφωνα με την εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης, οι μαθητές κατασκευάζουν οι ίδιοι μια καινούρια γνώση για τα φυσικά φαινόμενα μέσα από μια διαδικασία αλληλεπίδρασης των βιωματικών αντιλήψεων που έχουν ήδη δημιουργήσει γι' αυτά και του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, με παράλληλη ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (Κόκκοτας, 1998; Κολιόπουλος, 2004). Στην υπόθεση της εποικοδόμησης της γνώσης κυρίαρχο ρόλο παίζουν οι αντιλήψεις των μαθητών ενώ η γνώση είναι μεταβαλλόμενη και οικοδομείται από τον καθένα χωριστά γι' αυτό είναι υποκειμενική και δεν μπορεί, επομένως, να μεταδοθεί από τον έχοντα και κατέχοντα στους μη έχοντες και μη κατέχοντες (Driver et al., 2000). Η μάθηση είναι συνήθως προϊόν της εννοιολογικής αλλαγής που επέρχεται στους μαθητές λόγω της γνωστικής σύγκρουσης στην οποία υποβάλλονται, με το δάσκαλο εδώ, διακριτικά, να προκαλεί και να συντονίζει συζητήσεις, να επιλέγει, σύμφωνα με τις αντιλήψεις των μαθητών, τα κατάλληλα έργα τα οποία θα προκαλέσουν την εννοιολογική αλλαγή, που είναι και ο κύριος σκοπός του (Driver et al., 2000).

Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης έχουν διαμορφωθεί διάφορες εκδοχές του εποικοδομητισμού. Ο ατομικός εποικοδομητισμός δίνει έμφαση στο γεγονός ότι οι αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για τον κόσμο και πώς αυτός λειτουργεί κατασκευάζονται, δεν προσλαμβάνονται έτοιμες και ότι αυτές οι αντιλήψεις επηρεάζουν έντονα τη μεταγενέστερη μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Skamp, 2012). Η προσέγγιση του ατομικού εποικοδομητισμού έχει την τάση να επικεντρώνεται στις επιμέρους εσωτερικές γνωστικές διαδικασίες και, κατά κάποιο τρόπο, υποτιμά την επίδραση των κοινωνικοπολιτισμικών παραγόντων (Skamp, 2012).

Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός υπογραμμίζει ότι η μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες είναι μια δραστηριότητα που κινείται από κοινωνικά σε προσωπικά επίπεδα, όπου οι μαθητές εμπλέκονται σε μια κατασκευή εννοιών μέσω συζητήσεων και διαπραγματεύσεων με τους άλλους συμμαθητές τους και με τους διδάσκοντες (Solomon, 1987; Skamp, 2012). Επιπλέον, κοινωνικοπολιτισμικοί παράγοντες, όπως η γλώσσα, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο ώστε οι μαθητές να εισαχθούν στο κοινωνικό πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών και να κατανοήσουν ότι η μάθηση των τελευταίων αποτελεί μια δυναμική και μετασχηματιστική διαδικασία (Skamp, 2012).

2.4. Μάθηση των Φυσικών Επιστημών μέσα από χρήση επιστημονικών πρακτικών

Η διανοητική και πρακτική εργασία που σχετίζεται με την επεξεργασία και την αναθεώρηση των αντιλήψεων των μαθητών εδράζεται στην εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές. Ο όρος *επιστημονικές πρακτικές* περιγράφει τις σημαντικότερες πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες καθώς διερευνούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο (NRC, 2012). Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται ο όρος *επιστημονικές πρακτικές* (science practices) αντί του όρου *δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών* (science process skills) για να δώσει έμφαση στο ότι η εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε μια πρακτική που ακολουθείται (NRC, 2012).

Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NGSS Lead States, 2013; NRC, 2012)):

(α) Υποβολή ερωτημάτων

Οι μαθητές κάθε εκπαιδευτικής βαθμίδας θα πρέπει να είναι σε θέση να υποβάλουν ερωτήσεις ο ένας τον άλλον για τα κείμενα που διαβάζουν, τα χαρακτηριστικά των φαινομένων που παρατηρούν και τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουν από τις έρευνες που πραγματοποιούν. Διατυπώνοντας ερωτήσεις, οδηγούνται σε περαιτέρω αναλύσεις, μέσω εμπειρικής έρευνας, και ερμηνείες ενώ υποβάλλουν ερωτήσεις πάνω στην εργασία άλλων (NGSS Lead States, 2013; Τσέτσος & Σκουμιάς, 2016).

(β) Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων

Οι Φυσικές Επιστήμες εμπεριέχουν συχνά την κατασκευή και χρήση μοντέλων και προσομοιώσεων για την ανάπτυξη εξηγήσεων για μη ορατά φυσικά φαινόμενα (Bybee, 2011). Παρά το γεγονός ότι τα μοντέλα δεν αντιστοιχούν ακριβώς στον πραγματικό κόσμο, φέρνουν ορισμένα χαρακτηριστικά στο επίκεντρο της προσοχής, χρησιμοποιώντας διαγράμματα, μαθηματικές αναπαραστάσεις, αναλογίες και προσομοιώσεις σε υπολογιστή (NGSS Lead States, 2013). Η κατασκευή και χρήση μοντέλων μπορεί να ξεκινήσει από τις χαμηλές βαθμίδες εκπαίδευσης, με τα μοντέλα των μαθητών να εξελίσσονται από απλή σύγκριση εικόνων ή αντικειμένων σε πιο αφηρημένες αναπαραστάσεις σχέσεων και αλληλεπιδράσεων στις υψηλότερες βαθμίδες εκπαίδευσης με τη μετατόπιση ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους μοντέλων, την αναγνώριση των ορίων των

μοντέλων, την αξιολόγηση των ορίων των μοντέλων και την αναθεώρηση των μοντέλων (NGSS Lead States, 2013; Τσέτσος & Σκουμιός, 2016).

(γ) Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας

Οι μαθητές θα πρέπει να έχουν ευκαιρίες να σχεδιάζουν και να πραγματοποιούν διαφορετικών ειδών έρευνες κατά τα χρόνια φοίτησής τους στην υποχρεωτική εκπαίδευση (NRC, 2012). Σε όλες τις βαθμίδες, θα πρέπει να ασχολούνται με έρευνες που διαφέρουν από εκείνες που προτείνει ο δάσκαλος, προκειμένου να προσεγγίσουν ένα ζήτημα που θα ήταν απίθανο να εξερευνήσουν μόνοι τους και που προκύπτει από τις ερωτήσεις των ίδιων των μαθητών (NRC, 2012).

Οι επιστημονικές έρευνες ενδέχεται να περιγράφουν ένα φαινόμενο ή να ελέγχουν μια θεωρία ή ένα μοντέλο για το πώς λειτουργεί ο κόσμος. Οι μαθητές είναι σημαντικό να εστιάζουν στο στόχο της έρευνας, να προβλέπουν τα αποτελέσματα και να σχεδιάζουν ένα σύνολο δράσεων που θα παρέχει καλύτερα τεκμήρια με τα οποία θα υποστηρίξουν τα συμπεράσματά τους. Οι μαθητές θα πρέπει να σχεδιάζουν έρευνες οι οποίες θα παράγουν δεδομένα ώστε να παρέχουν τεκμήρια που να υποστηρίζουν τους ισχυρισμούς τους. Τα δεδομένα δεν αποτελούν τεκμήρια έως ότου χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία υποστήριξης μιας υπόθεσης. Οι μαθητές θα πρέπει να χρησιμοποιήσουν το συλλογισμό και τις επιστημονικές ιδέες, αρχές και θεωρίες για να δείξουν γιατί τα συγκεκριμένα δεδομένα πρέπει να θεωρηθούν τεκμήρια (NGSS Lead States, 2013).

Με την πάροδο του χρόνου, οι μαθητές αναμένεται να γίνουν πιο συστηματικοί και προσεκτικοί στις μεθόδους τους. Στα εργαστηριακά πειράματα, οι μαθητές αναμένεται να αποφασίσουν ποιες μεταβλητές θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως αποτελέσματα ή εκροές, ποιες θα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως εισροές και θα πρέπει να αλλάζουν από δοκιμή σε δοκιμή και ποιες θα πρέπει να ελέγχονται ή να παραμένουν σταθερές μεταξύ των δοκιμών. Στην περίπτωση των παρατηρήσεων πεδίου, ο σχεδιασμός περιλαμβάνει την απόφαση για το πώς θα συλλεχθούν διαφορετικά είδη δεδομένων κάτω από διαφορετικές συνθήκες, έστω και αν δεν είναι όλες οι συνθήκες υπό τον άμεσο έλεγχο του ερευνητή (NGSS Lead States, 2013).

(δ) Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων

Μόλις συλλεχθούν, τα δεδομένα, πρέπει να παρουσιαστούν σε μορφή που να μπορεί να αποκαλύψει τάσεις και σχέσεις επιτρέποντας στα αποτελέσματα να γνωστοποιούνται σε τρίτους. Επειδή τα ανεπεξέργαστα δεδομένα έχουν μικρή σημασία, μια σημαντική πρακτική των επιστημόνων είναι να οργανώνουν και να ερμηνεύουν τα δεδομένα μέσω κωδικοποίησης, γραφικών παραστάσεων ή στατιστικής ανάλυσης. Η ανάλυση αυτή μπορεί να αναδείξει τη σημασία και τη συνάφεια των δεδομένων ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως αποδεικτικά στοιχεία (NRC, 2012).

Καθώς οι μαθητές ωριμάζουν, αναμένεται να ενισχύσουν τις ικανότητές τους στη χρήση μιας σειράς εργαλείων για κωδικοποίηση, γραφική αναπαράσταση, απεικόνιση και στατιστική ανάλυση. Οι μαθητές αναμένεται επίσης να βελτιώσουν τις ικανότητές τους να ερμηνεύουν δεδομένα με προσδιορισμό των σημαντικών χαρακτηριστικών και προτύπων, να χρησιμοποιούν τα μαθηματικά για

να αντιπροσωπεύουν τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών και να λαμβάνουν υπόψη τα σφάλματα. Όταν είναι δυνατό και εφικτό, οι μαθητές θα πρέπει να χρησιμοποιούν ψηφιακά εργαλεία για την ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων. Αναλύοντας τα δεδομένα, στα πλαίσια των Φυσικών Επιστημών, οι μαθητές είναι σημαντικό να παρουσιάζουν στοιχεία ως αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη των συμπερασμάτων τους (NGSS Lead States, 2013).

(ε) Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης

Οι μαθητές αναμένεται να χρησιμοποιήσουν τα μαθηματικά για να παρουσιάσουν τις μεταβλητές και τις σχέσεις ανάμεσά τους και να κάνουν ποσοτικές προβλέψεις. Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές και τα ψηφιακά εργαλεία ενδέχεται να ενισχύσουν τη δύναμη των μαθηματικών με την αυτοματοποίηση των υπολογισμών, παρέχοντας λύσεις σε προβλήματα που δεν μπορούν να υπολογιστούν με ακρίβεια, καθώς και την ανάλυση μεγάλων συνόλων δεδομένων. Οι μαθητές αναμένεται επίσης να εμπλακούν με την υπολογιστική σκέψη, η οποία τους προσφέρει στρατηγικές για την οργάνωση και την αναζήτηση δεδομένων, με την οπτική αναπαράσταση των δεδομένων, τον μετασχηματισμό των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα, τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, την αναγνώριση, την εξαγωγή και την εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων. (NGSS Lead States, 2013; Τσέτσος & Σκουμιός, 2016).

(στ) Συγκρότηση εξηγήσεων

Στόχος των Φυσικών Επιστημών είναι η κατασκευή εξηγήσεων για τις αιτίες των φαινομένων. Μια θεωρία γίνεται αποδεκτή όταν διαθέτει μεγάλο αριθμό εμπειρικών αποδείξεων και μεγαλύτερη ερμηνευτική δύναμη φαινομένων από προηγούμενες θεωρίες (NGSS Lead States, 2013). Οι μαθητές αναμένεται να κατασκευάσουν τις δικές τους εξηγήσεις, να διατυπώσουν ισχυρισμούς, να χρησιμοποιήσουν αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη ή την αντίκρουση μιας εξήγησης και να αναγνωρίσουν κενά ή αδυναμίες σε μια εξήγηση (NGSS Lead States, 2013; Τσέτσος & Σκουμιός, 2016).

(ζ) Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία

Η μελέτη των Φυσικών Επιστημών θα πρέπει να προάγει την εμπλοκή των μαθητών με επιχειρηματολογία η οποία απαιτείται για την προώθηση και την υπεράσπιση μιας νέας ιδέας ή μιας εξήγησης ενός φαινομένου καθώς και τις προδιαγραφές για την πραγματοποίηση τέτοιου είδους επιχειρηματολογίας, με την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη πειραματική σχεδίαση, την ανάλυση των δεδομένων ή την ερμηνεία μιας ομάδας δεδομένων, την εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την εύρεση της καλύτερης εξήγησης για ένα φαινόμενο ατομικά ή συνεργατικά, την κριτική σε εργασία άλλων, την αναγνώριση αδυναμιών σε ένα επιχείρημα, την τροποποίηση μιας εργασίας υπό το πρίσμα των αποδεικτικών στοιχείων και την αναγνώριση δυνατών και αδύνατων σημείων σε αναφορές των Φυσικών Επιστημών (NRC, 2012; Τσέτσος & Σκουμιός, 2016). Οι μαθητές θα πρέπει να υποστηρίζουν τις εξηγήσεις που

κατασκευάζουν, να υπερασπίζονται τις ερμηνείες που δίνουν στα δεδομένα και τα σχέδια που προτείνουν για τη εξήγηση ενός φαινομένου (NGSS Lead States, 2013). Στις Φυσικές Επιστήμες, η λογική και το επιχείρημα, που βασίζεται σε αποδείξεις, είναι απαραίτητα στοιχεία για τον εντοπισμό της καλύτερης εξήγησης για ένα φυσικό φαινόμενο, η οποία θα είναι αποδεκτή από την επιστημονική κοινότητα (NGSS Lead States, 2013).

(η) Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών

Οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να εντοπίζουν πληροφορίες σε κείμενα που διαβάζουν, να χρησιμοποιούν πολλαπλές πηγές για την απόκτηση πληροφοριών, αξιολογώντας την εγκυρότητά τους και να τις επικοινωνούν με προφορική ή γραπτή επικοινωνία ιδεών, με χρήση πινάκων, διαγραμμάτων ή συζητήσεων με τους συνομηλίκους τους, να αξιολογούν την αξιοπιστία των επιστημονικών πληροφοριών και να ενοποιούν πληροφορίες που προέρχονται από διαφορετικές πηγές (NGSS Lead States, 2013; Τσέτσος & Σκουμιός, 2016).

Υποστηρίζεται ότι η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με επιστημονικές πρακτικές μπορεί να βελτιώσει τα μαθησιακά αποτελέσματα. Ειδικότερα, η εμπλοκή των μαθητών με τις επιστημονικές πρακτικές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, να οικοδομήσουν βασικές ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, να προκαλέσουν την περιέργεια και το ενδιαφέρον τους και να τους παρακινήσει σε περαιτέρω έρευνα (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007; NRC, 2012).

2.5. Διδακτικά μοντέλα για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας

Έχουν προταθεί διάφορα διδακτικά μοντέλα για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας που αποσκοπούν στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών και, κατ' επέκταση, στη μάθηση βασικών ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών μέσω επιστημονικών πρακτικών. Στην κατηγορία αυτή συμπεριλαμβάνονται:

- (α) το μοντέλο της εποικοδομητικής διδασκαλίας των Driver και Oldham (1986),
- (β) ο μαθησιακός κύκλος των White et al. (1999),
- (γ) το μαθησιακό μοντέλο 5E του Bybee (2006),
- (δ) το μαθησιακό μοντέλο 7E του Eisenkraft (2003),
- (ε) το διδακτικό πλαίσιο EIMA των Schwarz & Gwekwerere (2007),
- (στ) το μοντέλο 4EX2 των Marshall et al. (2009) και
- (ζ) το πλαίσιο των Minner et al. (2010).

Παρά τις διαφοροποιήσεις τους τα μοντέλα αυτά αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού, υποστηρίζουν τον εκπαιδευτικό και οργανώνουν τη διδακτική ακολουθία ώστε οι μαθητές να έχουν πολλαπλές ευκαιρίες να κατανοήσουν τις ιδέες και τις έννοιες μέσω της πρακτικής, της ανατροφοδότησης, της αναθεώρησης των αντιλήψεών τους και του αναστοχασμού (Σκουμιός & Σκουμπουρδή, 2015).

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα το εποικοδομητικό μοντέλο των Driver and Oldham (1986) (που αποτελεί και το πρώτο μοντέλο που έχει προταθεί) και το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006), στο οποίο βασίστηκε η σχεδίαση εκπαιδευτικού υλικού και η διδακτική διαδικασία για την παρούσα εργασία.

2.5.1. Το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας των Driver and Oldham (1986)

Οι Driver and Oldham (1986) πρότειναν ένα μοντέλο εποικοδομητικής προσέγγισης στη διδασκαλία που περιλαμβάνει τις φάσεις του προσανατολισμού, της ανάδειξης των αντιλήψεων των μαθητών, της αναδόμησης των αντιλήψεων, της εφαρμογής των νέων ιδεών και της ανασκόπησης (Σχήμα 2.1), που αναλύονται παρακάτω.

Η φάση του προσανατολισμού

Ο προσανατολισμός της διδασκαλίας ή εισαγωγή στο μάθημα, όπως συνηθίζεται να ονομάζεται, περιλαμβάνει δύο βασικά στοιχεία: α) την πρόκληση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας του μαθητή και β) την έναρξη της διαδικασίας αναγνώρισης ιδεών για τα υλικά που παρουσιάστηκαν στην τάξη. Με τη την έναρξη του μαθήματος ο δάσκαλος εξηγεί στους μαθητές τι πρόκειται να επακολουθήσει, ώστε να είναι ενήμεροι και να αφοσιωθούν καλύτερα στις δραστηριότητες που οι ίδιοι θα διεξάγουν (Driver & Oldham, 1986).

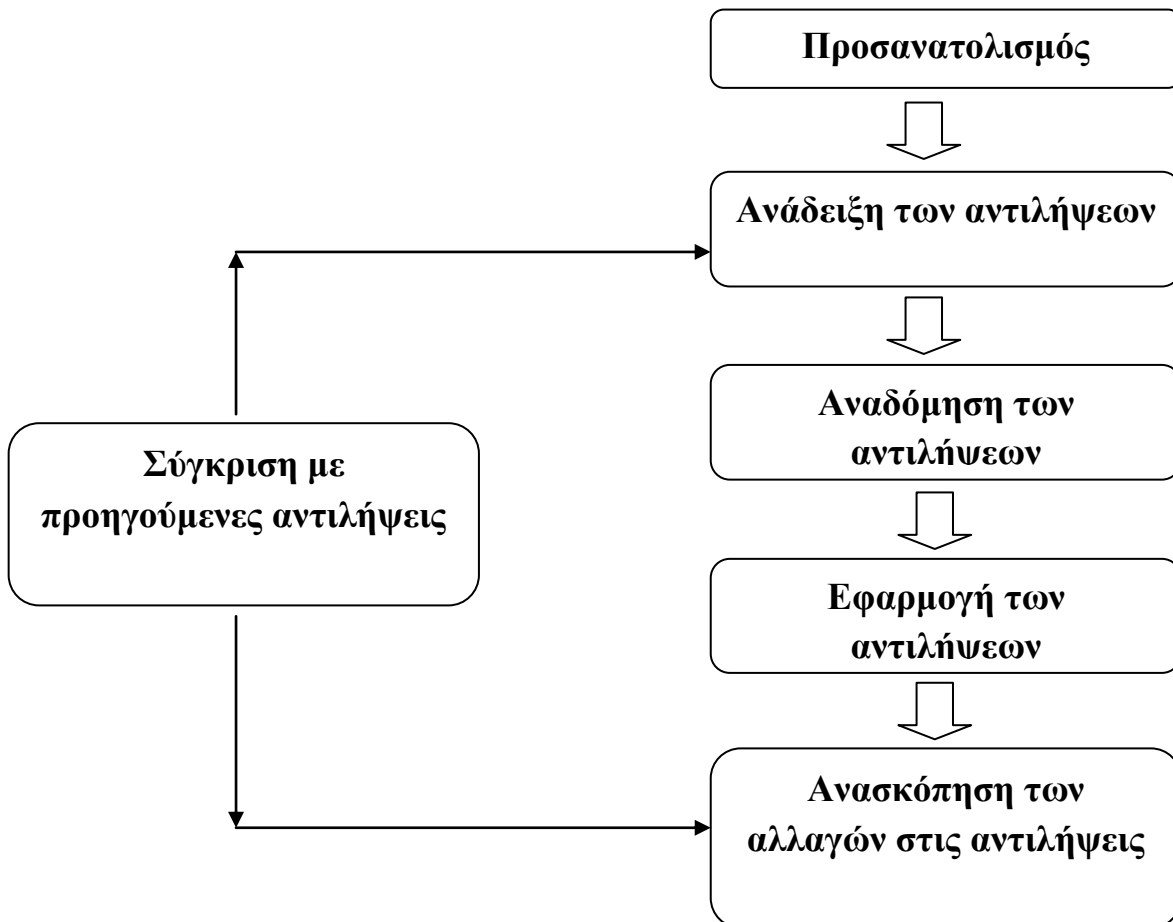
Στη φάση αυτή ο ρόλος του δασκάλου είναι να εισάγει τα παιδιά στην καινούρια τους περιπλάνηση, να τα ενθαρρύνει και να τα βοηθήσει να νιώθουν ασφαλή μ' αυτό που κάνουν. Στην εποικοδομητική διδασκαλία σημαντικό ρόλο παίζουν οι σχέσεις που ο δάσκαλος έχει με τα παιδιά. Αν αυτές είναι αμοιβαίου σεβασμού και κατανόησης τότε μπορούν να δημιουργήσουν ένα κατάλληλο μαθησιακό περιβάλλον, όπου μια δραστηριότητα μετουσιώνεται σε μαθησιακή εμπειρία (Κόκκοτας, 1998).

Η φάση της ανάδειξης των αντιλήψεων των μαθητών

Στη φάση αυτή οι μαθητές καλούνται να εκφράσουν προφορικά ή γραπτά τις αντιλήψεις τους. Έτσι ξεδιαλώνουν και αποκαλύπτουν τις εντυπώσεις που τους δημιουργήθηκαν στη φάση του προσανατολισμού ενώ προσπαθούν να τις συσχετίσουν με προηγούμενες εμπειρίες τους. Θα πρέπει να δομήσουν, να οργανώσουν αυτό που σκέφτονται και να το συγκρίνουν με τις απόψεις των συμμαθητών τους (Κόκκοτας, 1998). Εδώ οι μαθητές εξωτερικεύουν τις αντιλήψεις τους, ενώ ο δάσκαλος ανακαλύπτει τι σκέπτονται και τι μπορεί ο ίδιος να πράξει ώστε να προγραμματίσει τις διδακτικές στρατηγικές που προσφέρονται σε κάθε περίπτωση (Driver & Oldham, 1986).

Υπάρχουν αρκετοί τρόποι με τους οποίους μπορούμε να πετύχουμε ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών, όπως η παρακολούθηση των μεταξύ τους διαλόγων, πρακτικές δραστηριότητες, ερωτηματολόγια και ατομικές εργασίες. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες δύο, τριών ή περισσότερων ατόμων, ο δάσκαλος τους δίνει τα κατάλληλα έργα, αυτοί εργάζονται στην αρχή ατομικά και στη συνέχεια συζητούν σε επίπεδο ομάδας. Οι μαθητές καταγράφουν τις απόψεις τους σε ένα χαρτί που

τις συγκεντρώνει ο δάσκαλος, ακολουθεί η κατηγοριοποίηση των απαντήσεων ώστε να βγάλει τα σημαντικότερα μοντέλα των αντιλήψεων των μαθητών. Η ύπαρξη των διαφορετικών μοντέλων είναι ένα πρόβλημα που πρέπει να επιλυθεί ώστε να επιλεγεί ένα μοντέλο, το επιστημονικό. Η υιοθέτησή του επιδιώκεται στην επόμενη φάση (Driver & Oldham, 1986).



Σχήμα 2.1: Φάσεις του μοντέλου εποικοδομητικής διδασκαλίας (Driver & Oldham, 1986)

Η φάση της αναδόμησης των αντιλήψεων

Στη φάση αυτή οι μαθητές ενθαρρύνονται να ελέγξουν τις αντιλήψεις τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να αναπτύξουν αντιλήψεις στην περίπτωση που δεν έχουν άποψη, να αντικαταστήσουν τις προϋπάρχουσες με άλλες. Επιδίωξη του διδάσκοντα είναι η αυτόβουλη και οικειοθελής μετατόπιση των παιδιών από τις δικές τους σε άλλες αντιλήψεις, που είναι πλησιέστερες στο επιστημονικό πρότυπο. Αν στην προηγούμενη φάση είχαμε ζητήσει να προβλέψουν τα αποτελέσματα κάποιου «υποθετικού» πειράματος, σ' αυτή τη φάση τους ζητάμε να εκτελέσουν το πείραμα. Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες δύο, τριών ατόμων και ακολουθούν γραπτές οδηγίες για το πώς θα εκτελέσουν συγκεκριμένα έργα, τα αποτελέσματα των οποίων προσπαθούν να ερμηνεύσουν (Driver & Oldham, 1986).

Όπως σε όλες τις φάσεις της εποικοδομητικής προσέγγισης έτσι και στην αναδόμηση των ιδεών ο ρόλος του δασκάλου είναι σημαντικός. Αυτός παρέχει τις ευκαιρίες στους μαθητές για συστηματικό

έλεγχο των απόψεών τους, τους δίνει τη δυνατότητα να επεκτείνουν ή να μεταβάλλουν τις αντιλήψεις τους, τους βοηθάει να ασκηθούν και συνεπώς να αποκτήσουν δεξιότητες στις επιστημονικές διαδικασίες και προάγει την οργάνωση των συζητήσεων κατά τις οποίες οι μαθητές ανταλλάσσουν απόψεις και ιδέες. Στο τέλος της φάσης αυτής τα παιδιά αρχίζουν να αναπτύσσουν καινούριες ιδέες με τις οποίες αντικαθιστούν τις παλιές, μέσω της έρευνας που αυτά οργανώνουν. Ο δάσκαλος τους παρέχει το χρόνο να σκεφτούν μόνοι τους, στη συνέχεια να συζητήσουν και τελικά να καταλήξουν ως τάξη στη διατύπωση συμπερασμάτων (Κόκκοτας, 1998).

Η φάση της εφαρμογής

Στη φάση αυτή τα παιδιά συσχετίζουν αυτά που έμαθαν με τις εμπειρίες της καθημερινής ζωής. Θα πρέπει να τους δοθεί η ευκαιρία να βρουν πώς οι νέες ιδέες που απέκτησαν μπορούν να εφαρμοστούν στη λύση πραγματικών προβλημάτων. Η δυνατότητα που αποκτούν με τις καινούριες ιδέες να ερμηνεύουν φαινόμενα που δεν μπορούσαν πριν να τα ερμηνεύσουν, κατοχυρώνει την υιοθέτηση των απόψεων αυτών, επειδή ακριβώς αναγνωρίζουν την αξία τους και τη λειτουργικότητά τους (Driver & Oldham, 1986).

Ο δάσκαλος ενθαρρύνει τα παιδιά να λύσουν προβλήματα που αυτά θέτουν. Είναι καθήκον του να βοηθήσει να χρησιμοποιούν τις επιστημονικές διαδικασίες κατά ένα επιστημονικό τρόπο. Παρακολουθεί τα παιδιά να εφαρμόζουν τις ιδέες τους και να χρησιμοποιούν τις διαδικασίες, τους παρέχει ευκαιρίες να συζητούν και να αξιολογούν τις προσπάθειές τους, να δοκιμάζουν αν μπορούν να εφαρμόζουν τη γνώση και τις δεξιότητες που απέκτησαν (Κόκκοτας, 1998).

Η φάση ανασκόπησης

Στη φάση αυτή οι μαθητές πρέπει να αναγνωρίσουν τη σπουδαιότητα αυτών που ανακάλυψαν. Οι μαθητές καλούνται να συγκρίνουν τις νέες απόψεις τους με αυτές που είχαν στην αρχή του μαθήματος. Αυτό αποτελεί μέσο αυτοελέγχου και συνειδητοποίησης της γνωστικής τους πορείας. Είναι αυτό που ονομάζουμε μεταγνώση (Driver & Oldham, 1986).

Στη φάση της ανασκόπησης ο δάσκαλος δίνει την ευκαιρία σε κάθε παιδί να συζητάει με αυτόν, αλλά και τους συμμαθητές του σχετικά με τις τωρινές και τις προηγούμενες αντιλήψεις του. Βοηθάει τα παιδιά να εκτιμήσουν την αξία των τελικών συμπερασμάτων στα οποία κατέληξαν (Κόκκοτας, 1998).

2.5.2. Το εκπαιδευτικό μοντέλο BSCS 5E (Bybee et al., 2006)

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1980, το BSCS (Biological Sciences Curriculum Study) χρησιμοποίησε ένα εκπαιδευτικό μοντέλο στο οποίο στηρίχθηκαν τα νέα προγράμματα σπουδών. Το μοντέλο αυτό περιγράφει μια διδακτική ακολουθία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ολόκληρα προγράμματα, συγκεκριμένες ενότητες και μαθήματα. Αυτό το διδακτικό μοντέλο αποτελείται από τις ακόλουθες φάσεις: *ενεργοποίηση, διερεύνηση, ερμηνεία, επεξεργασία και αξιολόγηση*. Κάθε φάση έχει μια συγκεκριμένη λειτουργία και συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών και

τεχνολογικών γνώσεων, στάσεων και επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές (Bybee et al., 2006). Ακολουθεί μια σύντομη παρουσίαση των παραπάνω φάσεων:

Ενεργοποίηση (Engagement)

Ο δάσκαλος αποκτά πρόσβαση στις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές και τους προκαλεί να εμπλακούν στο περιεχόμενο της διδασκαλίας μέσω της χρήσης σύντομων δραστηριοτήτων που προάγουν την περιέργεια και προκαλούν την πρότερη γνώση. Οι μαθητές επεξεργάζονται ένα πρόβλημα που τους ζητά προβλέψεις και εξηγήσεις. Αρχικά, οι μαθητές εργάζονται ατομικά και καταγράφουν τις προβλέψεις και τις εξηγήσεις τους. Στη συνέχεια, συζητούν με τους συμμαθητές της ομάδας τους. Η φάση αυτή ολοκληρώνεται με συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης και τη διατύπωση από πλευράς μαθητών ερωτημάτων για έρευνα (Bybee et al., 2006).

Διερεύνηση (Exploration)

Οι μαθητές, μέσα από μια σειρά κατάλληλων δραστηριοτήτων, διατυπώνουν ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις, συγκεντρώνουν στοιχεία και πληροφορίες και εργάζονται ομαδικά. Βασικό ζητούμενο στη φάση αυτή είναι οι μαθητές να καταστούν ικανοί να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν έρευνα, με σκοπό να απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα που διατύπωσαν (Bybee et al., 2006).

Ερμηνεία (Explanation)

Στη φάση αυτή η προσοχή των μαθητών στρέφεται στην επεξεργασία των δεδομένων με σκοπό να εξάγουν από αυτά συμπεράσματα και να τα συγκρίνουν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Επιπλέον, επιδιώκεται οι μαθητές να συγκροτήσουν τεκμηριωμένες εξηγήσεις, βασισμένες στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν (Bybee et al., 2006).

Επεξεργασία/Εφαρμογή (Elaboration)

Οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν τη νέα γνώση που έχουν αποκτήσει σε πρόσθετες δραστηριότητες και νέα προβλήματα, τα οποία έχουν διαφορετικό πλαίσιο από εκείνα που είχαν ασχοληθεί στην αρχή της διδασκαλίας. Χρησιμοποιούν τις πληροφορίες που έχουν κατακτήσει και προτείνουν λύσεις, σχεδιάζουν και πραγματοποιούν πειράματα με σκοπό να καταλήξουν σε λογικά συμπεράσματα, οδηγούμενοι σε βαθύτερη κατανόηση (Bybee et al., 2006).

Αξιολόγηση (Evaluation)

Η φάση της αξιολόγησης ενθαρρύνει τους μαθητές να αξιολογήσουν την κατανόησή τους συγκρίνοντας τις αρχικές τους απαντήσεις με τις τρέχουσες απαντήσεις και παρέχει την ευκαιρία στους εκπαιδευτικούς να αξιολογήσουν την πρόοδο των μαθητών ως προς την επίτευξη των εκπαιδευτικών στόχων (Bybee et al., 2006).

Πίνακας 2.2: Κύρια χαρακτηριστικά των φάσεων του διδακτικού μοντέλου BSCS 5E

	Εκπαιδευτικός	Μαθητές
Ενεργοποίηση (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Προσκαλεί το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών. ➤ Εγείρει ερωτήματα. ➤ Προκαλεί αντιδράσεις που αποκαλύπτουν τι γνωρίζουν οι μαθητές. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Δείχνουν το ενδιαφέρον τους για το θέμα. ➤ Θέτουν ερωτήματα όπως: «Γιατί συνέβη αυτό;», «Τι γνωρίζω ήδη γι' αυτό;», «Τι μπορώ να μάθω γι' αυτό;».
Διερεύνηση (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ενθαρρύνει τη συνεργασία. ➤ Παρατηρεί και ακούει τους μαθητές που αλληλεπιδρούν. ➤ Απευθύνει διερευνητικές ερωτήσεις όταν κρίνει ότι είναι απαραίτητο. ➤ Παρέχει χρόνο για τους μαθητές να προβληματιστούν. ➤ Ο ρόλος του είναι συμβουλευτικός. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Σκέφτονται ελεύθερα, εντός των ορίων της δραστηριότητας. ➤ Κάνουν προβλέψεις και υποθέσεις. ➤ Βρίσκουν εναλλακτικές λύσεις και συζητούν με τους άλλους. ➤ Καταγράφουν τις παρατηρήσεις και τις ιδέες τους. ➤ Απευθύνουν σχετικές ερωτήσεις. ➤ Αναστέλλουν τις αποφάσεις τους.
Ερμηνεία (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ενθαρρύνει τους μαθητές να εξηγήσουν τις έννοιες και τους ορισμούς με δικά τους λόγια. ➤ Ζητά αιτιολόγηση και διευκρινίσεις από τους μαθητές. ➤ Αποσαφηνίζει τους ορισμούς και επεξηγήσεις όταν χρειάζεται. ➤ Χρησιμοποιεί προηγούμενες εμπειρίες των μαθητών ως βάση. ➤ Αξιολογεί τη βελτίωση κατανόησης των μαθητών. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Εξηγούν πιθανές λύσεις. ➤ Ακούν κριτικά τις εξηγήσεις των άλλων. ➤ Ακούν και προσπαθούν να κατανοήσουν τις εξηγήσεις που δίνει ο δάσκαλος. ➤ Χρησιμοποιούν καταγεγραμμένες παρατηρήσεις στις εξηγήσεις τους. ➤ Αξιολογούν την κατανόησή τους.
Επεξεργασία/ Εφαρμογή (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Αναμένει από τους μαθητές να χρησιμοποιούν τους επίσημους ορισμούς και εξηγήσεις που δόθηκαν στα προηγούμενα. ➤ Ενθαρρύνει τους μαθητές να εφαρμόσουν ή να επεκτείνουν τις έννοιες και τις δεξιότητες σε νέες καταστάσεις. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Εφαρμόζουν τη νέα γνώση σε νέες αλλά παρόμοιες καταστάσεις. ➤ Χρησιμοποιούν προηγούμενες πληροφορίες για να προτείνουν λύσεις, να λάβουν αποφάσεις και να σχεδιάσουν πειράματα. ➤ Καταλήγουν σε λογικά συμπεράσματα από τις αποδείξεις. ➤ Καταγράφουν παρατηρήσεις και εξηγήσεις. ➤ Ελέγχουν την κατανόηση μεταξύ των συμμαθητών τους.
Αξιολόγηση (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Παρατηρεί τους μαθητές καθώς εφαρμόζουν τις νέες έννοιες. ➤ Αξιολογεί τις γνώσεις και τις δεξιότητες των μαθητών του. ➤ Ψάχνει για στοιχεία που αποδεικνύουν ότι οι μαθητές έχουν αλλάξει τρόπο σκέψης. ➤ Επιτρέπει στους μαθητές να αξιολογήσουν την κατανόηση και τις δεξιότητές τους στην ομαδική εργασία. ➤ Απευθύνει ανοιχτές ερωτήσεις. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Απαντούν σε ανοιχτές ερωτήσεις, χρησιμοποιώντας παρατηρήσεις, αποδείξεις και προηγούμενες αποδεκτές εξηγήσεις. ➤ Αξιολογούν την πρόοδο και τις γνώσεις τους. ➤ Απευθύνουν σχετικές ερωτήσεις που θα ενθαρρύνουν μελλοντικές έρευνες.

2.6. Ανακεφαλαίωση

Οι μαθητές ερχόμενοι στο σχολείο έχουν ήδη διαμορφώσει αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών. Οι αντιλήψεις αυτές συνήθως είναι διαφορετικές από την επιστημονική γνώση και έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά, ανεξάρτητα από τον τόπο καταγωγής και την ηλικία των ατόμων και διαδραματίζουν αποφασιστικό ρόλο στη διαδικασία της μάθησης. Η εποικοδομητική προσέγγιση πρεσβεύει ότι οι μαθητές μπορούν να οικοδομήσουν μόνοι τους τη γνώση συμμετέχοντας ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία, ενεργοποιώντας και τροποποιώντας τις ήδη υπάρχουσες αντιλήψεις τους για τα φυσικά φαινόμενα με σκοπό την κατασκευή της νέας γνώσης. Επίσης, η ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές αποτελεί βασικό στόχο της εκπαίδευσής τους, αφού μέσα από τη χρήση αυτών των πρακτικών οι μαθητές μπορούν να τροποποιήσουν τις αντιλήψεις τους και να κατανοήσουν τις ιδέες και τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΕΡΕΥΝΩΝ

3.1. Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί σχετικά με τον ηλεκτρομαγνητισμό. Το κεφάλαιο αποτελείται από τρεις επιμέρους ενότητες. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται τα ερευνητικά δεδομένα για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα, το μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό (βλ. ενότητα 3.2). Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται οι έρευνες που αφορούν σε διδακτικές παρεμβάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί για τον ηλεκτρομαγνητισμό (βλ. ενότητα 3.3). Στην τρίτη ενότητα σχολιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και καταδεικνύεται η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας (βλ. ενότητα 3.4).

3.2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα, το μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει τα σημαντικότερα αποτελέσματα των ερευνών που μελετούν τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα, το μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό. Αποτελείται από τρεις υποενότητες. Στην πρώτη υποενότητα παρουσιάζονται οι αντιλήψεις μαθητών για τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα (βλ. υποενότητα 3.2.1). Η δεύτερη υποενότητα περιλαμβάνει έρευνες για τις αντιλήψεις μαθητών σχετικά με τους μαγνήτες και τα μαγνητικά πεδία (βλ. υποενότητα 3.2.2). Η τρίτη υποενότητα συγκεντρώνει έρευνες για τις αντιλήψεις μαθητών σχετικά με τον ηλεκτρομαγνητισμό (βλ. υποενότητα 3.2.3).

3.2.1. Αντιλήψεις μαθητών για τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα

(α) Αντιλήψεις για τις ιδιότητες του ηλεκτρικού ρεύματος

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί με κυκλώματα συνεχούς ρεύματος, οι μαθητές για την εξήγηση και πρόβλεψη φαινομένων ηλεκτρισμού χρησιμοποιούν τον όρο «ρεύμα» και του αποδίδουν τις παρακάτω ιδιότητες (Shipstone, 1993; Tiberghien, 1984; Rhoneck et al., 1985):

- i. *Το ρεύμα αποθηκεύεται στην μπαταρία:* Μεγάλο ποσοστό μαθητών, τόσο της πρωτοβάθμιας όσο και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, θεωρούν ότι ένα ποσό ρεύματος είναι αποθηκευμένο μέσα σε μια μπαταρία.
- ii. *Το ρεύμα καταναλώνεται:* Πολλοί μαθητές, πριν τη διδασκαλία, διαθέτουν την αντίληψη ότι το ρεύμα καταναλώνεται από το λαμπτήρα. Την αντίληψη αυτή τη διατηρούν ακόμη και μετά τη διδασκαλία.
- iii. *Το ρεύμα κινείται:* Ένας μεγάλος αριθμός μαθητών αλλά και φοιτητών πιστεύει ότι το ρεύμα έχει την ιδιότητα να κινείται από την μπαταρία προς το λαμπτήρα, όπου καταναλώνεται, με εξαιρετικά μεγάλη ταχύτητα.

(β) Αντιλήψεις για τη φύση του ηλεκτρικού ρεύματος

Οι Borges & Gilbert (1999) στη μελέτη τους προσπάθησαν να αναδείξουν τι είναι γνωστό για τα νοητικά μοντέλα στον ηλεκτρισμό μελετώντας τις αντιλήψεις ενός πληθυσμού Βραζιλιάνων που αποτελείται από μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ηλικίας 15-17 ετών και τρεις ομάδες επαγγελματιών που η εργασία τους είχε σχέση με την εννοιολογική περιοχή του ηλεκτρισμού (καθηγητές φυσικής, ηλεκτρολόγοι μηχανικοί και ασκούμενοι ηλεκτρολόγοι ή σχολικοί βοηθοί εργαστηρίου). Η συλλογή των δεδομένων έγινε με ημι-δομημένες συνεντεύξεις σε όλους τους συμμετέχοντες οι οποίες βασίζονταν σε μια σειρά απλών πειραματικών συνθηκών και απαιτούσαν πρόβλεψη, παρατήρηση και εξήγηση.

Οι συγγραφείς στην έρευνά τους κατέληξαν σε τέσσερα νοητικά μοντέλα για τον ηλεκτρισμό (Borges & Gilbert, 1999):

- *ηλεκτρισμός ως ροή*: Αυτό το μοντέλο χαρακτηρίζεται από την ταύτιση των επιστημονικών εννοιών του ρεύματος, ενέργειας, ηλεκτρικής ενέργειας και της τάσης. Το ρεύμα θεωρείται ως «κάτι» που ρέει μέσα στο κύκλωμα, από τη μπαταρία προς το λαμπτήρα, όπως το νερό μέσα σε ένα υδραυλικό κύκλωμα. Αυτό που ρέει μέσω του κυκλώματος, μερικές φορές αναφέρεται ως ενέργεια, μερικές φορές ως ηλεκτρισμός ή απλά ως ρεύμα, ενώ οι συμμετέχοντες συχνά αναφέρονται στην αόρατη φύση του. Η μπαταρία είναι η πηγή της ενέργειας/ηλεκτρισμού που ρέει μέσα στο κύκλωμα. Όροι όπως «ενέργεια» και «ηλεκτρική ενέργεια» χρησιμοποιήθηκαν για να ορίσουν την υλική υπόσταση που ρέει στο κύκλωμα. Τη μπαταρία την είχαν φανταστεί σαν ένα παθητικό δοχείο που αποθηκεύει μόνο ηλεκτρική ενέργεια και φθείρεται το περιεχόμενό της καθώς εξαντλείται στα στοιχεία του κυκλώματος. Το ρεύμα ταξιδεύει γρήγορα γύρω από το κύκλωμα και καταναλώνεται στη λάμπα. Οι συμμετέχοντες που κατέχουν αυτό το μοντέλο δεν περιέγραψαν τη συμπεριφορά του κυκλώματος από την άποψη των εσωτερικών μηχανισμών και διαδικασιών.
- *ηλεκτρισμός ως αντίθετα ρεύματα*: Σε αυτό το μοντέλο το ρεύμα δεν είναι σαφώς διαφοροποιημένο από την ενέργεια καθώς οι δύο όροι χρησιμοποιούνται μερικές φορές ως ισοδύναμοι. Το ρεύμα θεωρείται ως ενέργεια ή ηλεκτρισμός που ρέει μέσα από τα καλώδια ενός κυκλώματος από δύο τους πόλους της μπαταρίας προς το λαμπτήρα. Υποτίθεται ότι τα θετικά και τα αρνητικά ρεύματα ταξιδεύουν κατά μήκος χωριστών συρμάτων και ότι συναντιούνται στο λαμπτήρα για να παράγουν θερμότητα και φως. Έτσι, αυτό το μοντέλο υποθέτει ρητά τη μη διατήρηση του ρεύματος. Η μπαταρία εξακολουθεί να θεωρείται ως μια δεξαμενή ηλεκτρισμού/ενέργειας, η οποία φθείρεται με το χρόνο ως αποτέλεσμα της κατανάλωσης ενέργειας από το λαμπτήρα. Σε ένα κλειστό κύκλωμα για να ανάψει η λάμπα είναι απαραίτητο το ρεύμα να ταξιδεύει γρήγορα μέσα στο κύκλωμα. Ο ρόλος που παίζει ο διακόπτης στο κύκλωμα δεν είναι σαφής καθώς μερικοί συμμετέχοντες θεωρούν ότι παράγει ρεύμα.

- *ηλεκτρισμός ως κινούμενα φορτία:* Ένας αριθμός συμμετεχόντων είχε την άποψη ότι το ρεύμα αποτελείται από ηλεκτρικά φορτία σε κίνηση μέσω ενός αγωγού. Η μπαταρία θεωρήθηκε ως ενεργή πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, δηλαδή, παράγει ενέργεια η οποία μεταδίδεται στα φορτία μέσω μιας χημικής αντίδρασης. Η διπολικότητα των στοιχείων του κυκλώματος και η ανάγκη για ένα κλειστό κύκλωμα ήταν εμφανής. Έμφαση δίνεται στη συμπεριφορά των επιμέρους συστατικών, με αποτέλεσμα οι συμμετέχοντες που κατέχουν αυτό το μοντέλο να μην μπορούν να αντιληφθούν το κύκλωμα ως ένα σύστημα που αλληλεπιδρά. Συχνά περιγράφηκαν μετασχηματισμοί ενέργειας και το ρεύμα θεωρήθηκε ότι διατηρείται. Η μπαταρία παρέχει ενέργεια στα σωματίδια για να τα «κάνει» να κυκλοφορούν και αυτή η ενέργεια καταναλώνεται κατά τη διέλευση μέσα από στοιχεία αντίστασης. Αυτό το μοντέλο ενσωματώνει απλοποιημένους μηχανισμούς που ευθύνονται για τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα σε ένα κύκλωμα.
- *ηλεκτρισμός ως ένα φαινόμενο πεδίου:* Το μοντέλο αυτό περιλαμβάνει ορισμένα χαρακτηριστικά γνώσης από τα προηγούμενα μοντέλα. Το ρεύμα διακρίνεται από την ενέργεια και είναι κατανοητό ως η κίνηση των ηλεκτρικά φορτισμένων σωματιδίων υπό την επίδραση της διαφοράς δυναμικού. Το ρεύμα κυκλοφορεί μόνο σε ένα κλειστό κύκλωμα και διατηρείται αναγνωρίζοντας τη διπολικότητα των στοιχείων του κυκλώματος. Η μπαταρία διατηρεί διαφορά δυναμικού μεταξύ των πόλων της δημιουργώντας ένα ηλεκτρικό πεδίο. Αυτό, με τη σειρά του, αναγκάζει τα ηλεκτρικά φορτία να κινηθούν κατά μήκος του αγωγού. Οι συμμετέχοντες που κατέχουν αυτό το μοντέλο αναφέρονται επίσης στην ενέργεια μετασχηματισμών, αλλά εξηγούν τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα σε ένα κύκλωμα με όρους ενός ηλεκτρικού πεδίου δράσης σχετικά με τα φορτία. Το κύκλωμα θεωρείται ως ένα ολόκληρο σύστημα που αλληλεπιδρά και όταν γίνεται μια αλλαγή σε αυτό, η ηλεκτρική διαταραχή διαδίδεται μέσω του κυκλώματος δημιουργώντας μια νέα σταθερή κατάσταση. Σχεδόν όλοι οι μηχανικοί, κάποιοι καθηγητές και μερικοί μαθητές κατείχαν μια διαφορετική εκδοχή αυτού του μοντέλου. Προτίμησαν να υιοθετήσουν μια λειτουργική περιγραφή της συμπεριφοράς του κυκλώματος από την άποψη της ενέργειας και της τάσης. Έτσι, συχνά αναφέρονται σε ενεργειακές μετατροπές, αλλά δεν είναι σε θέση να τις περιγράψουν. Δεν εξηγούν τη λειτουργία του κυκλώματος από την άποψη του ηλεκτρικού πεδίου και για το λόγο αυτό δεν μπορούν να εξηγήσουν γιατί ανάβει ο λαμπτήρας αμέσως μετά την ενεργοποίηση του διακόπτη.

(γ) Αντιλήψεις για τη σύνδεση μπαταρίας με λάμπα

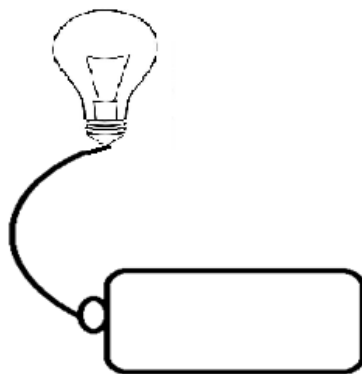
Στις περισσότερες χώρες του κόσμου, η εισαγωγή της έννοιας του ηλεκτρισμού στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση πραγματοποιείται με την παρότρυνση των μαθητών να κατασκευάσουν ένα απλό κύκλωμα αποτελούμενο από μπαταρία, καλώδια και ένα λαμπτήρα, με σκοπό να ανάψει ο λαμπτήρας (Shipstone, 1993; Driver et al., 2000).

Όταν από μαθητές ή και φοιτητές, στους οποίους έχουν δοθεί τα απαιτούμενα υλικά, ζητηθεί να συνδέσουν ένα λαμπτήρα με μια μπαταρία, ώστε να ανάβει ο λαμπτήρας, έχουν παρατηρηθεί οι εξής τρόποι σύνδεσης (Κουμαράς, 1989):

- *Ο ένας πόλος της μπαταρίας συνδέεται με έναν πόλο του λαμπτήρα:* Έρευνες που έχουν γίνει, δείχνουν ότι μαθητές ή και φοιτητές στην πλακέ μπαταρία βλέπουν καθαρά τους πόλους και παρακινούνται από αυτό να λάβουν υπόψη του και τους δύο, έχοντας καλύτερα αποτελέσματα στο να ανάψει ο λαμπτήρας. Όταν όμως καλούνται να χρησιμοποιήσουν κυλινδρική μπαταρία ώστε να ανάψουν το λαμπτήρα, θεωρούν ότι αυτή έχει μόνο έναν πόλο (αυτόν που φαίνεται) και ότι ο άλλος είναι το περίβλημα της μπαταρίας και μάλλον δεν του αποδίδουν διπλή λειτουργία (τοίχωμα της μπαταρίας και δεύτερο πόλο) και τον συνδέουν με σύρμα με τη βάση του λαμπτήρα (Anderson, 1980).
- *Δύο πόλοι της μπαταρίας συνδέονται με έναν πόλο του λαμπτήρα:* Αυτός ο τρόπος σύνδεσης φαίνεται να προκύπτει από το γεγονός ότι η εμφάνιση της λάμπας είναι τέτοια, ώστε να θεωρείται από τους μαθητές μονοπολική με επαφή το κάτω μέρος ενώ το δίπλα είναι για να βιδώνει (Shipstone, 1985; Gott, 1985). Αυτή η άποψη ενισχύεται από το ότι οι μαθητές θεωρούν ότι το συρματάκι που είναι στο εσωτερικό της λάμπας καταλήγει στο κάτω μέρος αυτής (Anderson, 1980).

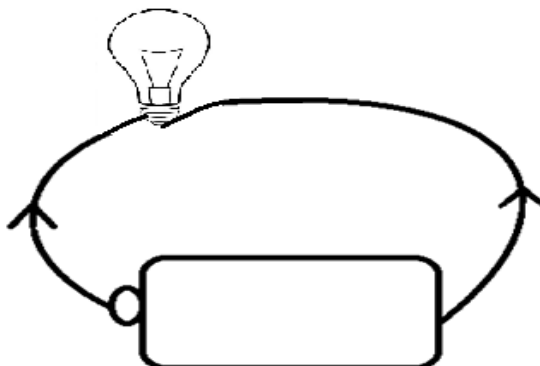
(δ) Αντιλήψεις για τη διεύθυνση της κίνησης του ρεύματος και την τιμή του

- *Η μονοπολική αντίληψη (Εικόνα 1):* Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη, οι μαθητές θεωρούν ότι το ρεύμα πηγαίνει από τον ένα πόλο της μπαταρίας, μέσω ενός μόνο καλωδίου, στο λαμπτήρα και καταναλώνεται, ενώ ένα δεύτερο καλώδιο πιστεύουν ότι δε διαδραματίζει κάποιο ενεργό ρόλο ή ότι μέσα σε αυτό, αν υπάρχει, δε ρέει τίποτε (Shipstone, 1993). Ορισμένες φορές μάλιστα το θεωρούν ως καλώδιο ασφαλείας (Driver et al., 2000). Επομένως, η διπολικότητα τόσο της μπαταρίας και του λαμπτήρα δεν αναγνωρίζονται, αφού υπάρχει ροή ρεύματος από το θετικό πόλο της μπαταρίας στη βάση του λαμπτήρα (Borges & Gilbert, 1999).



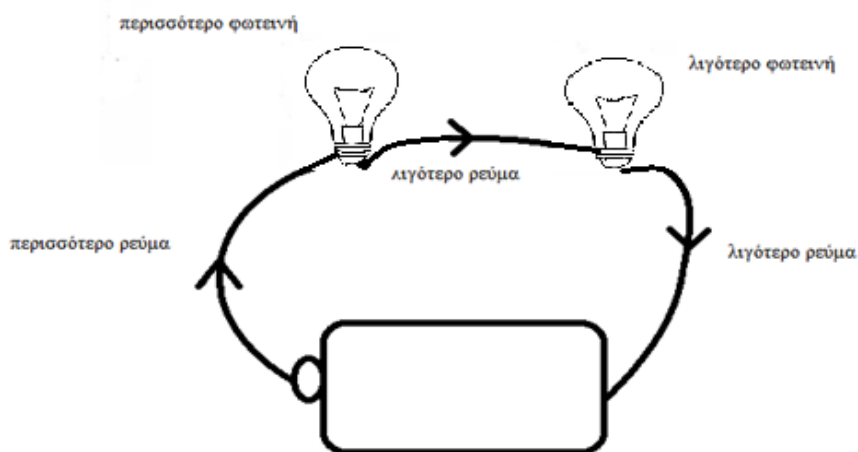
Εικόνα 1: Η μονοπολική αντίληψη

- *Η αντίληψη των συγκρουόμενων ρευμάτων* (Εικόνα 2): Εδώ οι μαθητές θεωρούν ότι το ρεύμα ρέει και από τους δύο πόλους της μπαταρίας προς το λαμπτήρα, ερμηνεύοντας την ύπαρξη του φωτός ως «σύγκρουση» των δύο ρευμάτων (Shipstone, 1993).



Εικόνα 2: Η αντίληψη των συγκρουόμενων ρευμάτων

- *Η αντίληψη εξασθένησης του ρεύματος* (Εικόνα 3): Το ρεύμα κυκλοφορεί στο κύκλωμα, φεύγοντας από τον ένα πόλο της μπαταρίας, συνήθως το θετικό, «καταναλώνεται» από το λαμπτήρα με αποτέλεσμα να επιστρέφει «λιγότερο» στην μπαταρία (Shipstone, 1993). Οι μαθητές θεωρούν ότι όταν το ρεύμα διαπερνά έναν αριθμό στοιχείων συνδεδεμένων σε σειρά, κάθε επόμενο στοιχείο δέχεται λιγότερο ρεύμα (Shipstone, 1993; Borges & Gilbert, 1999; Driver et al., 2000).

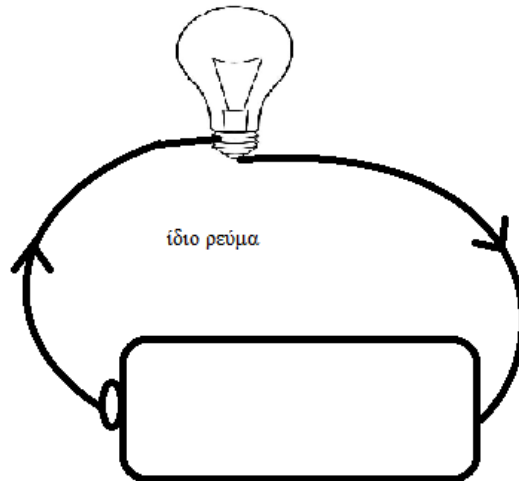


Εικόνα 3: Η αντίληψη εξασθένησης του ρεύματος

- *Η επιστημονική αντίληψη* (Εικόνα 4): Την αντίληψη αυτή τη διαθέτουν κυρίως οι μαθητές στο τέλος της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, οι οποίοι θεωρούν ορθά ότι το ρεύμα που ρέει και στα δύο καλώδια είναι ίδιο (Shipstone, 1993).
- *Η αντίληψη του κλειστού κυκλώματος:* Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή, όλα τα στοιχεία του κυκλώματος έχουν δύο συνδέσεις. Το ρεύμα κυκλοφορεί γύρω από το κύκλωμα με μια δεδομένη κατεύθυνση και το κύκλωμα λειτουργεί μόνο όταν ο διακόπτης είναι κλειστός. Η ροή του ρεύματος μέσα από ένα στοιχείο του κυκλώματος απελευθερώνει ενέργεια. Το

μοντέλο αυτό αναγνωρίζει την διπολικότητα των στοιχείων του κυκλώματος, αλλά αυτό δείχνει ότι το ρεύμα δε διατηρείται, ίσως λόγω της έλλειψης διαφοροποίησης του ρεύματος και της ενέργειας (Borges & Gilbert, 1999).

- *Το μοντέλο πηγής σταθερού ρεύματος:* Η μπαταρία θεωρείται ως μία πηγή σταθερού ρεύματος. Δηλαδή, το ρεύμα που παρέχεται από την μπαταρία είναι πάντοτε το ίδιο, ανεξάρτητα από τα χαρακτηριστικά του κυκλώματος. Αναγνωρίζεται ότι η μπαταρία «φθείρεται» με το χρόνο και ότι αυτή είναι η μόνη πηγή του ρεύματος (Borges & Gilbert, 1999).



Εικόνα 4: Η επιστημονική αντίληψη

- *Το μεριστικό μοντέλο:* Όταν ένα κύκλωμα αποτελείται από έναν αριθμό ίδιων στοιχείων σε σειρά, το ρεύμα θα μοιραστεί εξίσου ανάμεσά τους, όπως λάμπες οι οποίες προβλέπεται ότι θα έχουν την ίδια λαμπρότητα, αλλά το ρεύμα δε θεωρείται ότι διατηρείται (Shipstone, 1993).

(ε) Αντιλήψεις για την τάση

Όπως αναφέρουν οι Driver et al. (2000), η πρώιμη εστίαση της προσοχής των παιδιών στην έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος επιτρέπει την ενίσχυση της αντίληψης ότι «το ρεύμα και η διαφορά δυναμικού είναι τα ίδια» και δεν μπορούν να δεχτούν ότι ακόμη κι αν δε ρέει ηλεκτρικό ρεύμα, μπορεί να υπάρχει διαφορά δυναμικού μεταξύ των δύο άκρων. Επιπρόσθετα, όταν εισάγεται η έννοια της τάσης, θεωρείται από τους μαθητές ως μια ιδιότητα του ηλεκτρικού ρεύματος η οποία δείχνει τη δύναμη, την ισχύ ή την ποσότητα του ρεύματος (Von Rhoneck, 1981). Ακόμη έχει βρεθεί σε έρευνες ότι η διαφορά δυναμικού ή τάση θεωρείται από πολλούς μαθητές ως αποτέλεσμα του ρεύματος και όχι ως αιτία του (Shipstone, 1993).

(στ) Αντιλήψεις για την αντίσταση

Κυρίαρχη αντίληψη για την αντίσταση είναι ότι αποτελεί ένα είδος «εμποδίου» στη ροή του ηλεκτρικού φορτίου (Driver et al., 2000). Κατά τον Shipstone (1984), οι μαθητές θεωρούν ότι η αντίσταση επηρεάζει τα μέρη του κυκλώματος που βρίσκονται «μετά από αυτήν» και συνδυάζουν την

αντίληψη που έχουν για αυτήν με την ιδέα του διαδοχικού μοντέλου για το κύκλωμα, σύμφωνα με το οποίο το ρεύμα επηρεάζεται από το κάθε στοιχείο του κυκλώματος διαδοχικά.

3.2.2. Αντιλήψεις μαθητών για τους μαγνήτες και τα μαγνητικά πεδία

(α) Αντιλήψεις για τους μαγνήτες

Ο Barrow (1987) διερεύνησε τις αντιλήψεις εβδομήντα οκτώ μαθητών όλων των ηλικιών σχετικά με τους μαγνήτες. Οι μαθητές, πριν διδαχθούν για το μαγνητισμό, γνώριζαν αρκετά πράγματα για τη χρήση των μαγνητών, όπως ότι σηκώνουν πρόκες, καρφίτσες ή κολλάνε σημειώματα στο ψυγείο, βασισμένοι στην καθημερινή τους εμπειρία. Μετά τη διδασκαλία, αν και το 25% του δείγματος έδειξε ότι κατανόησε την έλξη και την άπωση των πόλων, μόνο ένα μικρό ποσοστό των μαθητών, λιγότερο του 10%, είχε αντιληφθεί την έννοια αυτών, ενώ είχαν την τάση να θεωρούν ότι οι πόλοι βρίσκονται μόνο στα άκρα του μαγνήτη (Barrow, 1987).

Οι Smolleck και Hershberger (2011) στην εργασία τους διερεύνησαν τις αντιλήψεις που έχουν τα μικρά παιδιά, ηλικίας 3-8 ετών, σε σχέση με τις επιστημονικές έννοιες και τα φαινόμενα του μαγνητισμού, διενεργώντας έρευνα πεδίου. Οι ερευνήτριες δημιούργησαν ενότητες βασισμένες στην έρευνα και βιντεοσκοπούσαν τα μαθήματα. Μελετώντας τα δεδομένα που συνέλεξαν, κατέληξαν στις εξής κοινές αντιλήψεις, όσον αφορά τους μαγνήτες:

- Οι μαγνήτες «κολλούν» (4, 5, 6, 7, 8 ετών) και οι μαγνήτες «βοηθούν να κολλήσουμε φωτογραφίες ή χαρτιά στα ψυγεία» (4, 5 ετών). Επιπλέον, τα παιδιά είχαν τη δυνατότητα να κάνουν κάποιες σωστές προβλέψεις για το τι έλκουν και δεν έλκουν οι μαγνήτες σε μια αίθουσα. Τα παιδιά αναγνώρισαν ότι οι μαγνήτες είναι διαφορετικού «χρώματος» (ηλικίες 4, 7, 8 ετών), «μορφών» (7, 8 ετών), «μεγεθών» (ηλικίες 8, 7), «έχουν βόρειο και νότιο πόλο» (8 ετών) και έχουν «διαφορετικές δυνάμεις» (6, 7, 8 ετών).
- Μια άλλη κοινή αντίληψη μεταξύ των μαθητών ήταν η ιδέα ότι οι μαγνήτες «κολλούν».
- Πρόσθετες αντιλήψεις είναι ότι οι μαγνήτες είναι «μαγικοί» (5 ετών), «σκληροί» (4, 5 ετών), «κολλούν σε όλα τα μέταλλα» (5, 6, 7 ετών), «κολλούν στο ασήμι» (5, 6 ετών), το «μέγεθος του μαγνήτη» επηρεάζει το μαγνητικό πεδίο του (7, 8 ετών), οι πόλοι «δεν έλκουν ισότιμα» (6, 7 ετών), ο μαγνήτης δεν θα προσελκύσει αντικείμενα που είναι «βαρύτερα» από τον ίδιο το μαγνήτη (7, 8 ετών) και οι μαγνήτες δεν θα προσελκύσουν αντικείμενα που είναι «σκληρότερα» (8 ετών), «παχύτερα» (7, 8 ετών), «ισχυρότερα» (7 ετών) και «μεγαλύτερα» από το μαγνήτη (7, 8 ετών).

(β) Αντιλήψεις για το μαγνητικό πεδίο

Οι Piaget και Chollet (1973) ανακάλυψαν ότι τα παιδιά επτά ετών αποδίδουν την έλξη στην ιδιότητα του «κολλήματος» και την απώθηση στο ότι «φυσάει». Αργότερα, στην ηλικία των δέκα ετών, οι εξηγήσεις των παιδιών στρέφονται σε ελκυστικές ή απωθητικές «δυνάμεις» ή «ρεύματα». Στην ηλικία των δεκατεσσάρων τα παιδιά αποδίδουν τις μαγνητικές ιδιότητες είτε στη ροή των «μοριών» ή «μικρών τεμαχίων» από μαγνήτες είτε να διαδίδονται μέσω δυνάμεων «ενός είδους

βαρύτητας», ή «ένα είδος ηλεκτρικής ενέργειας», μέσω της «πίεσης του αέρα», «μαγνητικά ρεύματα», «ένα είδος φωτισμού», «ακτίνες» ή «ζέστη», δηλαδή, έννοιες που προέρχονται από την καθημερινή ζωή ή από το εκπαιδευτικό πλαίσιο (Vamvakoussis, 1984).

Μια άλλη έρευνα των Παπαμιχαήλ και Ραβάνη (1993) μελέτησε τις αντιλήψεις εκπαιδευτικών, οι οποίοι μόλις τελείωσαν το πανεπιστήμιο, σχετικά με τις στοιχειώδεις μαγνητικές ιδιότητες. Αν και οι εκπαιδευτικοί είχαν ήδη παρακολουθήσει πολλούς κύκλους μαθημάτων για το μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό, ένα μεγάλο ποσοστό αυτών δεν μπορούσαν να αναγνωρίσουν τις ταυτόχρονες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μαγνητών και των μετάλλων που και τα δύο βρίσκονται σε μαγνητικά πεδία. Επίσης, πολλοί από αυτούς δεν γνώριζαν ότι οι μαγνήτες, οι οποίοι παράγονται από το σπασίμο άλλων μαγνητών, διατηρούν και τους δύο πόλους. Τέλος, οι περισσότεροι ισχυρίστηκαν ότι εάν ένα μέταλλο τοποθετηθεί σε ένα μαγνητικό πεδίο τότε το πεδίο θα το μαγνητίσει μόνιμα.

Ο Erickson (1994) συνέλεξε εμπειρικά δεδομένα από μαθητές 9 - 14 ετών, τα οποία τον οδήγησαν να διατυπώσει τρία μοντέλα αντιλήψεων για την προσέγγιση των μαγνητικών φαινομένων. Το πρώτο χρησιμοποιείται από τους νεότερους μαθητές και περιγράφει την επίδραση των μαγνητών σε σώματα που βρίσκονται κοντά τους. Αυτό το μοντέλο, ωστόσο, δεν αποκαλύπτει καμία αιτιολογία εξήγησης ή ερμηνείας των μαγνητικών επιδόσεων. Στο δεύτερο μοντέλο, τα μαγνητικά φαινόμενα αποδίδονται στην εκπομπή ενέργειας ή σε ακτίνες που κατευθύνονται από τους μαγνήτες στα σώματα που έλκονται. Στο τρίτο μοντέλο, αναγνωρίζεται η ύπαρξη μιας περιοχής γύρω από το μαγνήτη δηλαδή, υιοθετείται μια αναπαράσταση του μαγνητικού πεδίου.

Στην έρευνα των Borges και Gilbert (1998), η οποία διεξήχθη με μαθητές 15-18 ετών, οι αντιλήψεις των μαθητών κατατάσσονται σε πέντε διαφορετικές κατηγορίες. Η πρώτη και η δεύτερη αντιστοιχούν στο πρώτο και στο τρίτο μοντέλο μελέτης του Erickson (1994), που αναφέρθηκαν παραπάνω, ενώ, στην τρίτη κατηγορία ο μαγνητισμός συσχετίζεται με την ηλεκτρική ενέργεια από την άποψη της συσσώρευσης ή έλλειψης θετικών ή αρνητικών φορτίων στους μαγνητικούς πόλους. Στην τέταρτη κατηγορία διαμορφώνεται η υπόθεση ότι τα μαγνητικά φαινόμενα αποδίδονται σε ηλεκτρικά δίπολα που περιέχονται μέσα στο μαγνήτη και είναι προσανατολισμένα, έτσι ώστε ο ένας πόλος να είναι φορτισμένος θετικά και ο άλλος πόλος αρνητικά. Στην πέμπτη κατηγορία, οι περιγραφές των μαθητών για το μαγνητικό πεδίο όσον αφορά τις αλληλεπιδράσεις είναι παρόμοια με εκείνη που περιέχεται στα σχολικά εγχειρίδια. Φαίνεται ότι τα παιδιά χρησιμοποιούν αυτό το είδος της συλλογιστικής σκέψης και δίνουν εξηγήσεις σε μικροσκοπικό επίπεδο χρησιμοποιώντας είτε την έννοια του στοιχειώδους μαγνήτη ή την έννοια των κυκλικών μικρορευμάτων.

Οι Bar, Zinn και Rubin (1997) και οι Bar και Zinn (1998,) σε έρευνες που διεξήγαγαν σε μαθητές 9 έως 18 ετών, διερεύνησαν θέματα που αφορούν την κατανόηση των δυνάμεων που ασκούνται από απόσταση. Διαπίστωσαν ότι 4 στους 5 μαθητές εννέα ετών, πιστεύουν ότι ο αέρας είναι ένα απαραίτητο μέσο για να ασκούνται οι μαγνητικές δυνάμεις. Το ποσοστό αυτό μειώνεται σταδιακά προσεγγίζοντας τον 1 στους 3 όσον αφορά μαθητές δεκαοκτώ ετών. Επίσης, στην ίδια έρευνα, τα παιδιά βρέθηκε να συνδέουν στενά μαγνητικά φαινόμενα και φαινόμενα βαρύτητας. Τέτοιοι

συσχετισμοί, μερικές φορές κατασκευάζουν ειδικές νοητικές αναπαραστάσεις που αναγνωρίζουν το μαγνητισμό ως «αιτία» και τη βαρύτητα ως «αποτέλεσμα».

Οι Guisasola, Almudi και Zubimendi (2004) διερεύνησαν τις παρανοήσεις των μαθητών στα τελευταία χρόνια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (17-18 ετών) καθώς και δευτεροετών και τριτοετών φοιτητών ενός ισπανικού πανεπιστημίου στη Μηχανική και στις Φυσικές Επιστήμες αντίστοιχα για τη φύση και την πηγή του μαγνητικού πεδίου. Στην έρευνα συμμετείχαν διακόσιοι τριάντα πέντε μαθητές και φοιτητές οι οποίοι συμπλήρωσαν ερωτηματολόγια με ερωτήσεις ανοιχτής μορφής για να μπορέσουν οι ερευνητές να ελέγξουν αν οι συμμετέχοντες όχι μόνο είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τις έννοιες σχετικές με μαγνητικά φαινόμενα αλλά και κατά πόσο μπορούν να τις εξηγήσουν και να αιτιολογήσουν την απόφασή τους για τις συγκεκριμένες προβληματικές καταστάσεις. Προκειμένου να εμβαθύνουν περισσότερο στις εξηγήσεις των μαθητών και φοιτητών και στην ικανότητα αυτών να εφαρμόζουν τις γνώσεις τους, οι ερευνητές πήραν συνεντεύξεις από ένα μικρό δείγμα είκοσι τεσσάρων συμμετεχόντων (από όλες τις κατηγορίες), παρουσιάζοντάς τους τρεις προβληματικές καταστάσεις σχετικές με τα θέματα του ερωτηματολογίου. Τα σημαντικότερα ευρήματα της έρευνας των Guisasola, Almudi και Zubimendi (2004) είναι:

- Οι περισσότεροι συμμετέχοντες έχουν επαρκή δηλωτική γνώση για τη φύση και την πηγή του μαγνητικού πεδίου αλλά όταν πρέπει να εφαρμόσουν αυτή τη γνώση αρνούνται να δεχτούν την ύπαρξη μιας ιδιότητας (μαγνητικό πεδίο), που δεν είναι αντιληπτή.
- Ένα εξίσου σημαντικό εύρημα της συγκεκριμένης μελέτης είναι ότι κάποιοι συμμετέχοντες αποδίδουν πραγματική οντότητα στις γραμμές του πεδίου και θεωρούν ότι αυτές το δημιουργούν. Σύμφωνα με αυτή την αντίληψη, οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ μαγνητών και κινούμενων φορτίων ή με άλλους μαγνήτες συμβαίνουν λόγω της «απόθησης» ή της «έλξης» μεταξύ των γραμμών πεδίου που προσκρούεται η μία πάνω στην άλλη.
- Μία άλλη ομάδα συμμετεχόντων προσδιορίζουν ως πηγή του μαγνητικού πεδίου το ηλεκτρικό φορτίο, είτε σε κίνηση είτε σε ακινησία, και δικαιολογούν τη μαγνητική φύση των μαγνητών με το σκεπτικό ότι οι πόλοι τους έχουν αντίθετα φορτία. Εξηγούν δηλαδή τα μαγνητικά φαινόμενα από την άποψη της ηλεκτρικής αλληλεπίδρασης ως κεντρικής δύναμης.

Ο Raduta (2005) στην εργασία του συγκέντρωσε τις γενικές αντιλήψεις στο μαγνητισμό, στηριζόμενος σε ευρήματα προηγούμενων ερευνών. Τα σημαντικότερα από αυτά παρουσιάζονται παρακάτω:

- Μεγάλος αριθμός παρανοήσεων σχετίζονται με την αλληλεπίδραση μεταξύ του μαγνητικού πεδίου και ηλεκτρικών φορτίων όπου οι μαθητές θεωρούν ότι οι μαγνητικοί πόλοι είναι ηλεκτρικά φορτισμένοι. Έχει παρατηρηθεί η τάση των μαθητών να υπολογίζουν τη μαγνητική δύναμη για περιπτώσεις όπου τα φορτία δεν κινούνται ή κινούνται παράλληλα ή αντι-παράλληλα προς το πεδίο θεωρώντας ότι οι μαγνητικοί πόλοι ασκούν δυνάμεις σε ηλεκτρικά φορτία, ανεξάρτητα από το αν τα φορτία κινούνται ή όχι.

- Οι μαθητές αντιμετωπίζουν τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία σαν να έχουν στατική φύση, με την έννοια ότι υπάρχει το πεδίο στο χώρο και εφαρμόζει δυνάμεις στα φορτία και δεν αλλάζει ακόμα και όταν ένα νέο φορτισμένο σωματίδιο εισέρχεται στην περιοχή.

Οι Βουτσινά και Ραβάνης (2007) στην εργασία τους προσπαθούν να ανιχνεύσουν και τις νοητικές παραστάσεις μαθητών του Λυκείου για την αιτία δημιουργίας των μαγνητικών ιδιοτήτων και για την έννοια του μαγνητικού πεδίου, αντλώντας στοιχεία από την ιστορία των Φυσικών Επιστημών. Συγκεκριμένα θέτουν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

- Ποιες είναι οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών/τριών για το μαγνητισμό και συγκεκριμένα για την αιτία δημιουργίας των μαγνητικών ιδιοτήτων και για την έννοια του μαγνητικού πεδίου;
- Υπάρχουν αναλογίες και σε ποιο βαθμό, μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών/τριών με τις αντιλήψεις των επιστημόνων του παρελθόντος;
- Υπάρχει διαφορά μεταξύ των αντιλήψεων των μαθητών/τριών της Α΄ και Β΄ λυκείου;

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο 4ο Ενιαίο Λύκειο Αργινίου και σε αυτήν έλαβαν μέρος συνολικά σαράντα μαθητές και μαθήτριες. Από αυτούς είκοσι φοιτούσαν στην Α΄ τάξη και είκοσι στη Β΄ τάξη Λυκείου. Όλοι οι μαθητές είχαν διδαχθεί τις έννοιες των μαγνητών, των μαγνητικών πόλων, του μαγνητικού πεδίου και τη σχέση μεταξύ ηλεκτρισμού και μαγνητισμού, έστω και σε εισαγωγική μορφή. Οι ερευνητές για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποίησαν δομημένες συνεντεύξεις και ερωτήσεις ανοιχτού τύπου για τη μελέτη των νοητικών παραστάσεων των μαθητών.

Έπειτα από ανάλυση των δεδομένων κατέληξαν σε έξι κατηγορίες αντιλήψεων για την αιτία δημιουργίας των μαγνητικών φαινομένων. Οι μαγνητικές ιδιότητες οφείλονται:

- i. Σε κάποια ουσία που περιέχεται μέσα στο μαγνήτη, κάτι που είναι το επικρατέστερο μοντέλο στην Α΄ Λυκείου
- ii. Σε διαχωρισμό φορτίων στους πόλους του μαγνήτη. Κατηγορία που συγκέντρωσε τις περισσότερες απαντήσεις και από τις δύο τάξεις του Λυκείου.
- iii. Στην κίνηση ηλεκτρονίων
- iv. Στα μαγνητικά δίπολα στο εσωτερικό του μαγνήτη.
- v. Στο μαγνητικό πεδίο.

Οι κατηγορίες τρία και πέντε εμφανίζονται μόνο στη Β΄ Λυκείου, κάτι που εξηγείται από το γεγονός ότι η συγκεκριμένη τάξη είχε πρόσφατα διδαχθεί την ενότητα του ηλεκτρομαγνητισμού. Επομένως, το αποτέλεσμα της σχολικής διδασκαλίας ήταν η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών, αλλά όχι προς την κατεύθυνση του επιστημονικού προτύπου.

Για τις αντιλήψεις που αφορούν στο μαγνητικό πεδίο, ανιχνεύθηκαν τέσσερις κατηγορίες. Το μαγνητικό πεδίο:

- i. Εμφανίζεται να έχει έναν κυκλικό-ελλειπσοειδή σχηματισμό γύρω από το μαγνήτη.
- ii. Εμφανίζεται να έχει πάλι ένα κυκλικό –ελλειπσοειδές σχήμα γύρω από το μαγνήτη, αλλά τώρα περιέχει φορτία είτε και θετικά και αρνητικά είτε μόνο ηλεκτρόνια.

- iii. Αισθητοποιείται με τις δυναμικές γραμμές οι οποίες είναι νοητές και δεν έχουν κάποια υλική υπόσταση.
- iv. Χωρίς κάποια μορφή, εκτατό και χωρίς όρια.

Η πλειονότητα των αντιλήψεων αφορούσε στην πρώτη και τρίτη κατηγορία. Η διαφορά μεταξύ των τάξεων ήταν εμφανής, όμως την πρώτη κατηγορία επέλεξε η Α΄ Λυκείου ενώ τη δεύτερη η Β΄ Λυκείου. Επομένως, η διδασκαλία επέφερε αλλαγή των αντιλήψεων προς το επιστημονικό πρότυπο.

Οι Ραβάνης και συν. (2009) διεξήγαγαν μια έρευνα για την ανίχνευση των αντιλήψεων εκατόν δεκαέξι μαθητών ηλικίας 14-15 ετών σχετικά με τη φύση και τις ιδιότητες του μαγνητικού πεδίου, χωρίς να υπάρχει προηγούμενη ειδοποίηση ούτε των εκπαιδευτικών ούτε των μαθητών. Οι ερευνητές πήραν συνεντεύξεις από τους μαθητές αμέσως μετά την ολοκλήρωση των μαθημάτων για το μαγνητισμό και ηλεκτρομαγνητισμό, στα πλαίσια του μαθήματος της Φυσικής. Έθεσαν στους μαθητές τρεις πειραματικές δραστηριότητες βάσει των οποίων έγιναν οι συνεντεύξεις και διαπιστώθηκε ότι αντιμετωπίζουν αρκετές και σημαντικές δυσκολίες στην εννοιολογική κατανόηση του μαγνητικού πεδίου. Αυτό συμβαίνει επειδή τους ζητήθηκε να χρησιμοποιήσουν τις ιδιότητες του μαγνητικού πεδίου, προκειμένου να εκτιμηθούν πραγματικές ή υποθετικές πειραματικές καταστάσεις. Η ανεπαρκής κατανόηση των μαγνητικών ιδιοτήτων συνδέεται με την αδυναμία των μαθητών να συσχετίσουν τα χαρακτηριστικά του μαγνητικού πεδίου με τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της πειραματικής κατάστασης. Πιο συγκεκριμένα εντόπισαν τα εξής:

- Όσον αφορά την άσκηση των μαγνητικών δυνάμεων στο πλαίσιο του μαγνητικού πεδίου, πάνω από τους μισούς μαθητές συσχετίζουν την αλλαγή της έντασης του μαγνητικού πεδίου με την απόσταση από το μαγνήτη.
- Ένα μικρότερο ποσοστό θεωρεί ότι ένας μαγνήτης δεν έλκει ένα αντικείμενο που βρίσκεται μακριά επειδή αυτό είναι βαρύ.
- Πάρα πολλοί από τους μαθητές πιστεύουν ότι μόνο μαγνήτης ασκεί ελκτική δύναμη στα σώματα με αποτέλεσμα εκείνα να μετακινούνται προς το μέρος του.
- Λιγότεροι από τους μισούς μαθητές έχουν την άποψη ότι οι μαγνητικές αλληλεπιδράσεις εξαρτώνται από την ύπαρξη του αέρα. Εδώ υπάρχει συμφωνία με τις έρευνες των Bar, Zinn & Rubin (1997), Bar & Zinn (1998) και Ravanis et al., (2010).

3.2.3. Αντιλήψεις μαθητών για τον ηλεκτρομαγνητισμό

Οι μαθητές γενικά δεν αναγνωρίζουν τη μαγνητική επίδραση ενός ηλεκτρικού κυκλώματος (Barrow, 1987). Μαθητές ηλικίας 3 έως 9 ετών θεωρούν το καλώδιο ως τον αιτιώδη παράγοντα, ενώ άλλοι αναφέρονται στον ηλεκτρισμό για να εξηγήσουν την εμφάνιση του ηλεκτρομαγνητισμού (Selman et al., 1982). Ο Anderson (1985) βρήκε ότι οι περισσότεροι μαθητές του δείγματός του θεωρούν ότι ένα πηνίο δε θα πρέπει να είναι μονωμένο προκειμένου να δημιουργήσει έναν ηλεκτρομαγνήτη.

Ο Galili (1995) μελέτησε εκατόν δεκαέξι μαθητές και μελλοντικούς καθηγητές τεχνολογικών κλάδων, ηλικίας 16-30 ετών, σχετικά με την κατανόηση των διαφορετικών πτυχών της έννοιας «πεδίο» στον ηλεκτρομαγνητισμό. Τα δεδομένα συλέχθησαν σε γραπτή μορφή, μέσω ερωτήσεων που αφορούσαν πέντε δραστηριότητες και οδήγησαν τον ερευνητή στο γενικό συμπέρασμα ότι αρκετές παρανοήσεις που αφορούν στο μαγνητικό πεδίο προέρχονται από παρανοήσεις που παραπέμπουν στον τομέα της μηχανικής. Πιο συγκεκριμένα:

- Ένα μεγάλο μέρος των συμμετεχόντων συνδέει την επιτάχυνση μόνο με μία αλλαγή στο μέγεθος της ταχύτητας και όχι με την κατεύθυνσή της, παρανόηση που συναντάται και στη μηχανική.
- Αρκετοί συγχέουν την τροχιά ενός φορτισμένου σωματιδίου με τις γραμμές του πεδίου.

Ο Raduta (2005) στην εργασία του συγκέντρωσε κάποιες γενικές αντιλήψεις για τον ηλεκτρομαγνητισμό, από προηγούμενες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν. Διαπίστωσε ότι πολλοί μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν το πώς παράγεται το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο όταν έχουν στη διάθεσή τους ηλεκτρικά κυκλώματα καθώς και τον καθορισμό της διεύθυνσης του πεδίου. Οι μαθητές, αποτυγχάνοντας να αναγνωρίσουν τις σημαντικές ιδέες από τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό, θεωρούν το νόμο του Ohm να είναι μία από τις πιο σημαντικές ιδέες του ηλεκτρομαγνητισμού. Για τους περισσότερους μαθητές, η ηλεκτροστατική και τα ηλεκτρικά κυκλώματα είναι δύο ασύνδετα θέματα, ενώ αρκετοί πιστεύουν ότι το ρεύμα είναι η αιτία του πεδίου.

Ο Κυρτσόπουλος (2010) στην εργασία του προσπάθησε να ανιχνεύσει τις αντιλήψεις σαράντα πέντε μαθητών της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου για τον ηλεκτρομαγνητισμό στην περιοχή της Πάτρας. Τα ερευνητικά ερωτήματα της μελέτης αυτής ήταν τα εξής:

- Κατά πόσο οι μαθητές ήταν σε θέση να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους ώστε να συνδέσουν τον ηλεκτρισμό με τον μαγνητισμό.
- Κατά πόσο οι μαθητές εσωτερίκευαν διδαγμένες γνώσεις και ήταν σε θέση να τις ανακαλούν και να τις εφαρμόζουν σε διαφορετικές καταστάσεις.

Για την συγκέντρωση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν οι ατομικές, ημικατευθυνόμενες συνεντεύξεις, που πραγματοποιήθηκαν στο χώρο του σχολείου με κάθε μαθητή χωριστά. Κάθε συνέντευξη είχε διάρκεια περίπου δεκαπέντε λεπτά και βασίστηκε σε δύο διαφορετικές πειραματικές καταστάσεις. Κάθε πειραματική κατάσταση είχε στόχο αφενός μεν να διερευνήσει την κατανόηση της έννοιας του ηλεκτρισμού αφετέρου δε να ανιχνεύσει τις αντιλήψεις των μαθητών για την έννοια μαγνητισμού και του ηλεκτρομαγνητισμού. Για την επεξεργασία των δεδομένων και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, οι συνεντεύξεις αυτές μαγνητοφωνήθηκαν και απομαγνητοφωνήθηκαν.

Η έρευνα αυτή κατέληξε στα εξής συμπεράσματα:

- Ανάδειξη αναλογίας ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών και στις αντιλήψεις των επιστημόνων για τον ηλεκτρομαγνητισμό. Οι πρώτες παρουσιάζουν μια αξιοσημείωτη αντίσταση παρόλο τη σχετική γνώση που λαμβάνουν από το σχολείο (στη συγκεκριμένη περίπτωση η γνώση αναφέρεται στον ηλεκτρισμό) και επιβεβαιώνεται το γεγονός ότι αρκετές

αντιλήψεις από μέρους των παιδιών δεν επηρεάζονται από διδακτικές παρεμβάσεις και παραμένουν ουσιαστικά άθικτες μετά τη λήξη της.

- Σημαντικό ρόλο φάνηκε να διαδραματίζουν τόσο οι προηγούμενες γνώσεις όσο και η καθημερινή εμπειρία και το προσωπικό ενδιαφέρον των μαθητών.

Οι Smaill και συν. (2012), καθηγητές του πανεπιστημίου του Auckland, διερεύνησαν τις αντιλήψεις και την ικανότητα κατανόησης πρωτοετών και δευτεροετών φοιτητών στην Ηλεκτρική Μηχανική για θέματα ηλεκτρομαγνητισμού, επαληθεύοντας τα ευρήματα προηγούμενων μελετών σε διάφορες χώρες. Το 2007 εφάρμοσαν ένα μικρό προέλεγχο (pretest) στους πρωτοετείς φοιτητές, πριν την έναρξη των μαθημάτων, για να προσδιορίσουν το γνωστικό υπόβαθρο και τις αντιλήψεις τους, με σκοπό να τις αντιμετωπίσουν κατά τη διάρκεια των μαθημάτων που θα ακολουθούσαν. Το δεύτερο χρόνο, οι φοιτητές αυτοί καλούνταν να απαντήσουν ξανά σε ερωτήσεις, ώστε οι καθηγητές τους να διαπιστώσουν αν αναθεώρησαν τις αντιλήψεις που είχαν πριν την έναρξη των μαθημάτων ή όχι. Μελετώντας τα διαγνωστικά αυτά τεστ, οι ερευνητές διαπίστωσαν τις εξής αντιλήψεις σχετικά με τον ηλεκτρομαγνητισμό:

- Η έλλειψη κατανόησης από τους φοιτητές του τρίτου νόμου του Νεύτωνα στη Μηχανική, εμφανίζεται και στον ηλεκτρομαγνητισμό.
- Οι φοιτητές μερικές φορές αντιμετωπίζουν τα ηλεκτρικά πεδία όπως τα μαγνητικά. Για το λόγο αυτό θεωρούν ότι ένα φορτίο σε ένα μαγνητικό πεδίο δέχεται πάντα μια δύναμη, ακόμα και όταν είναι ακίνητο.
- Η δύναμη σε ένα φορτίο που βρίσκεται σε ένα μαγνητικό πεδίο έχει την κατεύθυνση του πεδίου.
- Ένα φορτίο που κινείται σε μαγνητικό πεδίο ακολουθεί παραβολική τροχιά.
- Σημαντικό ποσοστό των φοιτητών πίστευε ότι η κατεύθυνση της έντασης του ηλεκτρικού ή του μαγνητικού πεδίου συμπίπτει με την κατεύθυνση της ηλεκτρικής ή της μαγνητικής δύναμης.
- Συσχετίζουν την επαγόμενη τάση με τη μαγνητική ροή και όχι με την αλλαγή στη μαγνητική ροή.

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι ενώ έχουν γίνει έρευνες για τις αντιλήψεις σχετικά με τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία δεν εντοπίζονται έρευνες σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών του δημοτικού σχολείου για τους ηλεκτρομαγνήτες.

3.3. Βιβλιογραφική ανασκόπηση διδακτικών παρεμβάσεων που έχουν πραγματοποιηθεί για τον ηλεκτρομαγνητισμό

Στον τομέα του ηλεκτρομαγνητισμού η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στα μαθησιακά αποτελέσματα εστιάζεται κυρίως στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Dori & Belcher, 2005; Narjaikaew, Emarat & Cowie, 2009; Sağlam, 2010; Grigore, Miron & Barna, 2013), ενώ είναι

ιδιαίτερα περιορισμένη στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Koliopoulos, Dossis & Stamoulis, 2007; Kokkotas, Rizaki & Malamitsa, 2010; Michelini & Vercellati, 2013).

Οι Dori και Belcher (2005) ασχολήθηκαν με τη μελέτη της συμβολής ενός προγράμματος με την επωνυμία “Technology-Enabled Active Learning” (TEAL) στην ικανότητα κατανόησης των προπτυχιακών φοιτητών για έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού. Στο πρόγραμμα αυτό χρησιμοποιήθηκε εκπαιδευτικό λογισμικό και πραγματοποιήθηκε σε ειδικά σχεδιασμένη αίθουσα ώστε να διευκολύνεται η αλληλεπίδραση των μελών των ομάδων των φοιτητών.

Το δείγμα της έρευνας αποτελείτο από οκτακόσιους έντεκα προπτυχιακούς φοιτητές, οι οποίοι ήταν χωρισμένοι σε τρεις ομάδες: μικρής κλίμακας πειραματική ομάδα (εκατόν εβδομήντα έξι φοιτητές), μεγάλης κλίμακας πειραματική ομάδα (πεντακόσιοι δεκατέσσερις φοιτητές) και μια ομάδα ελέγχου (εκατόν είκοσι ένας φοιτητές). Οι δύο πειραματικές ομάδες μικρής και μεγάλης κλίμακας παρακολούθησαν μαθήματα σχετικά με τον ηλεκτρομαγνητισμό σε ειδικά διαμορφωμένες και τεχνολογικά εξοπλισμένες αίθουσες και οι φοιτητές ήταν οργανωμένοι σε ομάδες, στα πλαίσια του μαθησιακού περιβάλλοντος TEAL. Από την άλλη πλευρά, τα μέλη της ομάδας ελέγχου παρακολούθησαν παραδοσιακού τύπου διδασκαλίες για το ίδιο θέμα που περιελάμβαναν διαλέξεις σε μεγάλο ακροατήριο και πειράματα επίδειξης από τους καθηγητές. Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί ότι σε κάθε ομάδα οι φοιτητές είχαν κατηγοριοποιηθεί σε τρία ακαδημαϊκά επίπεδα (χαμηλό, μεσαίο και υψηλό επίπεδο), ανάλογα με τις επιδόσεις τους σε ένα ερωτηματολόγιο που τους δόθηκε πριν τις διδασκαλίες.

Πιο συγκεκριμένα, η μελέτη αυτή ανέλυσε τις επιπτώσεις του προγράμματος TEAL στην κοινωνική, γνωστική και συναισθηματική συμπεριφορά των φοιτητών. Οι ερευνητικοί στόχοι ήταν:

- Να μελετηθούν οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των φοιτητών καθώς μελετούν σε μικρές ομάδες στο περιβάλλον μάθησης TEAL.
- Να διερευνηθεί η εξέλιξη των αντιλήψεων των φοιτητών ως αποτέλεσμα της μελέτης ηλεκτρομαγνητισμού στο περιβάλλον μάθησης TEAL.
- Να μελετηθούν οι στάσεις των φοιτητών απέναντι στο περιβάλλον μάθησης TEAL καθώς και οι προτιμήσεις τους σχετικά με το συνδυασμό διαφόρων μεθόδων διδασκαλίας.

Για την επίτευξη αυτών των στόχων, η μεθοδολογία της έρευνας συνδύαζε ποιοτικές και ποσοτικές μεθόδους και εργαλεία. Για να μελετηθούν οι κοινωνικές αλληλεπιδράσεις (ο πρώτος στόχος της έρευνας) εφαρμόστηκαν παρατηρήσεις διδασκαλίας μαθημάτων. Για να διερευνηθεί η εξέλιξη των αντιλήψεων χορηγήθηκαν ερωτηματολόγια, πριν και μετά τις διδασκαλίες, σε όλους τους φοιτητές και χρησιμοποιήθηκαν ποσοτικά εργαλεία για να ποσοτικοποιηθεί η έκταση των αλλαγών στις αντιλήψεις μεταξύ των δύο πειραματικών ομάδων και της ομάδας ελέγχου αλλά και μεταξύ των διαφόρων ακαδημαϊκών επιπέδων. Τα ερωτηματολόγια συμπεριελάμβαναν ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής και ανοιχτές ερωτήσεις που απαιτούσαν τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές απαντήσεις. Για τη μελέτη των στάσεων των φοιτητών απέναντι στο περιβάλλον μάθησης TEAL (ο τρίτος στόχος της έρευνας), χρησιμοποιήθηκε μια ανοικτή έρευνα και ομάδες εστιασμένων συζητήσεων για να

εκφράσουν οι φοιτητές των δύο πειραματικών ομάδων τις προτιμήσεις τους σχετικά με τις μεθόδους διδασκαλίας στο περιβάλλον TEAL. Τα ευρήματα των ερευνών αναλύθηκαν τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά.

Τα αποτελέσματα της έρευνας για την εξέλιξη των αντιλήψεων των φοιτητών, έδειξαν μείωση του ποσοστού αποτυχίας στα μαθήματα ηλεκτρομαγνητισμού. Τα ποσοστά αποτυχίας στις δύο πειραματικές ομάδες, μικρής και μεγάλης κλίμακας, ήταν λιγότερο από το 5% σε σύγκριση με το 13% στην ομάδα ελέγχου. Για να εκτιμηθεί η επίδραση των παιδαγωγικών μεθόδων και της τεχνολογίας που εφαρμόστηκαν στο μαθησιακό περιβάλλον TEAL, εξετάστηκαν οι επιδόσεις των φοιτητών των δύο πειραματικών ομάδων στα ερωτηματολόγια, πριν και μετά τις διδασκαλίες. Τα ευρήματα έδειξαν ότι οι φοιτητές που συμμετείχαν στο μαθησιακό περιβάλλον TEAL, βελτίωσαν σημαντικά την ικανότητα εννοιολογικής κατανόησης των διαφόρων φαινομένων που σχετίζονται με τον ηλεκτρομαγνητισμό, μέσω των απεικονίσεων. Οι απεικονίσεις έδιναν τη δυνατότητα στους φοιτητές να αντιλαμβάνονται τον τρόπο με τον οποίο τα πεδία δυνάμεων αλληλεπιδρούν και να παρατηρούν πώς οι κινήσεις τους εξελίσσονται στο χρόνο σε σχέση με τις δυνάμεις. Η βελτίωση και των δύο πειραματικών ομάδων, όπως φάνηκε από τα ερωτηματολόγια πριν και μετά τις διδασκαλίες, ήταν σημαντικά υψηλότερη από εκείνη της ομάδας ελέγχου. Η βελτίωση των φοιτητών χαμηλού ακαδημαϊκού επιπέδου ήταν η υψηλότερη για τις τρεις ερευνητικές ομάδες, πιθανώς επειδή το σημείο εκκίνησης τους ήταν το χαμηλότερο, οπότε είχαν μεγαλύτερα περιθώρια βελτίωσης. Ωστόσο, κάθε ένα από τα τρία ακαδημαϊκά επίπεδα των δύο πειραματικών ομάδων βελτίωσε την εννοιολογική κατανόησή του σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι οι φοιτητές της ομάδας ελέγχου. Όσον αφορά τους φοιτητές του μεσαίου και χαμηλού ακαδημαϊκού επιπέδου, βρέθηκε μια σημαντική διαφορά μεταξύ της μικρής και μεγάλης ομάδας TEAL: κατά την εφαρμογή στην ομάδα μεγάλης κλίμακας, η βελτίωση των ατόμων μεσαίου και χαμηλού ακαδημαϊκού επιπέδου ήταν καλύτερη από εκείνη στην ομάδα μικρής κλίμακας.

Το πρόγραμμα TEAL έγινε γενικά αποδεκτό από την πειραματική ομάδα μικρής κλίμακας και με επιφυλάξεις όσον αφορά την πειραματική ομάδα μεγάλης κλίμακας. Στην πειραματική ομάδα μικρής κλίμακας περίπου το 70% δήλωσε ότι θα συνιστούσε περιβάλλον μάθησης TEAL στους συνομηλίκους τους, ενώ στην πειραματική ομάδα μεγάλης κλίμακας το αντίστοιχο ποσοστό ήταν 54%. Οι φοιτητές της πειραματικής ομάδας μεγάλης κλίμακας εξέφρασαν τόσο θετικές όσο και αρνητικές στάσεις όταν ρωτήθηκαν για τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των εργασιών τους στο μαθησιακό περιβάλλον TEAL.

Οι Koliopoulos, Dossis και Stamoulis (2007) διερεύνησαν την επίδραση της χρήσης στοιχείων της ιστορίας των Φυσικών Επιστημών στη διδασκαλία σε μαθητές της έκτης τάξης του δημοτικού για τον ηλεκτρομαγνητισμό. Πιο συγκεκριμένα, πρότειναν τη χρήση της ιστορίας των Φυσικών Επιστημών στη διδασκαλία με την εισαγωγή σύντομων αποσπασμάτων από ιστορικά κείμενα. Στόχος της εργασίας ήταν να παρακινήσει τους μαθητές να συμμετάσχουν σε δραστηριότητες επίλυσης

προβλημάτων και να μετασχηματίσουν τις αντιλήψεις τους σχετικά με διάφορα φαινόμενα ηλεκτρομαγνητισμού.

Η όλη διαδικασία της διδασκαλίας αποτελείτο από τρεις ενότητες και σχεδιάστηκε για να εξυπηρετήσει μια πρωτοποριακή, καθώς και εποικοδομητική προσέγγιση του αναλυτικού προγράμματος για τις Φυσικές Επιστήμες. Πριν να εισαχθούν στις έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού, οι μαθητές της έκτης τάξης του δημοτικού έχουν ήδη διδαχθεί για τα απλά ηλεκτρικά κυκλώματα την προηγούμενη χρονιά. Στην πρώτη ενότητα, το κείμενο από την ιστορία των Φυσικών Επιστημών εισήχθη με το στόχο τη δημιουργία ενός εκπαιδευτικού πλαισίου για την εισαγωγή και τη μελέτη της σχέσης μεταξύ του μαγνητισμού και του ηλεκτρισμού. Το κείμενο αυτό λειτούργησε ως μια προβληματική κατάσταση στην οποία οι μαθητές καλούνταν να εκφράσουν τις αντιλήψεις τους σχετικά με αυτή τη σχέση. Στη συνέχεια, η σχέση μεταξύ μαγνητισμού και ηλεκτρισμού παρουσιάστηκε και πάλι με τη μορφή ενός σύντομου κειμένου που αφορούσε τον Oersted. Παράλληλα, οι μαθητές ενθαρρύνθηκαν να διαμορφώσουν μια άποψη για την επιβεβαίωση της σχέσης μεταξύ μαγνητισμού και ηλεκτρισμού, η οποία οδήγησε στη διαμόρφωση μιας νέας εκδοχής του πειράματος του Oersted. Σε μεταγνωστικό επίπεδο, ζητήθηκε από τους μαθητές να αξιολογήσουν τις ιδέες και τις απόψεις των επιστημόνων για την ύπαρξη ή μη σχέσης μεταξύ του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού. Στόχος ήταν οι μαθητές να αλλάξουν τις αντιλήψεις που είχαν στην αρχή της διδακτικής διαδικασίας. Οι άλλες δύο ενότητες επικεντρώθηκαν στη μελέτη του ηλεκτρομαγνήτη και της ηλεκτρικής γεννήτριας, υιοθετώντας, παρομοίως, τη χρήση σύντομων κειμένων από την ιστορία του ηλεκτρομαγνητισμού.

Η παρουσίαση στοιχείων από την ιστορία των Φυσικών Επιστημών μέσω σύντομων κειμένων, φάνηκε να είναι μια προσέγγιση που προσφέρει πολλαπλά οφέλη. Επίσης, συνέβαλε στην κατανόηση των μαθητών για τις έννοιες και τις μεθόδους καθώς και στην καλλιέργεια θετικών στάσεων απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες, ενώ εξοικείωνε και τον εκπαιδευτικό με στοιχεία από την ιστορία των Φυσικών Επιστημών.

Οι Narjaikaew, Emarat και Cowie (2009) μελέτησαν την συμβολή της χρήσης πλήρως και μερικώς καθοδηγούμενων σημειώσεων (guided notes), κατά τη διάρκεια διαλέξεων για τον ηλεκτρομαγνητισμό, στην ικανότητα κατανόησης φοιτητών της Σχολής Επιστημών και της Πολυτεχνικής Σχολής στο κρατικό πανεπιστήμιο στην επαρχία Ubon Ratchathani, στη βόρειο-ανατολική περιοχή της Ταϊλάνδης. Σκοπός αυτής της μελέτης ήταν να διερευνηθεί εάν και πώς η λήψη καθοδηγούμενων σημειώσεων θα οδηγήσει τους πρωτοετείς φοιτητές πανεπιστημίου να συμμετέχουν ενεργά σε διαλέξεις για τον ηλεκτρομαγνητισμό. Οι ερευνητικοί στόχοι της εργασίας αυτής ήταν:

- Να μελετηθεί η συμβολή των καθοδηγούμενων σημειώσεων στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών κατά τη διάρκεια διαλέξεων σε σχέση με εκείνες που δεν είχαν αυτή τη δυνατότητα.

- Να μελετηθούν οι στάσεις των πρωτοετών φοιτητών απέναντι στη μέθοδο χρήσης καθοδηγούμενων σημειώσεων στις διαλέξεις.

Στην έρευνα συμμετείχαν τριακόσιοι σαράντα πρωτοετείς φοιτητές οι οποίοι παρακολούθησαν διαλέξεις μαθημάτων που δεν περιελάμβαναν καθοδηγούμενες σημειώσεις (ομάδα ελέγχου) και εξακόσιοι εξήντα ένας φοιτητές που τους παρείχαν καθοδηγούμενες σημειώσεις (πειραματική ομάδα), οι οποίοι άνηκαν σε διαφορετικά ακαδημαϊκά έτη και δε γνώριζαν ότι συμμετείχαν σε έρευνα, έως ότου κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτηματολόγιο και να συμμετέχουν στις συνεντεύξεις.

Συλλέχθηκαν ποσοτικά και ποιοτικά στοιχεία. Για τη συμβολή των καθοδηγούμενων σημειώσεων στην εννοιολογική κατανόηση, έγινε σύγκριση των επιδόσεων των φοιτητών σε εννοιολογικά ζητήματα πριν και μετά την εφαρμογή των καθοδηγούμενων σημειώσεων. Για τη μελέτη των στάσεων, διερευνήθηκαν οι απόψεις των φοιτητών που έκαναν χρήση των καθοδηγούμενων σημειώσεων με τη χρήση ερωτηματολογίου και συνεντεύξεων. Το ερωτηματολόγιο που αναπτύχθηκε για αυτή την μελέτη αποτελούνταν από οκτώ κλειστού τύπου ερωτήσεις και τρεις ανοιχτές ερωτήσεις. Οι κλειστού τύπου ερωτήσεις βασίστηκαν σε μια κλίμακα πέντε σημείων τύπου Likert που κυμαίνονταν από το «Συμφωνώ απόλυτα» έως το «Διαφωνώ απόλυτα». Οι ερωτήσεις επικεντρώθηκαν στο αν οι καθοδηγούμενες σημειώσεις βοηθούν τους φοιτητές να μάθουν. Τα ερωτήματα ζητούσαν από τους φοιτητές κυρίως να αξιολογήσουν την αξία της παροχής των βασικών εννοιών, εικόνων και κενών χώρων στις σημειώσεις. Οι τρεις ανοιχτές ερωτήσεις ζητούσαν από τους φοιτητές να πουν αν ήταν ικανοποιημένοι με τις καθοδηγούμενες σημειώσεις και ποια τα δυνατά και αδύνατα σημεία αυτών, καθώς και ό, τι άλλο οι φοιτητές ήθελαν να περιέχουν οι καθοδηγούμενες σημειώσεις. Το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε όλους τους φοιτητές της πειραματικής ομάδας στο τέλος του εισαγωγικού μαθήματος της φυσικής. Δέκα φοιτητές πέρασαν από συνέντευξη για να διευκρινίσουν τις απόψεις τους για τη χρήση των καθοδηγούμενων σημειώσεων.

Τα αποτελέσματα των μέσων βαθμολογιών από τα ερωτηματολόγια που δόθηκαν μετά τη χρήση των καθοδηγούμενων σημειώσεων για τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό έδειξαν ότι οι φοιτητές της πειραματικής ομάδας απέδωσαν καλύτερα. Για τη σύγκριση των επιδόσεων των φοιτητών σχετικά με τον ηλεκτρισμό και το μαγνητισμό μεταξύ των δύο ομάδων, αναλύθηκαν οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις ANOVA των επιδόσεων στα ερωτηματολόγια που δόθηκαν πριν και μετά τις διδασκαλίες οι οποίες έδειξαν ότι η λήψη καθοδηγούμενων σημειώσεων μπορεί να οδηγήσει τους φοιτητές στην καλύτερη εννοιολογική κατανόηση του ηλεκτρομαγνητισμού σε σχέση με την παρακολούθηση διαλέξεων χωρίς αυτές. Επίσης, μεγάλο μέρος των φοιτητών είχε θετική στάση απέναντι στις καθοδηγούμενες σημειώσεις και θεώρησε την παρουσία των κύριων ιδεών, των εικόνων, των διαγραμμάτων και των κενών χώρων ως τις πιο χρήσιμες μορφές καθοδηγούμενης σημείωσης.

Ο Sağlam (2010) στη μελέτη του προσπαθεί να διερευνήσει τη συμβολή της μεθόδου μάθησης που βασίζεται στο πρόβλημα [Problem-Based Learning (PBL)] σε βασικές ιδέες του ηλεκτρομαγνητισμού, τους προσανατολισμούς των κινήτρων και τις στρατηγικές μάθησης. Οι ερευνητικοί στόχοι της εργασίας ήταν:

- Να μελετηθεί πόσο σίγουροι ήταν οι φοιτητές που διδάχθηκαν με χρήση της μεθόδου PBL για τις γνώσεις τους στις θεμελιώδεις ιδέες του ηλεκτρομαγνητισμού.
- Να μελετηθεί ποιοι ήταν οι προσανατολισμοί των κινήτρων και οι στρατηγικές μάθησης που εφαρμόστηκαν με τη μέθοδο PBL σε φοιτητές Φυσικής.
- Να μελετηθεί η ύπαρξη ή μη σχέσης μεταξύ των επιδόσεων των φοιτητών που διδάχθηκαν με χρήση της μεθόδου PBL στον ηλεκτρομαγνητισμό με τον προσανατολισμό των κινήτρων και τις στρατηγικές μάθησης.

Το δείγμα της μελέτης αποτελούνταν από εβδομήντα οκτώ (είκοσι γυναίκες και πενήντα οκτώ άνδρες) πρωτοετείς φοιτητές Γεωλογίας και Γεωφυσικής στην Πολυτεχνική Σχολή ενός μεγάλου κρατικού πανεπιστημίου στη δυτική Τουρκία. Ήταν η μόνη Πολυτεχνική Σχολή που υιοθέτησε τη μέθοδο μάθησης που βασίζεται στο πρόβλημα σε πρόγραμμα σπουδών στην Τουρκία, οπότε οι φοιτητές γνώριζαν αυτό το εκπαιδευτικό μοντέλο, αλλά δεν το θεωρούσαν ιδιαίτερα αποτελεσματικό για το μάθημα της Φυσικής. Το αναλυτικό πρόγραμμα ενσωμάτωσε τη Χημεία, τα Μαθηματικά και τη Φυσική σε σενάρια δύο ή τριών εβδομάδων, εκ των οποίων τα σενάρια της τρίτης εβδομάδας αφορούσε τον ηλεκτρομαγνητισμό.

Η μελέτη περιελάμβανε δύο ερευνητικά εργαλεία, ένα για την αξιολόγηση της κατανόησης των φοιτητών για τον ηλεκτρομαγνητισμό και ένα άλλο για την αξιολόγηση του προσανατολισμού των κινήτρων των φοιτητών και τη χρήση διαφορετικών στρατηγικών μάθησης για τη Φυσική. Ο διαγνωστικός έλεγχος του μαγνητισμού πραγματοποιήθηκε μέσα από δεκαέξι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (πέντε δυνατών απαντήσεων) που βασίζονταν στην έρευνα για την εννοιολογική κατανόηση του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού (Maloney et al., 2001) και τη διαγνωστική δοκιμασία των φοιτητών στον ηλεκτρομαγνητισμό (Saglam & Millar, 2004). Συλλέχτηκαν πληροφορίες σχετικά με το βαθμό στον οποίο οι φοιτητές πίστευαν ότι η μέθοδος που βασίζεται στο πρόβλημα και το σενάριο που χρησιμοποιήθηκε ήταν αποτελεσματικά στη διδασκαλία του ηλεκτρομαγνητισμού, καθώς και κάποια δημογραφικά στοιχεία. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση του προσανατολισμού των κινήτρων των φοιτητών και τη χρήση διαφορετικών στρατηγικών μάθησης για τη Φυσική ήταν το Ερωτηματολόγιο Στρατηγικών Παρώθησης για Μάθηση (Pintrich, Smith, Garcia, & McKeachie, 1991). Το όργανο αυτό είναι ένα όργανο αυτοαναφοράς με κλίμακα Likert που αναπτύχθηκε για φοιτητές.

Σε γενικές γραμμές, πολλοί φοιτητές ήταν σίγουροι για μια λανθασμένη απάντηση. Η παρατήρηση αυτή σήμαινε ότι θα ήταν πολύ απίθανο αυτοί οι φοιτητές να αισθανθούν την ανάγκη να επανεξετάσουν την κατανόηση των βασικών ιδεών του ηλεκτρομαγνητισμού. Ως εκ τούτου, θα συνεχίσουν να επιμένουν σε λανθασμένες ιδέες σχετικά με τον ηλεκτρομαγνητισμό, σαν να ήταν οι σωστές. Για αυτούς τους φοιτητές θα ήταν πολύ δύσκολο να δεχτούν τις επιστημονικές ιδέες του ηλεκτρομαγνητισμού όταν έρθουν αντιμέτωποι με τα αποδεικτικά στοιχεία που δεν υποστηρίζουν τις αντιλήψεις τους.

Οι Kokkotas, Rizaki και Malamitsa (2010) διερεύνησαν την αφήγηση ως μια στρατηγική για την κατανόηση εννοιών ηλεκτρισμού και ηλεκτρομαγνητισμού. Στόχοι αυτής της μελέτης ήταν να διερευνήσουν: α) κατά πόσο οι μαθητές ήταν σε θέση να αναπτύξουν δεξιότητες έρευνας, όπως η εξερεύνηση υπόθεσης, σύνθεση, ερμηνεία και μεταγνωστικές δεξιότητες, όπως η κατανόηση της νέας γνώσης, ως αποτελέσματα της στρατηγικής της αφήγησης κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας των παραπάνω εννοιών και β) κατά πόσο οι μαθητές θα χρησιμοποιήσουν τις δεξιότητες και τις γνώσεις που απέκτησαν κατά τη διαδικασία της μάθησης για να εξηγήσουν φαινόμενα της καθημερινής ζωής ή εφαρμογές των Φυσικών Επιστημών.

Οι ερευνητές διεξήγαγαν έρευνα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της αφήγησης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε πέντε τάξεις έκτης δημοτικού σε σχολεία της Αθήνας, αποτελούμενες από είκοσι περίπου παιδιά η κάθε μία (σύνολο εκατό μαθητές). Η διδακτική τους παρέμβαση ενσωμάτωνε ιστορικές πτυχές, δηλαδή, μια αυθεντική ιστορία σχετική με το πείραμα του Oersted και μια ιστορία βασισμένη σε πραγματικά γεγονότα αναφορικά με την επίδραση του κεραυνού στις πυξίδες. Για τις ανάγκες της έρευνας σχεδιαστήκαν τέσσερα φύλλα εργασίας με σκοπό τη μετατροπή του θεωρητικού πλαισίου σε πρακτικές και νοητικές δραστηριότητες για τους μαθητές του δείγματος της έρευνας. Η αφήγηση χρησιμοποιήθηκε ως απαραίτητη διδακτική στρατηγική για να εμπλακούν οι μαθητές ενεργά μέσω της ομαδικής εργασίας, συνεργασίας, επιχειρηματολογίας, επίλυσης προβλημάτων και πρακτικής εργασίας. Η υλοποίηση της παρέμβασης βιντεοσκοπήθηκε και συλλέχθηκαν ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα. Από τα επεξεργασμένα βιντεοσκοπημένα δεδομένα, παρατηρήθηκε ότι όλοι σχεδόν οι μαθητές του δείγματος, αφού άκουσαν την ιστορία του πειράματος του Oersted, σχεδίασαν μια παρόμοια πειραματική διάταξη στις τάξεις τους, με μεγάλη ευκολία και χωρίς την καθοδήγηση του δασκάλου τους. Επιπλέον, από την ανάλυση των λόγων των μαθητών, που καταγράφηκαν όσο εργάζονταν σε ομάδες, διαπιστώθηκε ότι η εμπειρία της αφήγησης ήταν ισχυρή και εκπαιδευτική επειδή τους προσφέρθηκε η ευκαιρία να ελέγχουν την κατανόησή τους, μέσω συζήτησης και διαπραγμάτευσης. Τα ποσοτικά δεδομένα της παρέμβασης συγκεντρώθηκαν από τις απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του φύλλου εργασίας.

Ήταν εμφανές το γεγονός ότι οι μαθητές απολάμβαναν τη διαδικασία, καθιστώντας σαφές ότι η μάθησή τους είναι δική τους ευθύνη, ενώ ανέπτυξαν δεξιότητες, όπως τη διατύπωση υποθέσεων και προβλέψεων και το σχεδιασμό πειραματικών διατάξεων. Διαπιστώθηκε ότι η αφήγηση παρείχε μια οργανωτική δομή για τις γνώσεις και εμπειρίες στις τάξεις των Φυσικών Επιστημών που δεν ήταν μόνο ελκυστικές και αποτελεσματικές, αλλά και αυτοσυντηρούμενες επειδή μπόρεσαν να παρακινήσουν και να διευκολύνουν τη διδασκαλία και μάθηση των επιστημονικών εννοιών.

Η έρευνα των Michellini και Vercellati (2013) είχε ως στόχο τη διερεύνηση της επίδρασης ενός προγράμματος [Conceptual Laboratory of Operative Exploration (CLOE)] στην οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης και ερμηνείας μαγνητικών και ηλεκτρομαγνητικών φαινομένων από τους μαθητές.

Η συγκεκριμένη δράση πραγματοποιήθηκε με διακόσιους ένας μαθητές πρωτοβάθμιας και εκατόν δεκατέσσερις μαθητές των πρώτων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (6-13 ετών), στο πλαίσιο ενός προγράμματος μη τυπικής εκπαίδευσης [Giochi Esperimenti Idee (GEI)]. Στο πρώτο μέρος του εργαστηρίου CLOE, διερευνήθηκε η ερμηνευτική συλλογιστική των μαθητών του δημοτικού σχολείου σχετικά με τα φαινόμενα της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής μέσω των ημι-δομημένων συνεντεύξεων στο πλαίσιο μιας ειδικής μάθησης με βάση την έρευνα. Το πρωτόκολλο της συνέντευξης εστιάζεται σε συγκεκριμένους κόμβους μάθησης μιας πειραματικής κατάστασης όπου οι μαθητές εξερευνούν άμεσα, συζητώντας τα βασικά ερωτήματα που προτείνονται από τον ερευνητή. Στο δεύτερο μέρος του εργαστηρίου CLOE, προτάθηκε σε μαθητές των πρώτων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης η ανάλυση μιας διάταξης με ένα δομημένο τρόπο: (α) συνοπτική περιγραφή μέσω παρατήρησης, (β) εξέταση της διάταξης με επαφή καθώς και του τρόπου λειτουργίας αυτής και (γ) τη βελτίωση (ή τροποποίηση) της πρώτης περιγραφής.

Τα δεδομένα της έρευνας συλλέχθηκαν με χρήση εγγραφής ήχου και βίντεο από τις συζητήσεις (συνεντεύξεις μαθητών πρωτοβάθμιας) και τα προσωπικά φύλλα εργασίας των μαθητών για ό, τι αφορά την περιγραφή του τεχνουργήματος (μαθητές των πρώτων τάξεων της δευτεροβάθμιας). Ειδικότερα, η έρευνα που έγινε επικεντρώθηκε σε τρεις κύριες πτυχές: (α) πώς μια διερεύνηση θα μπορούσε να βοηθήσει τους μαθητές να εντοπίσουν και να οργανώσουν τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα, (β) πώς η εξερεύνηση και η σύγκριση μεταξύ των φαινομένων ήταν χρήσιμη για να βοηθήσει τους μαθητές στην ερμηνεία της διάταξης και (γ) πώς τα αποτελέσματα της έρευνας των μαθητών επαναχρησιμοποιήθηκαν από τους ίδιους για την ερμηνεία της διάταξης. Στο δεύτερο μέρος του εργαστηρίου CLOE, σχεδόν όλοι οι μαθητές (94%) ήταν να αναγνωρίζουν επακριβώς το τεχνούργημα ως έναν ηλεκτρικό φακό και το 38% από αυτούς έδωσε την εξήγηση ότι τα πηνία παράγουν ενέργεια (ή ρεύμα). Εστίασαν την προσοχή τους στις διαρθρωτικές ή τις λειτουργικές πτυχές των διαφορετικών μερών του τεχνουργήματος πριν και μετά την εξερεύνησή του.

Οι Zhou et al (2013) μελέτησαν τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για τον ηλεκτρομαγνητισμό στην εννοιολογική κατανόηση φοιτητών. Η διδακτική παρέμβαση είχε ως αναφορά τα προγράμματα σύνδεσης των Φυσικών Επιστημών με την Τεχνολογία και την Κοινωνία (Science, Technology and Society).

Σχεδιάστηκαν τρεις ομάδες δραστηριοτήτων για φοιτητές των Φυσικών Επιστημών και της Μηχανικής με σκοπό να διερευνήσουν ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. Προκειμένου να κινητοποιηθούν οι φοιτητές ώστε να συνειδητοποιήσουν την εφαρμογή των σχετικών ηλεκτρομαγνητικών αρχών και την ανάπτυξη δεξιοτήτων επιστημονικής έρευνας κατά τη διαδικασία διερεύνησης, εφαρμόστηκε μια ανακαλυπτική προσέγγιση όπου ο εκπαιδευτικός λειτουργούσε ως καθοδηγητής. Για να κατανοήσουν οι φοιτητές πώς η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλληλεπιδρά με την ύλη και το πώς οι Φυσικές Επιστήμες, η τεχνολογία και η κοινωνία (STS) αλληλεπιδρούν μεταξύ τους, αναπτύχθηκαν δραστηριότητες.

Για κάθε πειραματική έρευνα, υπήρχε ένα κύριο ερευνητικό ερώτημα που τέθηκε για να κινητοποιήσει τους φοιτητές να σκεφτούν. Στη συνέχεια, τους ζητήθηκε να ανταλλάξουν μεταξύ τους όσο το δυνατόν περισσότερες ιδέες σχετικά με το πώς να πραγματοποιήσουν την έρευνα. Πριν εκτελεστούν οι δραστηριότητες, δόθηκαν στους φοιτητές πιο λεπτομερείς ερωτήσεις ώστε να τους οδηγήσουν σε μια καταλληλότερη διερευνητική διαδικασία. Όταν οι φοιτητές ολοκλήρωσαν τις δραστηριότητες, μελέτησαν τα πειραματικά αποτελέσματα και τους ζητήθηκε να εξηγήσουν το φυσικό φαινόμενο με βάση τις αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού.

Οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση, που είχε ως αναφορά τα προγράμματα σύνδεσης των Φυσικών Επιστημών με την τεχνολογία και την κοινωνία, παρείχε τη δυνατότητα στους φοιτητές που συμμετείχαν να συνδέσουν τις αρχές του ηλεκτρομαγνητισμού με την τεχνολογία και να τις εφαρμόζουν σε καταστάσεις της καθημερινότητάς τους ξεπερνώντας τα στενά όρια της τάξης. Η ενασχόληση των φοιτητών με τις ομάδες δραστηριοτήτων τους έδωσε τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν οι ίδιοι έρευνα σχετικά με φαινόμενα ηλεκτρομαγνητισμού, να διατυπώσουν ερωτήσεις και να επεκτείνουν και να συνδέσουν την παρεχόμενη γνώση με τη ζωή τους.

Οι Grigore, Miron και Barna (2013) ασχολήθηκαν με το πώς θεμελιώδεις έννοιες του ηλεκτρομαγνητισμού θα μπορούσαν να διδαχθούν μέσα σε ένα εισαγωγικό μάθημα της Φυσικής σε προπτυχιακό επίπεδο με τη δημιουργία ενός εννοιολογικού χάρτη εστιασμένου στις εξισώσεις του Maxwell. Ο εννοιολογικός χάρτης για τη διδασκαλία των εξισώσεων του Maxwell ήταν κατασκευασμένος με τη βοήθεια ενός προγράμματος από το διαδίκτυο που επέτρεπε στους χρήστες να δημιουργούν εννοιολογικούς χάρτες στους υπολογιστές τους, να τους μοιράζονται με διακομιστές σε όλο το διαδίκτυο και να δημιουργούν συνδέσεις ανάμεσα στους χάρτες τους και σε χάρτες άλλων διακομιστών.

Το δίκτυο των εννοιών που ανήκουν στον χάρτη ήταν οργανωμένο με τέτοιο τρόπο, ώστε να είναι εύκολο να αφομοιωθούν οι έννοιες για τον ηλεκτρομαγνητισμό με την ένταξη τμημάτων γνώσεων της ηλεκτρικής ενέργειας και του μαγνητισμού. Οι ερευνητές κατέληξαν στο ότι ο εννοιολογικός χάρτης «Εξισώσεις του Maxwell» διευκόλυνε τη διδασκαλία εννοιών θεμελιώδους σημασίας για τον ηλεκτρομαγνητισμό. Εκτός από ένα καλά αναπτυγμένο δίκτυο εννοιών, έδωσε τη δυνατότητα για εξερεύνηση ορισμένων στοιχείων που συνδέουν τον ηλεκτρομαγνητισμό με άλλους τομείς των Φυσικών Επιστημών. Επιπλέον, υπογράμμισε κρίσιμες έννοιες από τη μαθηματική διανυσματική ανάλυση που ήταν απαραίτητες για την προσέγγιση του ηλεκτρομαγνητισμού στο επίπεδο ενός εισαγωγικού μαθήματος των Φυσικών Επιστημών.

3.4. Συζήτηση – Πρωτοτυπία εργασίας

Σχετικά με την εννοιολογική περιοχή του ηλεκτρομαγνητισμού, μολονότι έχουν διερευνηθεί οι αντιλήψεις των μαθητών για μεμονωμένα θέματά του (Selman et al., 1982; Anderson, 1985; Barrow, 1987; Galili, 1995; Raduta, 2005; Κυριτσόπουλος, 2010; Smail & Rowe, 2012), είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που αφορά στη διδακτική αντιμετώπιση αυτών των αντιλήψεων των μαθητών

(Dori & Belcher, 2005; Koliopoulos, Dossis & Stamoulis, 2007; Narjaikaew, Emarat & Cowie, 2009; Sağlam, 2010; Kokkotas, Rizaki & Malamitsa, 2010; Grigore, Miron & Barna, 2013; Michelini & Vercellati, 2013; Zhou & Yeung, 2013). Επιπλέον, η έρευνα αυτή εστιάζεται σε ορισμένες μόνο πτυχές του ηλεκτρομαγνητισμού (π.χ. μαγνητικό πεδίο παράλληλων ρευματοφόρων αγωγών, η έννοια «πεδίο» στον ηλεκτρομαγνητισμό, παράγωγή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου από ηλεκτρικά κυκλώματα, καθορισμός διεύθυνσης του πεδίου) και σε μαθητές της δευτεροβάθμιας και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Galili, 1995; Raduta, 2005; Smaill & Rowe, 2012; Grigore, Miron & Barna, 2013). Επιπρόσθετα, απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν την ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές κατά τη διδασκαλία των ηλεκτρομαγνητών. Συνεπώς, είναι φανερό ότι απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν την επίδραση διδασκαλιών που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην εξέλιξη των αντιλήψεων και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες. Επιπλέον, απουσιάζουν έρευνες που να συγκρίνουν τα μαθησιακά αποτελέσματα μιας διδασκαλίας που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου με εκείνα μιας διδακτικής παρέμβασης, η οποία βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση με χρήση επιστημονικών πρακτικών.

Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης έρευνας που να εστιάζει στη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης στη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών του δημοτικού σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες καθώς και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών των μαθητών.

Η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας έγκειται στο ότι αυτή μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες βασισμένης στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών τόσο στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών του δημοτικού σχολείου όσο και στην ανάπτυξη των επιστημονικών πρακτικών, ζητήματα για τα οποία δεν υπήρχαν ερευνητικά δεδομένα. Επιπλέον, πρωτοτυπία αποτελεί και το ότι στην εργασία αυτή συγκρίνονται τα μαθησιακά αποτελέσματα των διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση με τα αποτελέσματα των διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου.

3.5. Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιήθηκε η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τα ηλεκτρικά κυκλώματα, το μαγνητισμό και τον ηλεκτρομαγνητισμό καθώς και έρευνες που αφορούν σε διδακτικές παρεμβάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί για τον ηλεκτρομαγνητισμό. Τέλος, παρουσιάστηκε η συζήτηση των ερευνητικών αποτελεσμάτων της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και αναδείχθηκε η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την περιγραφή της μεθοδολογίας που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία. Αποτελείται από έξι ενότητες. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται οι συμμετέχοντες της έρευνας (βλ. ενότητα 4.2). Στη δεύτερη ενότητα περιγράφονται οι φάσεις της ερευνητικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε (βλ. ενότητα 4.3). Στην τρίτη ενότητα αναφέρονται τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα (βλ. ενότητα 4.4). Στην τέταρτη ενότητα αναλύεται το διδακτικό υλικό που συγκροτήθηκε (ενότητα 4.5). Στην πέμπτη ενότητα παρουσιάζεται η μέθοδος συλλογής των δεδομένων (βλ. ενότητα 4.6). Στην έκτη ενότητα περιγράφεται η μέθοδος ανάλυσης των δεδομένων της έρευνας (βλ. ενότητα 4.7).

4.2. Συμμετέχοντες

Στην παρούσα έρευνα το δείγμα της αποτέλεσαν συνολικά τριάντα επτά μαθητές (είκοσι ένα αγόρια, δεκαέξι κορίτσια) που φοιτούσαν στην Στ' Τάξη του Δημοτικού σε δύο δημοτικά σχολεία. Ειδικότερα, συμμετείχαν δεκαεννιά μαθητές (δέκα αγόρια, εννιά κορίτσια) της Στ' τάξης του 2^{ου} Δημοτικού Σχολείου Αρχαγγέλου Ρόδου, οι οποίοι αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα, και δεκαοχτώ μαθητές (έντεκα αγόρια, επτά κορίτσια) του Δημοτικού Σχολείου Μαριτσών Ρόδου, οι οποίοι αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου, στην οποία εφαρμόστηκε το διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου. Η ηλικία των μαθητών ήταν κατά μέσο όρο έντεκα ετών με μεσαίο έως χαμηλό κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη την επαγγελματική και οικονομική κατάσταση των γονέων.

Εξετάζοντας τους μαθητές της Στ' τάξης του 2^{ου} Δημοτικού Σχολείου Αρχαγγέλου από τους δεκαεννιά μαθητές, οι δεκαπέντε είχαν ελληνική υπηκοότητα και οι τέσσερις είχαν αλβανική. Όσον αφορά στη σχολική επίδοση των μαθητών στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών, επτά μαθητές είχαν υψηλή επίδοση, τέσσερις είχαν μεσαία επίδοση και οι υπόλοιποι είχαν χαμηλή επίδοση.

Το συγκριτικό δείγμα της έρευνας (ομάδα ελέγχου) αποτελούσαν οι μαθητές της Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου Μαριτσών. Και οι δεκαοχτώ μαθητές είχαν ελληνική υπηκοότητα. Όσον αφορά στη σχολική επίδοση των μαθητών στο μάθημα των Φυσικών Επιστημών, τρεις μαθητές είχαν υψηλή επίδοση, επτά μαθητές είχαν μεσαία επίδοση και οι υπόλοιποι μαθητές είχαν χαμηλή επίδοση. Επιπλέον, στην τάξη φοιτούσαν πέντε μαθητές, ο ένας εκ των οποίων διαγνώστηκε για βαριά μορφής δυσλεξία και οι υπόλοιποι τέσσερις διαγνώστηκαν για μαθησιακές δυσκολίες από το Κέντρο Διάγνωσης Διαφοροδιάγνωσης και Υποστήριξης (ΚΕΔΔΥ) Ρόδου.

Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι πριν την υλοποίηση της έρευνας κανένας μαθητής δεν είχε διδαχθεί το κεφάλαιο της εννοιολογικής περιοχής του ηλεκτρομαγνητισμού.

4.3. Ερευνητική διαδικασία

Σε πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο και το διδακτικό υλικό. Το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε δύο μέρη: το πρώτο μέρος διερευνούσε τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις μαγνητικές ιδιότητες των αγωγών που διαρρέονται από ηλεκτρικό ρεύμα και τους ηλεκτρομαγνήτες και το δεύτερο μέρος εξέταζε τις επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Επίσης, συγκροτήθηκε διδακτικό υλικό για τη διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων για τη συγκεκριμένη εννοιολογική περιοχή (ηλεκτρομαγνήτες) και την ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από τους μαθητές.

Σε δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε η συμπλήρωση του ίδιου ερωτηματολογίου από τους μαθητές των Δημοτικών Σχολείων Αρχαγγέλου και Μαριτσών Ρόδου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις, και η εφαρμογή του διδακτικού υλικού. Στο Δημοτικό Σχολείο Αρχαγγέλου το διδακτικό υλικό εφαρμόστηκε από την ερευνήτρια-εκπαιδευτικό ενώ στο Δημοτικό Σχολείο Μαριτσών από την εκπαιδευτικό της τάξης.

Αρχικά, πριν τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου και την εφαρμογή του διδακτικού υλικού στους μαθητές, η ερευνήτρια-εκπαιδευτικός και η εκπαιδευτικός έκαναν τις απαραίτητες συστάσεις στους μαθητές και εξήγησαν αναλυτικά τη διαδικασία της έρευνας. Οι μαθητές και στα δύο σχολεία ήταν ήδη χωρισμένοι σε ομάδες. Η διαδικασία συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου έγινε στις σχολικές τάξεις των δύο δημοτικών σχολείων υπό την παρουσία της ερευνήτριας-εκπαιδευτικού και της εκπαιδευτικού, αντίστοιχα, οι οποίες έδωσαν τις απαραίτητες οδηγίες για τη συμπλήρωση τους και τόνισαν στους μαθητές ότι δε θα αξιολογούνταν για τις απαντήσεις που θα έδιναν με σκοπό να εκφράσουν ελεύθερα τις απόψεις τους. Η συμπλήρωση των ερωτηματολογίων από τους μαθητές έγινε μία μέρα πριν την εφαρμογή του διδακτικού υλικού και διήρκεσε περίπου μία διδακτική ώρα και στις δύο τάξεις.

Στο Δημοτικό Σχολείο Μαριτσών, μετά τη συμπλήρωση του αρχικού ερωτηματολογίου, η εκπαιδευτικός εφάρμοσε μια διδακτική παρέμβαση που ήταν βασισμένη στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου για τους ηλεκτρομαγνήτες. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι η συγκεκριμένη τάξη διέθετε διαδραστικό πίνακα όπου γινόταν επίδειξη όσων πειραματικών δραστηριοτήτων δεν μπορούσαν να πραγματοποιηθούν στην τάξη.

Στο Δημοτικό Σχολείο Αρχαγγέλου, η ερευνήτρια-εκπαιδευτικός, μετά τη συμπλήρωση του αρχικού ερωτηματολογίου από τους μαθητές, πραγματοποίησε ένα εισαγωγικό μάθημα που αφορούσε στο ηλεκτρικό ρεύμα και τη συνδεσμολογία ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος καθώς επίσης και στους μαγνήτες. Αμέσως μετά, ακολούθησε η εφαρμογή του διδακτικού υλικού που σχεδιάστηκε για την παρούσα εργασία. Το συγκεκριμένο διδακτικό υλικό εφαρμόστηκε σε δεκαεννέα μαθητές της Στ' τάξης Δημοτικού. Η εφαρμογή του διδακτικού υλικού διήρκεσε περίπου δώδεκα ημέρες (Δεκέμβριος 2015).

Αμέσως μετά την ολοκλήρωση της εφαρμογής του διδακτικού υλικού, και στα δύο Δημοτικά Σχολεία, μοιράστηκε εκ νέου στους μαθητές το ίδιο ερωτηματολόγιο, με την ίδια ακριβώς δομή με το αρχικό.

Σε τρίτη φάση, αφού ολοκληρώθηκε η συλλογή των δεδομένων από τη συμπλήρωση των ερωτηματολογίων (αρχικά – τελικά ερωτηματολόγια) και την εφαρμογή του διδακτικού υλικού, πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των δεδομένων.

4.4. Ερευνητικά εργαλεία

Η ενότητα αυτή αποτελείται από τρεις υποενότητες. Στην πρώτη υποενότητα αιτιολογείται η επιλογή του ερωτηματολογίου ως εργαλείου συλλογής των δεδομένων (βλ. υποενότητα 4.4.1). Στη δεύτερη υποενότητα περιγράφεται η συγκρότηση του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για την ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες, τις επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από τους μαθητές (βλ. υποενότητα 4.4.2). Στην τρίτη υποενότητα περιγράφονται αναλυτικά οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (βλ. υποενότητα 4.4.3).

4.4.1. Η επιλογή του ερωτηματολογίου

Ο εντοπισμός των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες καθώς και της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων έγινε με τη μορφή ερωτηματολογίου. Το ερωτηματολόγιο είναι ένα ευρέως γνωστό και χρήσιμο ερευνητικό εργαλείο για τη συλλογή δεδομένων όπου τα υποκείμενα της έρευνας καλούνται να απαντήσουν γραπτώς σε μια σειρά από προσχεδιασμένες ερωτήσεις για κάποιο θέμα (Cohen & Manion, 1997; Cohen, Manion & Morrison, 2000). Επί πλέον, ένα αρκετά οικονομικό ερευνητικό μέσο και θεωρείται αξιόπιστο επειδή ενθαρρύνει μια πιο ειλικρινή έκφραση των σκέψεων των μαθητών, εξαιτίας της ανωνυμίας που προσφέρει, ενέχει λιγότερες πηγές σφάλματος και με τη χρήση του επιτυγχάνεται η καταγραφή πολλών παρατηρήσεων και πληροφοριών σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (Cohen & Manion, 1997).

4.4.2. Η συγκρότηση του ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας αποτελείτο από δύο μέρη.

Το πρώτο μέρος (ερωτήσεις 1 έως 5) αφορούσε την ανάδειξη και μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες, συνδυάζοντας ερωτήσεις διαφορετικού τύπου (κλειστού - ανοιχτού τύπου, σχεδίαση). Συγκεκριμένα, η ερώτηση 1 ήταν ανοιχτού τύπου ενώ η ερώτηση 2 ζητούσε από τους μαθητές να σχεδιάσουν. Η ερώτηση 3 αποτελείτο από δύο σκέλη: στο πρώτο σκέλος οι μαθητές καλούνταν να επιλέξουν μία και μοναδική σωστή απάντηση μέσα από μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής (κλειστού τύπου), ενώ στο δεύτερο σκέλος οι μαθητές έπρεπε να δικαιολογήσουν την απάντησή τους (ανοιχτού τύπου), ώστε να αποφευχθεί η περίπτωση της τυχαίας επιλογής. Στις

ερωτήσεις 4 και 5 οι μαθητές καλούνταν να επιλέξουν μία και μοναδική σωστή απάντηση μέσα από μια σειρά πολλαπλών απαντήσεων (κλειστού τύπου). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ερωτήσεις 4 και 5 συνοδεύονταν από μια βοηθητική εικόνα, ενώ η λεκτική διατύπωση των ερωτήσεων ήταν όσο το δυνατόν απλούστερη χωρίς δυσνόητους επιστημονικούς όρους. Οι παραπάνω πέντε ερωτήσεις αφορούσαν στην ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με: (α) την έννοια του ηλεκτρομαγνήτη, (β) αν μπορεί να μεταβληθεί η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη και (γ) αν ένας ρευματοφόρος αγωγός, ευθύγραμμος και σπειροειδής, έχει μαγνητικές ιδιότητες.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά την έννοια του ηλεκτρομαγνήτη συγκροτήθηκαν οι ερωτήσεις 1 και 2 όπου οι μαθητές καλούνταν να τον περιγράψουν και να τον σχεδιάσουν. Έπειτα, σχετικά με το αν μπορεί να μεταβληθεί η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη συγκροτήθηκε η ερώτηση 3 η οποία ζητούσε από τους μαθητές να απαντήσουν θετικά ή αρνητικά και να δικαιολογήσουν την απάντησή τους. Τέλος, σχετικά με τις μαγνητικές ιδιότητες ενός ρευματοφόρου αγωγού (ευθύγραμμου και σπειροειδούς) συγκροτήθηκαν οι ερωτήσεις 4 και 5, στις οποίες οι μαθητές καλούνταν να επιλέξουν την απάντηση που θεωρούσαν σωστή.

Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται τα ζητήματα προς διερεύνηση σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες, οι αντιλήψεις των μαθητών και οι αντίστοιχες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

Πίνακας 4.1 Τα ζητήματα προς διερεύνηση, οι πιθανές αντιλήψεις των μαθητών και οι αντίστοιχες ερωτήσεις του ερωτηματολογίου

Ζήτημα προς διερεύνηση	Πιθανές αντιλήψεις μαθητών	Ερωτήσεις
Έννοια του ηλεκτρομαγνήτη		1 και 2
Μεταβολή της δύναμης έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη	Ένας ηλεκτρομαγνήτης δεν μπορεί να γίνει πιο ισχυρός.	3
Μαγνητικές ιδιότητες ρευματοφόρου αγωγού	Ένας αγωγός (ευθύγραμμος και σπειροειδής) που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες.	4 και 5

Το δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου (ερωτήσεις 6 έως 14) αφορούσε στη μελέτη των επιστημονικών πρακτικών για σχεδίαση και πραγματοποίησης έρευνας και ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από τους μαθητές. Οι ερωτήσεις ήταν ανοιχτού τύπου και συνοδεύονταν από ένα εισαγωγικό κείμενο, το οποίο οι μαθητές καλούνταν να διαβάσουν και να απαντήσουν. Τα ερωτήματα συγκροτήθηκαν με βάση τις ακόλουθες επιστημονικές πρακτικές: (α) διατύπωση επιστημονικών ερωτημάτων (ερώτηση 6), (β) έλεγχος των μεταβλητών (ερωτήσεις 8, 9, 10), (γ) επινόηση πειραμάτων (ερώτηση 11), (δ) δημιουργία πίνακα για τη συλλογή και σύνοψη δεδομένων (ερώτηση 12), (ε) εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων (ερώτηση 13) και (στ) αναγνώριση τάσης (εξαγωγή συμπεράσματος) από πίνακα δεδομένων (ερώτηση 14).

Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι αντιστοιχίες των παραπάνω επιστημονικών πρακτικών και ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων με τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου.

Πίνακας 4.2 Επιστημονικές πρακτικές και αντίστοιχες ερωτήσεις

Επιστημονικές πρακτικές	Ερωτήσεις
Διατύπωση επιστημονικών ερωτημάτων	6
Διατύπωση υπόθεσης	7
Αναγνώριση ανεξάρτητης μεταβλητής	8
Αναγνώριση μεταβλητών ελέγχου	9
Αναγνώριση εξαρτημένης μεταβλητής	10
Περιγραφή πειράματος	11
Δημιουργία πίνακα για τη συλλογή και σύνοψη δεδομένων	12
Εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων	13
Αναγνώριση τάσης (εξαγωγή συμπεράσματος) από πίνακα δεδομένων	14

Η κατασκευή του ερωτηματολογίου ολοκληρώθηκε σε δύο φάσεις. Αρχικά το ερωτηματολόγιο δόθηκε ατομικά σε 4-5 μαθητές Στ' τάξης (όχι σε αυτούς που συμμετείχαν στην έρευνα), ώστε να αξιολογηθεί η αναγνωσιμότητά του και αν υπήρχαν σημεία που οι μαθητές δεν μπορούσαν να καταλάβουν. Επίσης δόθηκε σε εκπαιδευτικούς ώστε να ελεγχθεί για τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Σύμφωνα με αυτές τις παρατηρήσεις, έγιναν διορθώσεις και το ερωτηματολόγιο πήρε την τελική του μορφή.

4.4.3. Το ερωτηματολόγιο

Στη συνέχεια περιγράφονται οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (βλ. Παράστημα) καθώς και ο στόχος της κάθε ερώτησης:

Ερώτηση 1: Οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν σε ένα φίλο τους, όσο πιο αναλυτικά μπορούν, τι είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για το τι είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης.

Ερώτηση 2: Οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν έναν ηλεκτρομαγνήτη και, στη συνέχεια, να ονομάσουν τα μέρη του. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για το πώς είναι σχηματικά ένας ηλεκτρομαγνήτης και από ποια συστατικά στοιχεία συντίθεται.

Ερώτηση 3: Οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν αν ένας ηλεκτρομαγνήτης μπορεί να γίνει πιο ισχυρός ή όχι. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για το αν η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί και, στη συνέχεια, να δικαιολογήσουν την επιλογή τους.

Ερώτηση 4: Οι μαθητές καλούνται να βοηθήσουν τρία παιδιά τα οποία διαφωνούν για το πότε ένα ευθύγραμμο καλώδιο έχει μαγνητικές ιδιότητες (δηλαδή μπορεί να συμπεριφερθεί σαν μαγνήτης). Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν μία από τις τέσσερις απαντήσεις. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να

διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για το αν ένας ευθύγραμμος αγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες.

Ερώτηση 5: Οι μαθητές καλούνται να βοηθήσουν τρία παιδιά τα οποία διαφωνούν για το αν σπειροειδές καλώδιο έχει μαγνητικές ιδιότητες (δηλαδή μπορεί να συμπεριφερθεί σαν μαγνήτης) και πόσο έντονες είναι αυτές σε σχέση με εκείνες του ευθύγραμμου καλωδίου που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν μία από τις τέσσερις απαντήσεις. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών για το αν ένας σπειροειδής αγωγός που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες και εάν αυτές είναι εντονότερες από εκείνες του ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού.

Οι ερωτήσεις 6-11 επιδιώκουν να διερευνήσουν τις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας εστιάζοντας (α) στη διατύπωση επιστημονικών ερωτημάτων (ερώτηση 6), (β) στη διατύπωση υποθέσεων (ερώτηση 7), (γ) στον έλεγχο των μεταβλητών (ερωτήσεις 8, 9, 10) και (δ) στην επινόηση πειραμάτων (ερώτηση 11). Ειδικότερα, οι μαθητές καλούνται, διαβάζοντας ένα εισαγωγικό κείμενο, να βοηθήσουν δυο παιδιά που κατασκεύασαν έναν ηλεκτρομαγνήτη και διαφωνούν μεταξύ τους γιατί το ένα υποστηρίζει ότι μπορούν να τον κάνουν πιο ισχυρό, ώστε να έλκει περισσότερες πινέζες, χρησιμοποιώντας περισσότερες μπαταρίες ενώ το άλλο πιστεύει ότι κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί διότι θεωρεί ότι ένας ηλεκτρομαγνήτης δεν μπορεί να γίνει πιο ισχυρός.

Ερώτηση 6: Οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα που προκύπτει από την έρευνα που θα κάνουν τα δύο παιδιά της ιστορίας. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει την επιστημονική πρακτική των μαθητών που αφορά στη διατύπωση επιστημονικών ερωτημάτων.

Ερώτηση 7: Οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν τη δική τους υπόθεση. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει την επιστημονική πρακτική των μαθητών που αφορά στη διατύπωση υποθέσεων.

Ερώτηση 8: Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν ποιος παράγοντας θα πρέπει να μεταβληθεί στη συγκεκριμένη διερεύνηση. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει την επιστημονική πρακτική των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας.

Ερώτηση 9: Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν ποιοι παράγοντες θα πρέπει να παραμείνουν σταθεροί στη συγκεκριμένη διερεύνηση. Στόχος της συγκεκριμένης ερώτησης είναι οι μαθητές να εντοπίσουν τις μεταβλητές που θα κρατηθούν σταθερές στην έρευνα.

Ερώτηση 10: Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν ποιος παράγοντας θα μετρηθεί στη συγκεκριμένη διερεύνηση. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει τις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής της έρευνας.

Ερώτηση 11: Οι μαθητές καλούνται να περιγράψουν, όσο πιο αναλυτικά μπορούν, μια πειραματική διαδικασία η οποία αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη διερεύνηση. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει την επιστημονική πρακτική των μαθητών που αφορά στην επινόηση πειραμάτων.

Για την ερώτηση 12 δίνεται στους μαθητές το εξής κείμενο:

«Ο Γιώργος, η Μαρία και η Άννα είχαν ποτήρια με ίδια ποσότητα νερού, διαφορετικών θερμοκρασιών. Το νερό του Γιώργου είχε θερμοκρασία 20°C, της Μαρίας 40°C και της Άννας 100°C. Ύστερα από μετρήσεις τα παιδιά βρήκαν ότι ένα κουταλάκι ζάχαρης έκανε 26 δευτερόλεπτα να διαλυθεί στο δοχείο του Γιώργου, 16 δευτερόλεπτα στο δοχείο της Μαρίας και 6 δευτερόλεπτα στο δοχείο της Άννας».

Ερώτηση 12: Οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν έναν πίνακα, με βάση τις παραπάνω μετρήσεις. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει την επιστημονική πρακτική των μαθητών που αφορά στη δημιουργία πίνακα για τη συλλογή και σύνοψη δεδομένων.

Για τις ερωτήσεις 13 και 14, δίνεται στους μαθητές ένας πίνακας με μετρήσεις που αφορούν το χρόνο εξάτμισης διαφορετικών ποσοτήτων νερού.

Ερώτηση 13: Με βάση τα δεδομένα του πίνακα, οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε πόσα λεπτά εξατμίζονται τα 3 γραμμάρια νερού. Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει την επιστημονική πρακτική των μαθητών που αφορά στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων.

Ερώτηση 14: Με βάση τα δεδομένα του πίνακα, οι μαθητές καλούνται να διαπιστώσουν την τάση από τα δεδομένα ενός πίνακα (να διατυπώσουν ένα συμπέρασμα). Η ερώτηση αυτή επιδιώκει να διερευνήσει την επιστημονική πρακτική των μαθητών που αφορά στην αναγνώριση τάσης (εξαγωγή συμπεράσματος) από πίνακα δεδομένων.

4.5. Το διδακτικό υλικό για τους ηλεκτρομαγνήτες

Η ενότητα αυτή αποτελείται από δύο υποενότητες. Η πρώτη υποενότητα εστιάζεται στη διαδικασία συγκρότησης του διδακτικού υλικού (βλ. υποενότητα 4.5.1). Στη δεύτερη υποενότητα γίνεται περιγραφή των δραστηριοτήτων του διδακτικού υλικού (βλ. υποενότητα 4.5.2).

4.5.1. Η συγκρότηση του διδακτικού υλικού

Το διδακτικό υλικό για την τροποποίηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες σχεδιάστηκε από την ερευνήτρια για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας.

Μια αρχική εκδοχή του, δόθηκε σε τρεις εκπαιδευτικούς και σε δύο ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ώστε να ελεγχθεί για τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Σύμφωνα με αυτές τις παρατηρήσεις, έγιναν διορθώσεις κι έτσι το διδακτικό υλικό πήρε την τελική του μορφή.

Η συγκρότηση του διδακτικού υλικού βασίστηκε στο εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006) για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Συγκροτήθηκαν δύο φύλλα εργασίας των οποίων τα προβλήματα ακολουθούσαν τις πέντε φάσεις του εκπαιδευτικού μοντέλου 5E (Bybee et al., 2006). Οι φάσεις αυτές είναι οι εξής: Ενεργοποίηση (Engagement), Διερεύνηση (Exploration), Ερμηνεία (Explanation), Επεξεργασία/Εφαρμογή (Elaboration), Αξιολόγηση (Evaluation).

Ενεργοποίηση

Η φάση αυτή επιδιώκει να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών, να αναδείξει τις αρχικές τους αντιλήψεις και να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές τις μεταξύ τους διαφορές. Στη φάση αυτή οι μαθητές αρχικά παρατηρούν μια εικόνα ή ένα βίντεο και απαντούν σε κάποιες εισαγωγικές ερωτήσεις με σκοπό, μέσα από τη συζήτηση με την ολομέλεια της τάξης, να κινηθεί το ενδιαφέρον τους και να προσανατολιστούν στη θεματική των δραστηριοτήτων που θα ακολουθήσουν. Στη συνέχεια, οι μαθητές, που είναι χωρισμένοι σε ομάδες, αρχικά εργάζονται ατομικά προκειμένου να απαντήσουν στο πρόβλημα που τους δίνεται και στη συνέχεια συζητούν τις απαντήσεις τους με τα μέλη της ομάδας τους. Με τον τρόπο αυτό καταγράφονται οι αντιλήψεις της κάθε ομάδας στα φύλλα εργασίας, οι οποίες και ανακοινώνονται στο σύνολο της τάξης. Οι μαθητές με τη βοήθεια της εκπαιδευτικού-ερευνητριας διατυπώνουν το ερευνητικό ερώτημα.

Σχεδίαση της έρευνας

- Τι πρόκειται να ερευνήσεις;
- Ποια είναι η άποψή σου;
- Τι θα αλλάξεις στην έρευνα που θα κάνεις;
- Τι δεν θα αλλάξεις στην έρευνα που θα κάνεις;
- Τι θα μετρήσεις;

Πραγματοποίηση έρευνας

- Τι θα χρειαστείς για την έρευνα που θα πραγματοποιήσεις;
- Τι θα κάνεις;
- Να παρουσιάσεις τα αποτελέσματα σε έναν πίνακα.

Διαπιστώσεις

- Τι βρήκες;
- Αυτό που βρήκες συμφωνεί με την αρχική σου άποψη;
- Ήταν αυτό που περίμενες;
- Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγεις μετά την έρευνα που πραγματοποίησες;

Σχήμα 4.1: Απόσπασμα από το φύλλο εργασίας του μαθητή που αφορά στη διαδικασία σχεδίασης και πραγματοποίησης έρευνας.

Διερεύνηση

Στη φάση αυτή, βασική επιδίωξη είναι οι μαθητές να καταστούν ικανοί να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν έρευνα, με σκοπό να απαντήσουν στα ερευνητικά ερωτήματα που διατύπωσαν στην προηγούμενη φάση. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα για την έρευνα που θα πραγματοποιήσουν και να διατυπώσουν τη δική τους υπόθεση. Στη συνέχεια, καλούνται να ελέγξουν τις μεταβλητές. Ειδικότερα, οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν ποιος παράγοντας θα πρέπει να μεταβληθεί, ποιοι παράγοντες θα πρέπει να παραμείνουν σταθεροί και ποιος παράγοντας θα μετρηθεί για τη συγκεκριμένη διερεύνηση. Τέλος, οι μαθητές καλούνται να

περιγράψουν, όσο πιο αναλυτικά μπορούν, μια πειραματική διαδικασία η οποία αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη διερεύνηση.

Οι μαθητές κάθε ομάδας καταγράφουν τι θα κάνουν για να διερευνήσουν το ερευνητικό ερώτημα που έθεσαν καθώς και τα υλικά που θα χρειαστούν. Έπειτα, προχωρούν στην πραγματοποίηση της έρευνας και καταγράφουν τα ευρήματά τους σε πίνακα ώστε να αναγνωρίσουν τις τάσεις στα δεδομένα. Τέλος, συγκρίνουν τα αποτελέσματα της έρευνας με τις αρχικές τους αντιλήψεις (Σχήμα 4.1).

Ερμηνεία

Στη φάση αυτή επιδιώκεται, οι μαθητές να ασχοληθούν με την επεξεργασία των δεδομένων με σκοπό να εξάγουν από αυτά συμπεράσματα. Εδώ οι μαθητές προσπαθούν να συγκροτήσουν τεκμηριωμένες εξηγήσεις, βασισμένες στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν και σε συλλογισμούς.

Επεξεργασία/Εφαρμογή

Μέσω της φάσης αυτής επιδιώκεται η εφαρμογή της νέας γνώσης σε νέα προβλήματα. Οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν τις νεοαποκτηθείσες γνώσεις τους σε προβλήματα διαφορετικού πλαισίου από εκείνα που είχαν ασχοληθεί στην αρχή της διδασκαλίας.

Αξιολόγηση

Στη φάση αυτή, οι μαθητές αναστοχάζονται την όλη διαδικασία της μάθησης, μέσα από την εκ νέου ατομική ενασχόλησή τους με το αρχικό πρόβλημα, συγκρίνοντας τις αρχικές με τις νέες αντιλήψεις τους και απαντούν σε ερωτήσεις για το τι τους βοήθησε να αλλάξουν άποψη.

4.5.2. Οι δραστηριότητες του διδακτικού υλικού για τους ηλεκτρομαγνήτες

Στην υποενότητα αυτή περιγράφονται αναλυτικά οι δραστηριότητες των φύλλων εργασίας του διδακτικού υλικού χωρισμένες στις φάσεις του εκπαιδευτικού μοντέλου 5E (Bybee et al., 2006).

Φύλλο Εργασίας 1

Αντίληψη προς επεξεργασία:

Όταν ένα καλώδιο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει/δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες.

Επιδιωκόμενος στόχος:

Όταν ένα καλώδιο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες.

Περιγραφή Δραστηριοτήτων

Φάση 1: Ενεργοποίηση

Μοιράζεται στους μαθητές το Φύλλο Εργασίας 1, όπου καλούνται να απαντήσουν στην ερώτηση 1. Η ερώτηση αυτή ζητά από τους μαθητές να προβλέψουν τι θα συμβεί στη μαγνητική βελόνα της πυξίδας, αν συνδεθούν οι άκρες ενός ευθύγραμμου καλωδίου (σχετική εικόνα) με τους πόλους της μπαταρίας (βλ. ΦΕ1, Πρόβλημα 1). Οι μαθητές απαντούν ατομικά στην ερώτηση. Έπειτα τους ζητείται να δικαιολογήσουν γραπτά την απάντησή τους και να κατασκευάσουν ένα σχέδιο που να

αποτυπώνει την άποψή τους. Ζητείται λοιπόν να κατασκευάσουν ένα αρχικό μοντέλο το οποίο αποτυπώνει την αντίληψή των μαθητών για την επίδραση ενός ευθύγραμμου καλωδίου (αγωγού) που διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα σε μια μαγνητική βελόνα. Στη συνέχεια ακολουθεί συζήτηση με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας με σκοπό τον εντοπισμό ομοιοτήτων και διαφορών ανάμεσα στις απαντήσεις. Ακολουθεί συζήτηση σε επίπεδο τάξης και τέλος καταλήγουν σε ένα ερευνητικό ερώτημα το οποίο θα διερευνήσουν ανά ομάδες (ενδεικτικά: «Το ηλεκτρικό ρεύμα επηρεάζει τους μαγνήτες;»).

Φάση 2: Διερεύνηση

Αφού γίνει διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος, η κάθε ομάδα προχωρά στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας. Αρχικά, οι μαθητές καταγράφουν αναλυτικά την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν καθώς και τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουν με σκοπό να εξετάσουν αν η μαγνητική βελόνα της πυξίδας θα αποκλίνει από την αρχική της θέση όταν το ευθύγραμμο καλώδιο συνδεθεί με τους δύο πόλους της μπαταρίας. Στη συνέχεια καταγράφουν τα πειραματικά ευρήματα και τα συγκρίνουν με τις αρχικές τους προβλέψεις.

Φάση 3: Ερμηνεία

Οι μαθητές καλούνται να καταγράψουν αν τα ευρήματα ήταν αυτά που περίμεναν και προσπαθούν να εξηγήσουν γιατί συνέβη αυτό που παρατήρησαν κατά την πραγματοποίηση του πειράματος.

Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να επεξεργαστούν το πείραμα του Δανού φυσικού Hans Christian Oersted (βλ. ΦΕ1, Πρόβλημα 2) συγκρίνοντας τη εξήγηση που έδωσαν με εκείνη του Δανού φυσικού, εντοπίζοντας ομοιότητες και διαφορές. Επιπλέον τους ζητείται να καταγράψουν τυχόν δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας και να διατυπώσουν μια δική τους πρόταση για περαιτέρω έρευνα πάνω στο ζήτημα.

Φάση 4: Επεξεργασία/Εφαρμογή

Οι μαθητές, στο σημείο αυτό, καλούνται να επεξεργαστούν ένα διαφορετικού είδους πρόβλημα (βλ. ΦΕ1, Πρόβλημα 3), σύμφωνα με το οποίο τους ζητείται να βοηθήσουν δύο φίλους οι οποίοι αναρωτιούνται τι μπορεί να συμβεί αν τυλίξουν πολλές φορές (σε σπείρες) ένα καλώδιο σε μια πυξίδα και συνδέσουν τα άκρα του καλωδίου με τους πόλους μιας μπαταρίας (υπάρχει σχετική εικόνα). Ο ένας υποστηρίζει ότι η μαγνητική βελόνα της πυξίδας θα αποκλίνει από τη θέση της ενώ ο άλλος ισχυρίζεται ότι δεν θα αποκλίνει από τη θέση της. Αρχικά, κάθε μαθητής ατομικά διατυπώνει την άποψή του. Έπειτα ακολουθεί συζήτηση με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας και με την τάξη ώστε να καταλήξουν στο ερώτημα το οποίο θα ερευνήσουν. Στη συνέχεια, η κάθε ομάδα προχωρά στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας όπου οι μαθητές καταγράφουν αναλυτικά την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν καθώς και τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουν με σκοπό να εξετάσουν αν η μαγνητική βελόνα της πυξίδας θα αποκλίνει από την αρχική της θέση όταν το σπειροειδές καλώδιο συνδεθεί με τους δύο πόλους της μπαταρίας. Τέλος, οι μαθητές καλούνται να

καταγράψουν αν τα ευρήματα ήταν αυτό που περίμεναν και προσπαθούν να εξηγήσουν γιατί συνέβη αυτό που παρατήρησαν κατά την πραγματοποίηση του πειράματος.

Φάση 5: Αξιολόγηση

Εκ νέου επεξεργασία του Προβλήματος 1

Οι μαθητές σε αυτή τη φάση καλούνται να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις για το αν η μαγνητική βελόνα της πυξίδας θα αποκλίνει από την αρχική της θέση όταν οι άκρες ενός ευθύγραμμου καλωδίου συνδεθούν με τους πόλους μιας μπαταρίας με τις νέες αντιλήψεις που αποκόμισαν μετά την πειραματική διαδικασία (βλ. ΦΕ1, Πρόβλημα 4). Επίσης, τους ζητείται να αναλογιστούν τι ήταν αυτό που τους δυσκόλεψε και τους οδήγησε σε εσφαλμένη αντίληψη καθώς και να κατασκευάσουν ξανά ένα σχέδιο που να αποτυπώνει τη νέα αντίληψη.

Συμβολική αναπαράσταση αντίληψης

Οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν κατάλληλα δύο προτάσεις, ώστε η πρώτη να εκφράζει αυτό που θεωρούσαν ότι ισχύει πριν τις διδασκαλίες και η δεύτερη αυτό που αποδέχονται μετά τις διδασκαλίες που έχουν προηγηθεί καθώς και να εξηγήσουν τι ήταν αυτό που τους οδήγησε αρχικά στην εσφαλμένη αντίληψη. Η πρώτη πρόταση βρίσκεται σε κόκκινο κύκλο και η δεύτερη σε γαλάζιο (βλ. ΦΕ1, Πρόβλημα 5).

Φύλλο Εργασίας 2

Αντίληψη προς επεξεργασία:

Ο ηλεκτρομαγνήτης δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες.

Επιδιωκόμενος στόχος:

Ο ηλεκτρομαγνήτης έχει μαγνητικές ιδιότητες.

Περιγραφή Δραστηριοτήτων

Φάση 1: Ενεργοποίηση

Μοιράζεται στους μαθητές το Φύλλο Εργασίας 2, σύμφωνα με το οποίο καλούνται να παρακολουθήσουν δύο βίντεο: το πρώτο αφορά στον ηλεκτρομαγνήτη ([βίντεο 1](#)) και το δεύτερο στο μαγνήτη ([βίντεο 2](#)). Μετά την προβολή του πρώτου βίντεο οι μαθητές ερωτώνται να πουν τι είναι αυτό που είδαν. Μετά την παρακολούθηση και των δύο βίντεο καλούνται να απαντήσουν αν υπάρχουν και ποιες είναι οι ομοιότητες και οι διαφορές ανάμεσα στα δύο είδη μαγνητών. Έπειτα, οι μαθητές ατομικά, αρχικά, καλούνται να πάρουν θέση για το αν ένα καρφί που είναι τυλιγμένο με καλώδιο μπορεί να έλκει πινέζες, όταν οι άκρες του καλωδίου συνδεθούν με τους πόλους μιας μπαταρίας ή όχι (βλ. ΦΕ2, Πρόβλημα 1) και να δικαιολογήσουν την απάντησή τους. Στη συνέχεια ακολουθεί συζήτηση με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας με σκοπό τον εντοπισμό ομοιοτήτων και διαφορών ανάμεσα στις απαντήσεις και προσπαθούν να πείσουν τους συμμαθητές τους για την άποψή τους.

Διερεύνηση

Κάθε ομάδα, ακολουθώντας τις οδηγίες του ΦΕ2 «Φτιάχνω έναν ηλεκτρομαγνήτη», κατασκευάζει έναν απλό ηλεκτρομαγνήτη χρησιμοποιώντας σιδερένιο καρφί, καλώδιο και μπαταρία και τον πλησιάζει στις πινέζες. Έπειτα καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους και καλούνται να εξηγήσουν το αποτέλεσμα. Η δραστηριότητα αυτή τελειώνει ζητώντας από τους μαθητές να αναλογιστούν αν και με ποιο τρόπο μπορούν να κάνουν τον ηλεκτρομαγνήτη πιο ισχυρό.

Στη φάση αυτή οι μαθητές καλούνται να εξετάσουν αν η ελκτική δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί.

Αρχικά τους ζητείται να διατυπώσουν ερευνητικά ερωτήματα. Για παράδειγμα, να εξετάσουν αν η αύξηση του αριθμού των σπειρών μπορεί να κάνει τον ηλεκτρομαγνήτη να έλκει περισσότερες πινέζες (βλ. ΦΕ2, Πρόβλημα 2). Το ερευνητικό ερώτημα σε αυτή την περίπτωση μπορεί να είναι: «Ο αριθμός των σπειρών επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη;». Οι μαθητές προβαίνουν σε υποθέσεις και στη συνέχεια σε αναγνώριση των μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, καταγράφουν την ανεξάρτητη μεταβλητή (αριθμός των σπειρών), την εξαρτημένη μεταβλητή (αριθμός πινεζών) και τις μεταβλητές ελέγχου (μπαταρία, υλικό καρφιού). Πραγματοποιούν το πείραμα με τη βοήθεια της διαδικτυακής εφαρμογής «Μαθαίνω να κάνω πειράματα», ακολουθώντας τις οδηγίες του Φύλλου Εργασίας 2. Στη συνέχεια διαμορφώνεται ένας πίνακας τιμών. Με βάση τον πίνακα τιμών που έχει διαμορφωθεί οι μαθητές καλούνται να εξάγουν το συμπέρασμα.

Στη συνέχεια καλούνται να εξετάσουν αν το υλικό του πυρήνα (καρφί) επηρεάζει την ελκτική δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη (βλ. ΦΕ2, Πρόβλημα 3). Το ερευνητικό ερώτημα μπορεί να είναι: «Το υλικό του πυρήνα (καρφί) επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη;». Οι μαθητές προβαίνουν σε υποθέσεις και στη συνέχεια σε αναγνώριση των μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, καταγράφουν την ανεξάρτητη μεταβλητή (υλικό πυρήνα), την εξαρτημένη μεταβλητή (αριθμός πινεζών) και τις μεταβλητές ελέγχου (μπαταρία, αριθμός σπειρών). Πραγματοποιούν το πείραμα με τη βοήθεια της διαδικτυακής εφαρμογής «Μαθαίνω να κάνω πειράματα», ακολουθώντας τις οδηγίες του Φύλλου Εργασίας 2. Με βάση τον πίνακα τιμών που έχει διαμορφωθεί οι μαθητές καλούνται να εξάγουν το συμπέρασμα.

Τέλος καλούνται να εξετάσουν αν η αύξηση του αριθμού των μπαταριών μπορεί να κάνει τον ηλεκτρομαγνήτη να έλκει περισσότερες πινέζες (βλ. ΦΕ2, Πρόβλημα 4). Το ερευνητικό ερώτημα συνεπώς είναι: «Ο αριθμός των μπαταριών επηρεάζει τη δύναμη έλξης του ηλεκτρομαγνήτη;». Οι μαθητές προβαίνουν σε υποθέσεις και στη συνέχεια σε αναγνώριση των μεταβλητών. Πιο συγκεκριμένα, καταγράφουν την ανεξάρτητη μεταβλητή (ο αριθμός των μπαταριών), την εξαρτημένη μεταβλητή (αριθμός πινεζών) και τις μεταβλητές ελέγχου (αριθμός σπειρών, υλικό καρφιού). Πραγματοποιούν το πείραμα με τη βοήθεια της διαδικτυακής εφαρμογής «Μαθαίνω να κάνω πειράματα», ακολουθώντας τις οδηγίες του Φύλλου Εργασίας 2. Με βάση τον πίνακα τιμών που έχει διαμορφωθεί οι μαθητές καλούνται να εξάγουν το συμπέρασμα.

Ερμηνεία

Μετά την πραγματοποίηση καθεμιάς από τις παραπάνω έρευνες, οι μαθητές καλούνται να παρουσιάσουν τα ευρήματά τους και να δώσουν μια εξήγηση για τα αποτελέσματα της έρευνας. Τέλος, τους ζητείται να καταγράψουν δυσκολίες που τυχόν συνάντησαν κατά τη διεξαγωγή της έρευνάς τους, να προτείνουν βελτιώσεις και ό, τι άλλο θα ήθελαν να ερευνήσουν.

Εφαρμογή και Αξιολόγηση

Εκ νέου επεξεργασία του Προβλήματος 1

Οι μαθητές σε αυτή τη φάση καλούνται να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις για το αν ένα καρφί που είναι τυλιγμένο με καλώδιο έλκει πινέζες, όταν οι άκρες του καλωδίου συνδεθούν με τους πόλους μιας μπαταρίας με τις νέες αντιλήψεις που αποκόμισαν μετά την κατασκευή του ηλεκτρομαγνήτη (βλ. ΦΕ2, Πρόβλημα 5). Επίσης, τους ζητείται να αναλογιστούν τι ήταν αυτό που τους δυσκόλεψε και τους οδήγησε σε εσφαλμένη αντίληψη.

Δραστηριότητα επέκτασης

Στο σημείο αυτό οι μαθητές καλούνται να χρησιμοποιήσουν τις νεοαποκτηθείσες γνώσεις τους για τους ηλεκτρομαγνήτες και το πώς αυτοί γίνονται ισχυρότεροι σε μια δραστηριότητα διαφορετική από τις προηγούμενες (βλ. ΦΕ2, Πρόβλημα 6). Ειδικότερα τους ανατίθεται να λύσουν το πρόβλημα ενός ιδιοκτήτη μιας μάντρας με παλιοσίδερα και παλιά αυτοκίνητα, ο οποίος όμως διαθέτει έναν ηλεκτρομαγνήτη που δεν είναι αρκετά δυνατός. Οι μαθητές ως μηχανικοί αναλαμβάνουν να λύσουν το πρόβλημα του ιδιοκτήτη προτείνοντάς του κάποιες τροποποιήσεις. Επιπλέον οι μαθητές-μηχανικοί καλούνται να κατασκευάζουν ένα σχέδιο του ηλεκτρομαγνήτη ονομάζοντας τα μέρη του και να περιγράψουν αναλυτικά τις αλλαγές που θα κάνουν.

Συμβολική αναπαράσταση αντίληψης

Οι μαθητές καλούνται να συμπληρώσουν κατάλληλα δύο προτάσεις, ώστε η πρώτη να εκφράζει αυτό που θεωρούσαν ότι ισχύει πριν τις διδασκαλίες και η δεύτερη αυτό που αποδέχονται μετά τις διδασκαλίες που έχουν προηγηθεί καθώς και να εξηγήσουν τι ήταν αυτό που τους οδήγησε αρχικά στην εσφαλμένη αντίληψη. Η πρώτη πρόταση βρίσκεται σε κόκκινο κύκλο και η δεύτερη σε γαλάζιο (βλ. ΦΕ2, Πρόβλημα 7).

Σχεδίαση διδασκαλιών από τους μαθητές

Οι μαθητές εμπλέκονται σε μια διαδικασία σχεδίασης «μαθημάτων» για τους ηλεκτρομαγνήτες, με σκοπό να τα «διδάξουν» σε κάποια άλλη τάξη. Καλούνται να αναλογιστούν, τι πίστευαν πριν τις διδασκαλίες για τους ηλεκτρομαγνήτες και τους παράγοντες που ενισχύουν την ελκτική τους δύναμη, τι ήταν αυτό που τους εμπόδιζε να καταλάβουν, τι ήταν αυτό που τους βοήθησε να καταλάβουν, καθώς επίσης και να προτείνουν πειραματικές καταστάσεις οι οποίες θα βοηθήσουν τους «μαθητές» τους να ξεπεράσουν αυτές τις δυσκολίες (βλ. ΦΕ2, Πρόβλημα 8).

4.6. Συλλογή Δεδομένων

Στο 2^ο Δημοτικό Σχολείο Αρχαγγέλου Ρόδου, πριν την έναρξη της διδακτικής παρέμβασης για τον ηλεκτρομαγνητισμό με βάση το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006), δόθηκε στους μαθητές της Στ' τάξης το ερωτηματολόγιο για την αντίληψη των αντιλήψεων σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες και τη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Ο χρόνος συμπλήρωσής του ήταν μία διδακτική ώρα (σαράντα πέντε λεπτά).

Στη συνέχεια ακολούθησε η εφαρμογή του διδακτικού υλικού με βάση το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006) σε μαθητές της Στ' τάξης, οι οποίοι δεν είχαν ασχοληθεί με ηλεκτρομαγνήτες σε προηγούμενες τάξεις ή σε προηγούμενα μαθήματα.

Οι μαθητές, κατά κύριο λόγο, ασχολήθηκαν με δύο φύλλα εργασίας: ένα για τις μαγνητικές ιδιότητες που αποκτά ένας αγωγός (καλώδιο) όταν διαρρέεται από ρεύμα (οκτώ σελίδες) και ένα για τους ηλεκτρομαγνήτες και τον τρόπο με τον οποίο είναι δυνατή η μεταβολή της ελκτικής τους δύναμης (δεκαεπτά σελίδες). Η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση ολοκληρώθηκε σε είκοσι διδακτικές ώρες περίπου, με σχεδόν καθημερινές διδασκαλίες. Εδώ πρέπει να αναφερθεί το γεγονός ότι δε χρησιμοποιήθηκε καθόλου το διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου και τα φύλλα εργασίας παρέμεναν στην τάξη μετά το τέλος κάθε διδασκαλίας. Οι περισσότερες διδασκαλίες πραγματοποιήθηκαν στη σχολική τάξη το πρώτο δίωρο ώστε να μην υπάρχει διακοπή για διάλειμμα καθώς και από εκπαιδευτικούς άλλων ειδικοτήτων. Οι διδασκαλίες που απαιτούσαν τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή για την εφαρμογή της διαδικτυακής εφαρμογής «Μαθαίνω να κάνω πειράματα» έγιναν στην αίθουσα πληροφορικής το πρώτο δίωρο, αφού αργότερα η εκπαιδευτικός της Πληροφορικής χρειαζόταν την αίθουσα για να κάνει μάθημα στους μαθητές των άλλων τάξεων του σχολείου.

Κατά τις διδασκαλίες οι μαθητές εργάζονταν χωρισμένοι σε τέσσερις ομάδες: τρεις πενταμελείς και μια τετραμελή. Κάθε μέλος της ομάδας είχε στη διάθεση του από ένα φύλλο εργασίας του διδακτικού υλικού με βάση το εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006). Όταν χρειαζόταν να γίνει χρήση της διαδικτυακής εφαρμογής «Μαθαίνω να κάνω πειράματα» κάθε ομάδα είχε στη διάθεσή της έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή. Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι ο ρόλος της εκπαιδευτικού-ερευνήτριας ήταν κατά βάση ενθαρρυντικός και καθοδηγητικός. Περιοριζόταν κυρίως στην διευκόλυνση της διαδικασίας σε περίπτωση που οι μαθητές αντιμετώπιζαν κάποια διδασκαλία σε σχέση με τη διατύπωση των ερωτήσεων ή με το λογισμικό και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Οι μαθητές καθοδηγούνταν κατά κύριο λόγο από τα φύλλα εργασίας του διδακτικού υλικού.

Μετά το πέρας των διδασκαλιών δόθηκε στους μαθητές και πάλι το ίδιο ερωτηματολόγιο για τις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες και τη διερεύνηση των επιστημονικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Ο χρόνος συμπλήρωσης του ήταν μία διδακτική ώρα (σαράντα πέντε λεπτά).

Στο Δημοτικό Σχολείο Μαρितσών Ρόδου, πριν την έναρξη της διδακτικής παρέμβασης με βάση το διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου για τον ηλεκτρομαγνητισμό, δόθηκε στους μαθητές της Στ' τάξης το ερωτηματολόγιο για την αντίληψη των αντιλήψεων σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες και τη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Ο χρόνος συμπλήρωσης του ήταν μία διδακτική ώρα (σαράντα πέντε λεπτά).

Στη συνέχεια ακολούθησε η εφαρμογή του διδακτικού υλικού με βάση το σχολικό εγχειρίδιο σε μαθητές της Στ' τάξης, οι οποίοι δεν είχαν ασχοληθεί με ηλεκτρομαγνήτες σε προηγούμενες τάξεις ή σε προηγούμενα μαθήματα.

Οι μαθητές, κατά κύριο λόγο, ασχολήθηκαν με το διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου και εργάζονταν σε ομάδες. Η συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση ολοκληρώθηκε σε επτά διδακτικές ώρες, σύμφωνα με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών. Κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών, η εκπαιδευτικός της τάξης πραγματοποίησε δύο από τα πειράματα του σχολικού εγχειριδίου: το ένα ήταν για να διαπιστώσουν οι μαθητές ποια αντικείμενα έλκουν οι μαγνήτες και το άλλο για να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι ένας αγωγός που διαρρέεται από ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες με αποτέλεσμα η μαγνητική βελόνα να αποκλίνει.

Μετά το πέρας των διδασκαλιών δόθηκε στους μαθητές και πάλι το ίδιο ερωτηματολόγιο για τις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες και τη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Ο χρόνος συμπλήρωσης του ήταν μία διδακτική ώρα (σαράντα πέντε λεπτά).

Τα δεδομένα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στο αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο. Πιο συγκεκριμένα, συγκεντρώθηκαν (α) οι απαντήσεις των μαθητών του 2^{ου} Δημοτικού Σχολείου Αρχαγγέλου Ρόδου στο ερωτηματολόγιο για τις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες και τη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, πριν τη διδακτική παρέμβαση που βασιζόταν στο εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006), (β) οι απαντήσεις των μαθητών του 2^{ου} Δημοτικού Σχολείου Αρχαγγέλου Ρόδου στο ερωτηματολόγιο για τις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες και τη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασιζόταν στο εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006), (γ) οι απαντήσεις των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου Μαρितσών Ρόδου στο ερωτηματολόγιο για τις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες και τη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, πριν την εφαρμογή του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου για τον ηλεκτρομαγνητισμό και (δ) οι απαντήσεις των μαθητών του Δημοτικού Σχολείου Μαρितσών Ρόδου στο ερωτηματολόγιο για τις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες και τη διερεύνηση των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και

πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, μετά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου για τον ηλεκτρομαγνητισμό.

4.7. Ανάλυση Δεδομένων

Για την ανάλυση των δεδομένων της παρούσας εργασίας μελετήθηκαν προσεχτικά οι απαντήσεις των μαθητών στα αρχικά και τελικά ερωτηματολόγια. Πιο συγκεκριμένα, για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μέσα από την εφαρμογή του διδακτικού υλικού που βασιζόταν στο εκπαιδευτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006) επικεντρωθήκαμε:

- (α) στις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες πριν και μετά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού,
- (β) στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων πριν και μετά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού,
- (γ) στη μελέτη της εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες και
- (δ) στη διερεύνηση της εξέλιξης των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.

Για όλες τις ερωτήσεις του αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου αντιλήψεων και επιστημονικών πρακτικών δημιουργήθηκαν πίνακες και υπολογίσθηκαν οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών.

Για τις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου του αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου σχετικά με τις αντιλήψεις έγινε ανάλυση περιεχομένου και κατηγοριοποίηση των απαντήσεων.

Στον Πίνακα 4.3 παρουσιάζεται η κλίμακα βαθμολογίας των αναπαραστάσεων των μαθητών για τον ηλεκτρομαγνήτη. Στην κλίμακα αυτή αποτυπώνεται η βαθμολογία (από 1 έως 5) κάθε αναπαράστασης ανάλογα με την ακρίβεια αναπαράστασης των πληροφοριών.

Πίνακας 4.3: Η βαθμολογία και η περιγραφή των αναπαραστάσεων των μαθητών για τον ηλεκτρομαγνήτη

Βαθμολογία	Περιγραφή
1	Αναπαραστάσεις που δεν αποτύπωναν καμία πληροφορία.
2	Αναπαραστάσεις όπου οι μαθητές είχαν προσπαθήσει να αποτυπώσουν κάποια μέρη αλλά αυτά ήταν αρκετά ανακριβή.
3	Αναπαραστάσεις που αποτυπώνονταν εμφανώς τα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη αλλά κάποια από αυτά μπορεί να απουσίαζαν ή να ήταν λανθασμένη η ονομασία τους.
4	Αναπαραστάσεις που αποτύπωναν με ακρίβεια τα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη και ήταν ορθή η ονομασία τους.
5	Αναπαραστάσεις που αποτυπώνονταν με ακρίβεια τα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη και ήταν ορθή η ονομασία τους.

Οι απαντήσεις των μαθητών για τις επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων χωρίστηκαν σε τέσσερα επίπεδα.

Στον Πίνακα 4.4 παρουσιάζεται το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση που αφορά στη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος (ερώτηση 6).

Πίνακας 4.4: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 6 (διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος).

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει ερευνητικό ερώτημα
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει ένα μη σχετικό ερευνητικό ερώτημα
Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερευνητικό ερώτημα
Επίπεδο 3	Ο μαθητής προτείνει ένα σχετικό και πλήρες ερευνητικό ερώτημα

Στον Πίνακα 4.5 παρουσιάζεται το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση που αφορά στη διατύπωση υπόθεσης (ερώτηση 7).

Πίνακας 4.5: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 7 (διατύπωση υπόθεσης).

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει καμία υπόθεση
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει μια μη σχετική υπόθεση
Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει μια υπόθεση σχετική αλλά διατυπωμένη με ελλιπή τρόπο
Επίπεδο 3	Ο μαθητής προτείνει μια σχετική και πλήρης υπόθεση

Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζεται το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση που αφορά στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής (ερώτηση 8).

Πίνακας 4.6: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 8 (εντοπισμός ανεξάρτητης μεταβλητής)

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή ή αναφέρει περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει μια μη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή ή προτείνει μια σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποσοτικό ή ποιοτικό μέγεθος
Επίπεδο 2	Ο μαθητής καταγράφει την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποιοτικούς όρους
Επίπεδο 3	Ο μαθητής καταγράφει την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποσοτικούς όρους

Στον Πίνακα 4.7 παρουσιάζεται το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση που αφορά στον εντοπισμό των μεταβλητών ελέγχου (ερώτηση 9).

Πίνακας 4.7: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 9 (εντοπισμός μεταβλητών ελέγχου)

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει μεταβλητές ελέγχου
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει κάποιες μεταβλητές με ασαφή τρόπο ή προτείνει μη σχετικές μεταβλητές ελέγχου
Επίπεδο 2	Ο μαθητής καταγράφει μία ή δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου
Επίπεδο 3	Ο μαθητής καταγράφει περισσότερες από δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου

Στον Πίνακα 4.8 παρουσιάζεται το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση που αφορά στον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής (ερώτηση 10).

Πίνακας 4.8: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 10 (εντοπισμός εξαρτημένης μεταβλητής)

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει εξαρτημένη μεταβλητή
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει μια μη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ή προτείνει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποσοτικό ή ποιοτικό μέγεθος
Επίπεδο 2	Ο μαθητής καταγράφει την εξαρτημένη μεταβλητή ποιοτικά
Επίπεδο 3	Ο μαθητής καταγράφει την εξαρτημένη μεταβλητή ποσοτικά

Στον Πίνακα 4.9 παρουσιάζεται το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση που αφορά στην περιγραφή ερευνητικής διαδικασίας (ερώτηση 11).

Πίνακας 4.9: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 11 (περιγραφή ερευνητικής διαδικασίας)

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει ερευνητική διαδικασία
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει μια μη σχετική ερευνητική διαδικασία
Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει ερευνητική διαδικασία και κάνει σαφής αναφορά σε ένα έως τρία από τα: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή, όργανο μέτρησης
Επίπεδο 3	Ο μαθητής προτείνει ερευνητική διαδικασία και κάνει σαφής αναφορά στην ανεξάρτητη μεταβλητή, στις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και το όργανο μέτρησης

Στον Πίνακα 4.10 παρουσιάζεται το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση που αφορά στη συλλογή και σύνοψη δεδομένων σε πίνακα (ερώτηση 12).

Πίνακας 4.10: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 12 (συλλογή και σύνοψη δεδομένων σε πίνακα)

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν συμπληρώνει τον πίνακα
Επίπεδο 1	Ο μαθητής συμπληρώνει τον πίνακα με ακατάλληλα στοιχεία
Επίπεδο 2	Ο μαθητής συμπληρώνει τον πίνακα με ορισμένα στοιχεία που αφορούν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή
Επίπεδο 3	Ο μαθητής συμπληρώνει τον πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής

Στον Πίνακα 4.11 παρουσιάζεται το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση που αφορά στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων (ερώτηση 13).

Πίνακας 4.11: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 13 (εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων)

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν εντοπίζει καμία πληροφορία από τον πίνακα
Επίπεδο 1	Ο μαθητής εντοπίζει μη κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα
Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει κατάλληλη αλλά μη επαρκή πληροφορία
Επίπεδο 3	Ο μαθητής εντοπίζει ορθά την πληροφορία από τον πίνακα

Στον Πίνακα 4.12 παρουσιάζεται το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση που αφορά στη διαπίστωση τάσης στα δεδομένα από έναν πίνακα (ερώτηση 14).

Πίνακας 4.12: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 14 (διαπίστωση τάσης στα δεδομένα από ένα πίνακα)

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει απάντηση
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει μη κατάλληλη απάντηση
Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει κατάλληλη αλλά μη επαρκή απάντηση
Επίπεδο 3	Ο μαθητής προτείνει κατάλληλη και επαρκή απάντηση

Για τη μελέτη του ζητήματος της εξέλιξης των αντιλήψεων των μαθητών και των επιστημονικών πρακτικών χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό τεστ χ^2 για τη σύγκριση των απαντήσεων ανάμεσα στο

αρχικό και τελικό ερωτηματολόγιο. Οι απαντήσεις των μαθητών στο πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου για τις αντιλήψεις τους που αφορούσε στις αντιλήψεις τους για τους ηλεκτρομαγνήτες χωρίστηκαν σε δυο κατηγορίες: (α) αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης και (β) εναλλακτικές αντιλήψεις. Όσον αφορά τις αναπαραστάσεις που πρότειναν για τον ηλεκτρομαγνήτη, και αυτές με τη σειρά τους χωρίστηκαν σε δυο κατηγορίες: (α) σε αναπαραστάσεις με βαθμολογίες 3, 4 και 5 και (β) σε αναπαραστάσεις με βαθμολογίες 1 και 2. Οι απαντήσεις των μαθητών στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου για τις επιστημονικές πρακτικές χωρίστηκαν σε δύο κατηγορίες (α) στα Επίπεδα 0 και 1 και (β) στα Επίπεδα 2 και 3. Ο καθορισμός και η ερμηνεία των συσχετίσεων βασίστηκε στις τιμές του χ^2 . Η τιμή του χ^2 (λαμβάνοντας υπόψη τους βαθμούς ελευθερίας του συγκεκριμένου πίνακα) αποτελεί ένδειξη της ύπαρξης συσχετίσεων.

Τέλος, για την διερεύνηση της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στα μαθησιακά αποτελέσματα (αντιλήψεις και επιστημονικές πρακτικές των μαθητών) της διδακτικής παρέμβασης βασισμένης στο διδακτικό μοντέλο 5E (Bybee et al., 2006) και της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Στ΄ τάξης δημοτικού, δημιουργήθηκαν επίσης πίνακες με τις συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών και χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό τεστ χ^2 .

4.8. Ανακεφαλαίωση

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε η παρουσίαση της μεθοδολογίας της έρευνας που εφαρμόστηκε στην παρούσα εργασία. Ειδικότερα, παρουσιάστηκαν το δείγμα της έρευνας, η ερευνητική διαδικασία που ακολουθήθηκε, τα ερευνητικά εργαλεία (ερωτηματολόγιο και διδακτικό υλικό) καθώς και ο τρόπος συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων της έρευνας για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας της παρούσας εργασίας. Ειδικότερα, στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις (βλ. ενότητα 5.2). Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις (βλ. ενότητα 5.3)

5.2. Οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες

Στην ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο διδακτικό μοντέλο 5E (διδακτική παρέμβαση I) και τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου (διδακτική παρέμβαση II). Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων περιλαμβάνει τέσσερις υποενότητες. Στην πρώτη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών που αφορούν στην έννοια του ηλεκτρομαγνήτη (βλ. υποενότητα 5.2.1). Στη δεύτερη υποενότητα παρουσιάζονται οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τα συστατικά μέρη ενός ηλεκτρομαγνήτη (βλ. υποενότητα 5.2.2). Στην τρίτη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη μεταβολή της δύναμης έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη (βλ. υποενότητα 5.2.3). Στην τέταρτη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά τις αντιλήψεις των μαθητών που αφορούν στις μαγνητικές ιδιότητες ενός ρευματοφόρου αγωγού (ευθύγραμμου και σπειροειδούς) (βλ. υποενότητα 5.2.4).

5.2.1. Η έννοια του ηλεκτρομαγνήτη

Οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με την έννοια του ηλεκτρομαγνήτη μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες κατηγορίες:

(α) Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι μαγνήτης που λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα: Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι απαντήσεις των μαθητών που θεωρούν ότι ο ηλεκτρομαγνήτης είναι μαγνήτης που λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα (παράδειγμα απάντησης μαθητή: «Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένας μαγνήτης που δουλεύει με ηλεκτρικό ρεύμα»).

(β) Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένας μαγνήτης: Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι απαντήσεις των μαθητών που εξομοιώνουν τον ηλεκτρομαγνήτη με το μαγνήτη (παράδειγμα απάντησης μαθητή: «Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι σαν μαγνήτης που μπορεί να έλκει κάτι σιδερένιο»).

(γ) Ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει ηλεκτρισμό: Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι απαντήσεις των μαθητών που θεωρούν ότι ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει ηλεκτρισμό (παράδειγμα απάντησης μαθητή: «Ο ηλεκτρομαγνήτης τραβάει ρεύμα»).

(δ) Ασαφείς απαντήσεις: Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι απαντήσεις των μαθητών που δεν έχουν νόημα (παράδειγμα απάντησης μαθητή: «Είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης που μαγνητεύει»).

(ε) Καμία απάντηση: Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι κενές απαντήσεις των μαθητών.

Στον Πίνακα 5.1, παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών για την έννοια του ηλεκτρομαγνήτη, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.1: Οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την έννοια του ηλεκτρομαγνήτη, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Αντιλήψεις	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι μαγνήτης που λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα	4	20	13	72	7	44	10	59
Ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένας μαγνήτης	1	5	1	6	1	6	1	6
Ο ηλεκτρομαγνήτης έλκει ηλεκτρισμό	2	11	0	0	1	6	0	0
Ασαφής απάντηση	2	11	4	22	7	44	6	35
Καμία απάντηση	10	53	0	0	0	0	0	0

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.1 προκύπτει ότι, πριν διδακτική παρέμβαση I, οι μισοί περίπου μαθητές (53%) δε γνωρίζουν τι είναι ο ηλεκτρομαγνήτης. Ένα ποσοστό μαθητών (20%) θεωρεί ότι ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένας μαγνήτης που λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα. Κάποιοι από αυτούς τους μαθητές επιχειρούν να κάνουν περιγραφή ηλεκτρομαγνήτη ονομάζοντας τα μέρη του (καρφί/πυρήνας, καλώδιο/αγωγός, σπείρες/πηνίο, μπαταρία). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (11%) που θεωρεί ότι ο ηλεκτρομαγνήτης «τραβάει» ηλεκτρισμό. Ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (11%) δίνει ασαφείς απαντήσεις. Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό μαθητών (5%) που ταυτίζει τον ηλεκτρομαγνήτη με τον μαγνήτη. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η

πλειοψηφία των μαθητών (80%) δε γνωρίζει τι είναι ο ηλεκτρομαγνήτης ή εκφράζει αντιλήψεις που διαφέρουν από τη σχολική γνώση.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι οι περισσότεροι μαθητές (72%) εξηγούν και περιγράφουν επαρκώς τι είναι ηλεκτρομαγνήτης. Παρατηρείται αύξηση του ποσοστού των μαθητών (22%) που δεν μπορούν να δώσουν σαφή απάντηση ενώ παραμένει σχεδόν ίδιο το ποσοστό των μαθητών που ταυτίζει τον ηλεκτρομαγνήτη με το μαγνήτη (6%). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (72%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, ενεργοποιεί αντιλήψεις, για την έννοια του ηλεκτρομαγνήτη, σύμφωνες με τη σχολική γνώση.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση η πλειοψηφία των μαθητών δε γνωρίζει τι είναι ηλεκτρομαγνήτης, μετά τη διδακτική παρέμβαση I εκδηλώνει αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών (αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 7,79$, $df = 1$, $p = 0.0053$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I διαπιστώνεται σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές για την έννοια του ηλεκτρομαγνήτη.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.1 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, λιγότεροι από τους μισούς μαθητές (44%) θεωρούν ότι ο ηλεκτρομαγνήτης είναι ένας μαγνήτης που λειτουργεί με ηλεκτρικό ρεύμα και επιχειρούν να κάνουν περιγραφή ηλεκτρομαγνήτη ονομάζοντας τα μέρη του (καρφί/πυρήνας, καλώδιο/αγωγός, σπείρες/πηνίο, μπαταρία). Ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (44%) δίνει ασαφείς απαντήσεις. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (6%) που ταυτίζει τον ηλεκτρομαγνήτη με μαγνήτη, ενώ ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (6%) θεωρεί ότι ο ηλεκτρομαγνήτης «έλκει» ηλεκτρισμό. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (56%) εκφράζει αντιλήψεις που διαφέρουν από τη σχολική γνώση.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι αυξήθηκε το ποσοστό των μαθητών (59%) που εξηγούν και περιγράφουν ακριβώς τι είναι ηλεκτρομαγνήτης. Αυτή η αντίληψη είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών (35%) που δίνει ασαφείς απαντήσεις Ένα μικρό ποσοστό μαθητών (6%) εξακολουθεί να ταυτίζει τον ηλεκτρομαγνήτη με μαγνήτη. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (59%), μετά τη διδακτική παρέμβαση, ενεργοποιεί αντιλήψεις για την έννοια του ηλεκτρομαγνήτη, σύμφωνες με τη σχολική γνώση.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, οι περισσότεροι μαθητές δε γνωρίζουν τι είναι ηλεκτρομαγνήτης, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών καταφέρνει να ενεργοποιήσει αντιλήψεις σύμφωνες με τη σχολική γνώση. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις (αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της

σχολικής γνώσης, αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου ($\chi^2 = 0,27$, $df = 1$, $p = 0.6033$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου, δε διαπιστώνεται σημαντική διαφοροποίηση στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές.

5.2.2. Τα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη

Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες βαθμολογιών των αναπαραστάσεων των μαθητών για τον ηλεκτρομαγνήτη καθώς και η προσπάθειά τους να ονομάσουν τα μέρη του, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II. Η αξιολόγηση των αναπαραστάσεων των μαθητών έγινε με βάση μια κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων (βλ. ενότητα 4.7).

Πίνακας 5.2: Οι βαθμολογίες των αναπαραστάσεων του ηλεκτρομαγνήτη από τους μαθητές, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Βαθμολογία	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
1	6	32	0	0	0	0	0	0
2	12	63	2	11	14	88	6	35
3	1	5	4	22	1	6	2	12
4	0	0	4	22	0	0	5	29
5	0	0	8	45	1	6	4	24

Από τα δεδομένα του Πίνακα 5.2 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, πάνω από τους μισούς μαθητές (63%) κάνουν μια απόπειρα να σχεδιάσουν τον ηλεκτρομαγνήτη και να ονοματίσουν τα μέρη του αλλά η αναπαράσταση είναι αρκετά ανακριβής όπως και οι ονομασίες των μερών του. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (32%) που δεν σχεδιάζει καμία αναπαράσταση του ηλεκτρομαγνήτη. Παρατηρείται επίσης ότι είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (5%) που σχεδιάζει ορισμένα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη ενώ απουσιάζουν κάποια άλλα και είναι λανθασμένη ή ελλιπής η ονομασία τους. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση, η πλειοψηφία των μαθητών (95%) δε γνωρίζει πώς είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης ούτε γνωρίζει τις ονομασίες των μερών του.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, παρατηρείται ότι αυξήθηκε το ποσοστό των μαθητών (45%) που αναπαριστά τον ηλεκτρομαγνήτη με ακρίβεια και ονοματίζει ορθά τα μέρη του καθώς και το ποσοστό

των μαθητών (22%) που δημιουργεί αναπαραστάσεις όπου ορισμένα μέρη και ονομασίες απουσιάζουν του ηλεκτρομαγνήτη, αλλά όσα υπάρχουν είναι σωστά. Αυξήθηκε επίσης το ποσοστό των μαθητών (22%) που αποτυπώνει πολύ λίγα μέρη και αναφέρει πολύ λίγες ονομασίες των μερών του ηλεκτρομαγνήτη, αλλά όσα υπάρχουν είναι σωστά. Παρατηρείται μείωση του ποσοστού των μαθητών (11%) που αναπαριστά τον ηλεκτρομαγνήτη και ονοματίζει κάποια μέρη του με ανακρίβεια. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (89%) σχεδιάζουν τον ηλεκτρομαγνήτη και ονοματίζουν τα μέρη του ορθά ή και με κάποιες ελλείψεις, συμβαδίζοντας με τη σχολική γνώση.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις αναπαραστάσεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών δε μπορεί να αναπαραστήσει έναν ηλεκτρομαγνήτη και να ονοματίσει τα μέρη του (βαθμολογίες 1-2), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, σχεδιάζει αναπαραστάσεις και ονοματίζει τα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη ορθά ή και με κάποιες ελλείψεις (βαθμολογίες 3-5), προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αναπαραστάσεις των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 22,77$, $df = 1$, $p = 0.0001$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική διαφοροποίηση στις αναπαραστάσεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.2 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών (88%) αναπαριστά τον ηλεκτρομαγνήτη και ονοματίζει τα μέρη του με ανακρίβεια. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό μαθητών (6%) που δημιουργεί αναπαραστάσεις όπου τα περισσότερα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη ονομασίες απουσιάζουν, αλλά όσα υπάρχουν είναι σωστά. Ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (6%) αναπαριστά τον ηλεκτρομαγνήτη με ακρίβεια και ονοματίζει ορθά τα μέρη του. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (88%) αναπαριστά τον ηλεκτρομαγνήτη και ονοματίζει τα μέρη του με ανακρίβεια.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι μειώθηκε το ποσοστό μαθητών (35%) που αναπαριστά τον ηλεκτρομαγνήτη και ονοματίζει τα μέρη του με ανακρίβεια. Παρατηρείται αύξηση του ποσοστού των μαθητών (29%) που δημιουργεί αναπαραστάσεις με ορισμένα μέρη και ονομασίες να απουσιάζουν του ηλεκτρομαγνήτη, αλλά όσα υπάρχουν είναι σωστά καθώς επίσης αυξάνεται και το ποσοστό των μαθητών (24%) που αναπαριστά τον ηλεκτρομαγνήτη με ακρίβεια και ονοματίζει ορθά τα μέρη του. Τέλος, αυξάνεται το ποσοστό μαθητών (12%) που δημιουργεί αναπαραστάσεις όπου τα περισσότερα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη ονομασίες απουσιάζουν, αλλά όσα υπάρχουν είναι σωστά. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (65%), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, αναπαριστά τον ηλεκτρομαγνήτη και ονοματίζει τα μέρη του με ακρίβεια ή και με κάποιες ελλείψεις.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις βαθμολογίες των αναπαραστάσεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών δε μπορεί να

αναπαραστήσει έναν ηλεκτρομαγνήτη και να ονοματίσει τα μέρη του (βαθμολογίες 1-2), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, σχεδιάζει αναπαραστάσεις και ονοματίζει τα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη ορθά ή και με κάποιες ελλείψεις (βαθμολογίες 3-5), προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επιπλέον, διαπιστώνεται ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αναπαραστάσεις και ονομασίες μερών του ηλεκτρομαγνήτη των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου ($\chi^2 = 7,35$, $df = 1$, $p = 0.0067$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή αυτής της διδακτικής παρέμβασης II, που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου, διαπιστώνεται σημαντική διαφοροποίηση στις βαθμολογίες των αναπαραστάσεων των μαθητών για τα μέρη από τα οποία αποτελείται ένας ηλεκτρομαγνήτης.

5.2.3. Μεταβολή της δύναμης έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με το αν η δύναμη έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.3: Οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το αν η δύναμη έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Αντιλήψεις	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί	7	37	18	100	7	44	9	53
Η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί	8	42	0	0	9	56	8	47
Καμία απάντηση	4	21	0	0	0	0	0	0

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.3 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (42%) θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό μαθητών (37%) που πιστεύει ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί. Αυτή η αντίληψη είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (21%) που δε γνωρίζει αν η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (63%) εκφράζει αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, παρατηρείται ότι όλοι οι μαθητές (100%) άλλαξαν τις αντιλήψεις τους και θεωρούν ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (42%) θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, εκδηλώνει αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών (αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 14,07$, $df = 1$, $p = 0.0002$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές σχετικά με τη μεταβολή της δύναμης έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.3 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (56%) θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό μαθητών (44%) που θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (56%) εκφράζει αντιλήψεις που διαφέρουν από τη σχολική γνώση.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι αυξήθηκε το ποσοστό των μαθητών (53%) που θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί. Αυτή η αντίληψη είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών (47%) που θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (53%), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, ενεργοποιεί αντιλήψεις σχετικά με τη μεταβολή της δύναμης έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη, σύμφωνες με τη σχολική γνώση.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, οι περισσότεροι μαθητές εκδηλώνουν αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις (αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II ($\chi^2 = 0,03$, $df = 1$, $p = 0.8625$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται σημαντική διαφοροποίηση στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές για το αν η δύναμη έλξης ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί.

Στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες των αντιλήψεων των μαθητών για το πώς μπορεί να μεταβληθεί η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.4: Οι αντιλήψεις των μαθητών για το πώς μπορεί να μεταβληθεί η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Αντιλήψεις	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να αυξηθεί αν προσθέσουμε μπαταρίες	2	11	13	72	3	19	2	12
Η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί	2	11	1	6	9	56	7	41
Ασαφής απάντηση	4	20	4	22	3	19	5	29
Καμία απάντηση	11	58	0	0	1	6	3	18

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.4 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (78%) δίνει ασαφείς ή καθόλου απαντήσεις. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό μαθητών (11%) που θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί αν προσθέσουμε μπαταρίες, αντίληψη που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (11%) θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (89%) εκφράζει αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (72%) που θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί αν προσθέσουμε μπαταρίες ή σπείρες, αντίληψη που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Παρατηρείται μείωση του ποσοστού των μαθητών (28%) που δίνει εναλλακτικές ή ασαφείς απαντήσεις. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (72%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, ενεργοποιεί αντιλήψεις, για το πώς μπορεί να μεταβληθεί η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη, σύμφωνες με τη σχολική γνώση.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί ή δίνει εναλλακτικές και ασαφείς απαντήσεις, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, εκδηλώνει αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών (αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 12,15$, $df = 1$, $p = 0.0005$). Συνεπώς,

κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές σχετικά το πώς μπορεί να μεταβληθεί η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.4 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (56%) θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό μαθητών (25%) που δίνει ασαφείς ή καθόλου απαντήσεις. Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (19%) που θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί αν προσθέσουμε μπαταρίες, αντίληψη που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (81%) εκφράζει αντιλήψεις που διαφέρουν από τη σχολική γνώση.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών (41%) που θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί. Μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών (12%) που θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί αν προσθέσουμε μπαταρίες. Αυτή η αντίληψη είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Τέλος αυξήθηκε το ποσοστό των μαθητών (47%) που δίνει ασαφείς ή καθόλου απαντήσεις. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (88%), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, ενεργοποιεί αντιλήψεις για το πώς μπορεί να μεταβληθεί η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη, διαφορετικές από τη σχολική γνώση.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών θεωρεί ότι η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη δεν μπορεί να μεταβληθεί ή δίνει ασαφείς και καθόλου απαντήσεις, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, οι περισσότεροι μαθητές εξακολουθούν να ενεργοποιούν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις (αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II ($\chi^2 = 0,01$, $df = 1$, $p = 0,9203$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται σημαντική διαφοροποίηση στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές σχετικά το πώς μπορεί να μεταβληθεί η ελκτική δύναμη ενός ηλεκτρομαγνήτη.

5.2.4. Οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις μαγνητικές ιδιότητες ρευματοφόρου αγωγού

(α) Ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός

Στον Πίνακα 5.5 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με τις μαγνητικές ιδιότητες ενός ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.5: Οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με τις μαγνητικές ιδιότητες ενός ευθύγραμμου ρευματοφόρου αγωγού, πριν και μετά ένα διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Απαντήσεις	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Το καλώδιο όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες	4	21	15	83	9	56	10	59
Το καλώδιο όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες	4	21	0	0	2	13	4	24
Το καλώδιο όταν δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες	0	0	1	6	0	0	0	0
Δεν γνωρίζω	11	58	2	11	5	31	3	17

Στον Πίνακα 5.6 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες των αντιλήψεων των μαθητών για το αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.6: Οι αντιλήψεις των μαθητών για το αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Αντιλήψεις	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης	4	21	15	83	9	56	10	59
Εναλλακτικές αντιλήψεις	15	79	3	17	7	44	7	41

Από τα δεδομένα του Πίνακα 5.5 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (58%) δε γνωρίζει αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό μαθητών (21%) που θεωρεί ότι ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, ενώ ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (21%) θεωρεί ότι

ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (79%) εκφράζει αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (83%) που θεωρεί ότι ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, αντίληψη που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Παρατηρείται μείωση του ποσοστού των μαθητών (11%) που δε γνωρίζει αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, ενώ αυξάνεται το ποσοστό των μαθητών (6%) που θεωρεί ότι ένας ευθύγραμμος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες όταν δε διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (83%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, ενεργοποιεί αντιλήψεις, για το αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, σύμφωνες με τη σχολική γνώση.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.6), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί ότι ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες, εκφράζοντας εναλλακτικές αντιλήψεις, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, εκδηλώνει αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών (αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 11,97$, $df = 1$, $p = 0.0005$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές σχετικά με το αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.5 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (56%) θεωρεί ότι ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, αντίληψη που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό μαθητών (31%) που δε γνωρίζει αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες. Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (13%) που θεωρεί ότι ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (56%) εκφράζει αντιλήψεις που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι αυξήθηκε ελάχιστα το ποσοστό των μαθητών (59%) που θεωρεί ότι ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, αντίληψη που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Αυξήθηκε επίσης το ποσοστό των μαθητών (24%) που θεωρεί ότι ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες, ενώ μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών (17%) που δε γνωρίζει αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι ενισχύεται ελάχιστα η πλειοψηφία των

μαθητών (59%) που, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, ενεργοποιεί αντιλήψεις για το αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, σύμφωνες με τη σχολική γνώση.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.6), προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών θεωρεί ότι ένας ευθύγραμμος αγωγός (καλώδιο) αποκτά μαγνητικές ιδιότητες όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, το ίδιο περίπου ποσοστό μαθητών ενεργοποιεί αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις (αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II ($\chi^2 = 0,04$, $df = 1$, $p = 0.8415$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου, δε διαπιστώνεται σημαντική διαφοροποίηση στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές σχετικά με το αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες.

(β) Σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός

Στον Πίνακα 5.7 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με τις μαγνητικές ιδιότητες ενός σπειροειδούς ρευματοφόρου αγωγού, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Στον Πίνακα 5.8 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τις μαγνητικές ιδιότητες ενός σπειροειδούς ρευματοφόρου αγωγού, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.7 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών (58%) δε γνωρίζει αν ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό μαθητών (32%) που θεωρεί ότι ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες. Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (5%) που θεωρεί ότι ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες το ίδιο έντονες με αυτές που έχει ένας ευθύγραμμος, ενώ ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (5%) θεωρεί ότι ένας σπειροειδής αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες όταν δε διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, όλοι οι μαθητές (100%) εκφράζουν αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (44%) που θεωρεί ότι ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο, αντίληψη που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Παρατηρείται επίσης αύξηση του ποσοστού των μαθητών (28%) που θεωρεί ότι ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες το ίδιο έντονες με αυτές που έχει ένας ευθύγραμμος. Μειώνεται το ποσοστό των μαθητών (22%) που δε γνωρίζει αν ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες

μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο, ενώ μειώνεται και το ποσοστό των μαθητών (6%) που θεωρεί ότι ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (56%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, εξακολουθεί να ενεργοποιεί εναλλακτικές αντιλήψεις, για το αν ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο, διαφορετικές από τη σχολική γνώση.

Πίνακας 5.7: Οι απαντήσεις των μαθητών σχετικά με τις μαγνητικές ιδιότητες ενός σπειροειδούς ρευματοφόρου αγωγού, πριν και μετά ένας διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Απαντήσεις	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Το σπειροειδές καλώδιο όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες το ίδιο έντονες με αυτές που έχει το ίδιο καλώδιο όταν είναι ευθύγραμμο	1	5	5	28	0	0	1	6
Το σπειροειδές καλώδιο όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες που είναι πιο έντονες από τις μαγνητικές ιδιότητες που έχει το ίδιο καλώδιο όταν είναι ευθύγραμμο	0	0	8	44	3	19	6	35
Το σπειροειδές καλώδιο όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες	6	32	1	6	6	38	7	41
Το σπειροειδές καλώδιο όταν δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες	1	5	0	0	1	5	2	12
Δεν γνωρίζω	11	58	4	22	6	38	1	6

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.8), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, το σύνολο των μαθητών εκφράζει εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με το αν ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, αυξήθηκε κατά πολύ το ποσοστό

των μαθητών που ενεργοποιεί αντιλήψεις στην κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στις αντιλήψεις των μαθητών (αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 8,31$, $df = 1$, $p = 0.0039$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική αλλαγή στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές σχετικά το αν ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο.

Πίνακας 5.8: Οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις μαγνητικές ιδιότητες ενός σπειροειδούς ρευματοφόρου αγωγού, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Αντιλήψεις	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης	0	0	8	44	3	19	6	35
Εναλλακτικές αντιλήψεις	19	100	10	56	13	81	11	65

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.7 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (38%) δε γνωρίζει αν ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο, ενώ ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (38%) θεωρεί ότι ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες. Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό μαθητών (19%) που θεωρεί ότι ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο, αντίληψη που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (5%) που θεωρεί ότι ένας σπειροειδής αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες όταν δε διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (81%) εκφράζει αντιλήψεις που διαφέρουν από τη σχολική γνώση.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι αυξήθηκε ελάχιστα το ποσοστό των μαθητών (41%) που θεωρεί ότι ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες. Αυξήθηκε επίσης το ποσοστό των μαθητών (35%) που θεωρεί ότι ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο, αντίληψη που είναι προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, ενώ αυξήθηκε και το ποσοστό των μαθητών (12%) που θεωρεί ότι ένας σπειροειδής αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες όταν δε διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Τέλος, μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών (6%) που δε γνωρίζει αν ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο. Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία

των μαθητών (65%), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, εξακολουθεί να ενεργοποιεί αντιλήψεις, για το αν ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο, διαφορετικές από τη σχολική γνώση.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.8), προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στις αντιλήψεις των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών εκφράζει εναλλακτικές αντιλήψεις σχετικά με το αν ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, το ποσοστό των μαθητών που συνεχίζει να ενεργοποιεί εναλλακτικές αντιλήψεις, διαφορετικές από τη σχολική γνώση, μειώνεται ελάχιστα. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στις αντιλήψεις (αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, αντιλήψεις διαφορετικές από τη σχολική γνώση), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II ($\chi^2 = 0,46$, $df = 1$, $p = 0.4976$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται σημαντική διαφοροποίηση στις αντιλήψεις που ενεργοποιούν οι μαθητές σχετικά το αν ένας σπειροειδής ρευματοφόρος αγωγός έχει εντονότερες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο.

5.4. Οι επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων των μαθητών

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικά με τις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Ειδικότερα, στην πρώτη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας σχετικά με την επιστημονική πρακτική που αφορά στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας από τους μαθητές, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις (βλ. υποενότητα 5.4.1). Στη δεύτερη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικά με την επιστημονική πρακτική που αφορά στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων από τους μαθητές, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις (βλ. υποενότητα 5.4.2).

5.4.1. Η επιστημονική πρακτική που αφορά στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας

(α) Διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος

Στον Πίνακα 5.9 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στη διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.9 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (79%) αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 2). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (16%) που δεν αναγνωρίζει και δε διατυπώνει κανένα ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 0). Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (5%) που αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα μη σχετικό ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 1).

Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (79%) αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερευνητικό ερώτημα, με βάση το πρόβλημα που δίνεται (επίπεδο 2).

Πίνακας 5.9: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στη διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Επίπεδα	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	3	16	0	0	1	6	3	18
Επίπεδο 1	1	5	2	11	8	50	0	0
Επίπεδο 2	15	79	7	39	4	25	14	82
Επίπεδο 3	0	0	9	50	3	19	0	0

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (50%) που είναι σε θέση να αναγνωρίζουν και να διατυπώνουν ένα πλήρες ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 3). Παρατηρείται μείωση του ποσοστού των μαθητών (39%) που αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 2). Αυξήθηκε το ποσοστό των μαθητών (11%) που αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα μη σχετικό ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι οι μισοί μαθητές (50%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να αναγνωρίζουν και να διατυπώνουν ένα πλήρες ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 3), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στη διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερευνητικό ερώτημα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να αναγνωρίζει και να διατυπώνει ένα σχετικό και πλήρες ή και ελλιπές ερευνητικό ερώτημα. Επιπλέον, διαπιστώνεται στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0, 1 και 2, επίπεδο 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 9,98$, $df = 1$, $p = 0.0016$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στη διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.9 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (50%) αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα μη σχετικό ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 1), ενώ είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (25%) που αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 2). Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό

των μαθητών (19%) που αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα σχετικό και πλήρες ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 3), ενώ ένα μικρό ποσοστό μαθητών (6%) δεν αναγνωρίζει και δε διατυπώνει κανένα ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 0). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (50%) αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα μη σχετικό ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 1), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι αυξήθηκε το ποσοστό των μαθητών (82%) που αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 2), ενώ αυξήθηκε και το ποσοστό των μαθητών (18%) που δεν αναγνωρίζει και δε διατυπώνει κανένα ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 0). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (82%), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερευνητικό ερώτημα (επίπεδο 2), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στη διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών αναγνωρίζει και διατυπώνει ένα μη σχετικό ερευνητικό ερώτημα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, ενισχύεται περισσότερο το ποσοστό των μαθητών που είναι σε θέση να αναγνωρίζει και να διατυπώνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερευνητικό ερώτημα. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0, 1 και 2, επίπεδο 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II ($\chi^2 = 1,6$, $df = 1$, $p = 0.2059$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στη διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος.

(β) Διατύπωση υπόθεσης

Στον Πίνακα 5.10 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στη διατύπωση υπόθεσης, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.10 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (47%) διατυπώνει μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση (επίπεδο 2). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (26%) που διατυπώνει μια μη σχετική υπόθεση (επίπεδο 1), ενώ είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (21%) που δε διατυπώνει καμία σχετική υπόθεση (επίπεδο 0). Ένα μικρό ποσοστό μαθητών (6%) διατυπώνει μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (47%) διατυπώνει μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση (επίπεδο 2), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (72%) που διατυπώνει μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση (επίπεδο 2). Παρατηρείται επίσης αύξηση του ποσοστού των μαθητών (28%) που διατυπώνει μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3). Διαπιστώνεται

λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (72%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να διατυπώνει μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση (επίπεδο 2), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Πίνακας 5.10: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στη διατύπωση υπόθεσης, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Επίπεδα	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	4	21	0	0	0	0	2	12
Επίπεδο 1	5	26	0	0	4	25	2	12
Επίπεδο 2	9	47	13	72	11	69	12	70
Επίπεδο 3	1	6	5	28	1	6	1	6

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στη διατύπωση υπόθεσης. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών διατυπώνει μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, αναπτύσσει σε μεγάλο βαθμό τη συγκεκριμένη επιστημονική πρακτική. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0 και 1, επίπεδα 2 και 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 10,21$, $df = 1$, $p = 0.0014$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στη διατύπωση υπόθεσης.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.10 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (69%) διατυπώνει μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση (επίπεδο 2), ενώ είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (25%) που διατυπώνει μια μη σχετική υπόθεση (επίπεδο 1). Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (6%) που διατυπώνει μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (69%) διατυπώνει μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση (επίπεδο 2), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι αυξήθηκε ελάχιστα το ποσοστό των μαθητών (70%) που διατυπώνει μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση (επίπεδο 2). Επίσης, αυξήθηκε το ποσοστό των μαθητών (12%) που δε διατυπώνει καμιά σχετική υπόθεση (επίπεδο 0), ενώ μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών (12%) που διατυπώνει μια μη σχετική υπόθεση (επίπεδο 1). Τέλος, παραμένει σταθερό το ποσοστό των μαθητών (6%) που διατυπώνει μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3).

Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (70%), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διατυπώνει μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 2), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στη διατύπωση υπόθεσης. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών διατυπώνει μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, οι περισσότεροι μαθητές εξακολουθούν να διατυπώνουν μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0 και 1, επίπεδα 2 και 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II ($\chi^2 = 0,09$, $df = 1$, $p = 0.7642$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στη διατύπωση υπόθεσης.

(γ) Εντοπισμός ανεξάρτητης μεταβλητής

Στον Πίνακα 5.11 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.11: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με πρακτική που αφορά στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Επίπεδα	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	16	84	4	22	11	69	14	82
Επίπεδο 1	1	5	0	0	0	0	0	0
Επίπεδο 2	0	0	0	0	0	0	0	0
Επίπεδο 3	2	11	14	78	5	31	3	18

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.11 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (84%) δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει τη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 0). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (11%) που εντοπίζει και αναφέρει τη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 3), ενώ είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (5%) που δεν αναγνωρίζει και δεν αναφέρει τη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 1).

Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (84%) δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 0), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (78%) που εντοπίζει και αναφέρει τη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 3). Παρατηρείται μείωση του ποσοστού των μαθητών (22%) που δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει τη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 0). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (78%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να εντοπίζει και να αναφέρει τη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 3), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την ανεξάρτητη μεταβλητή, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να εντοπίζει και αναφέρει τη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0 και 1, επίπεδα 2 και 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 14,4$, $df = 1$, $p = 0.0001$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.11 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (69%) δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 0), ενώ είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (31%) που εντοπίζει και αναφέρει τη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 3). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (69%) δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 0), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι αυξήθηκε το ποσοστό των μαθητών (82%) που δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 0), ενώ μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών (18%) που εντοπίζει και αναφέρει τη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 3). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (82%), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 3), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την ανεξάρτητη μεταβλητή, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, το ποσοστό αυτό ενισχύεται περαιτέρω. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0 και 1, επίπεδα 2 και 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II ($\chi^2 = 0,25$, $df = 1$, $p = 0.6171$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται

σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας.

(δ) Εντοπισμός μεταβλητών ελέγχου

Στον Πίνακα 5.12 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στον εντοπισμό των μεταβλητών ελέγχου της έρευνας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.12: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σε επίπεδα σχετικά με την πρακτική που αφορά στον εντοπισμό των μεταβλητών ελέγχου της έρευνας, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Επίπεδα	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	18	95	3	17	16	100	17	100
Επίπεδο 1	1	5	0	0	0	0	0	0
Επίπεδο 2	0	0	8	44	0	0	0	0
Επίπεδο 3	0	0	7	39	0	0	0	0

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.12 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (95%) δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει καμία από τις μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 0). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (5%) που δεν εντοπίζει και αναφέρει μη σχετικές μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (95%) δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει καμία από τις μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 0), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (44%) που εντοπίζει και αναφέρει ορισμένες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 2). Παρατηρείται επίσης αύξηση του ποσοστού των μαθητών (39%) που εντοπίζει και αναφέρει όλες τις μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 3). Τέλος, μειώνεται το ποσοστό των μαθητών (17%) που δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει καμία από τις μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 0). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (44%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να εντοπίζει και να αναφέρει ορισμένες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 2), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό των μεταβλητών ελέγχου της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική

παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών δεν εντοπίζει και αναφέρει καμία ανεξάρτητη μεταβλητή, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να εντοπίζει και αναφέρει ορισμένες από τις μεταβλητές ελέγχου. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0 και 1, επίπεδα 2 και 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 23,28$, $df = 1$, $p = <0.0001$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό των μεταβλητών ελέγχου της έρευνας.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.12 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το σύνολο των μαθητών (100%) δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει καμία από τις μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 0), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι το σύνολο των μαθητών (100%) συνεχίζει να μην εντοπίζει και να μην αναφέρει καμία από τις μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 0), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό των μεταβλητών ελέγχου της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το σύνολο των μαθητών δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει καμία από τις μεταβλητές ελέγχου, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, εξακολουθεί να μην εντοπίζει και να μην αναφέρει καμία από τις μεταβλητές ελέγχου. Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό των μεταβλητών ελέγχου της έρευνας.

(ε) Εντοπισμός εξαρτημένης μεταβλητής

Στον Πίνακα 5.13 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής της έρευνας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.13 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (68%) δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (32%) που εντοπίζει και αναφέρει τη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ελέγχου ποιοτικά (επίπεδο 2). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (68%) δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (44%) που εντοπίζει και αναφέρει τη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ελέγχου ποιοτικά (επίπεδο 2). Παρατηρείται επίσης αύξηση του ποσοστού των μαθητών (33%) που εντοπίζει και αναφέρει την εξαρτημένη μεταβλητή ελέγχου (επίπεδο 3), ενώ μειώνεται το ποσοστό των μαθητών (11%) που δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0). Ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (11%)

εντοπίζει και αναφέρει μια μη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (44%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να εντοπίζει και να αναφέρει τη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ελέγχου ποιοτικά (επίπεδο 2), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Πίνακας 5.13: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σε επίπεδα σχετικά με την πρακτική που αφορά στον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής της έρευνας, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις : συχνότητες (f & f%)

Επίπεδα	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	13	68	2	11	16	100	17	100
Επίπεδο 1	0	0	2	11	0	0	0	0
Επίπεδο 2	6	32	8	44	0	0	0	0
Επίπεδο 3	0	0	6	33	0	0	0	0

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την εξαρτημένη μεταβλητή, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να εντοπίζει και να αναφέρει τη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ελέγχου ποιοτικά. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0 και 1, επίπεδα 2 και 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 6,19$, $df = 1$, $p = 0.0128$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής της έρευνας.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.13 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το σύνολο των μαθητών (100%) δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0) παραμένει το ίδιο (100%).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, ένα το σύνολο των μαθητών δεν εντοπίζει και δεν αναφέρει την εξαρτημένη

μεταβλητή, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, εξακολουθεί να μην εντοπίζει και να μην αναφέρει την εξαρτημένη μεταβλητή. Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στον εντοπισμό της εξαρτημένης μεταβλητής της έρευνας.

(στ) Περιγραφή ερευνητικής διαδικασίας

Στον Πίνακα 5.14 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στην περιγραφή ερευνητικής διαδικασίας, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.14: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σε επίπεδα σχετικά με την πρακτική που αφορά στην περιγραφή ερευνητικής διαδικασίας, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Επίπεδα	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	F	f%	f	f%
Επίπεδο 0	15	79	4	22	11	69	10	58
Επίπεδο 1	2	11	3	17	2	12	4	24
Επίπεδο 2	1	5	8	44	3	19	3	18
Επίπεδο 3	1	5	3	17	0	0	0	0

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.14 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (79%) δεν περιγράφει καμία ερευνητική διαδικασία (επίπεδο 0). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (11%) που περιγράφει μια μη σχετική ερευνητική διαδικασία (επίπεδο 1). Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (5%) που περιγράφει μια ερευνητική διαδικασία αναφέροντας ένα έως τρία από τα: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή, όργανο μέτρησης (επίπεδο 2), ενώ ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (5%) περιγράφει μια ερευνητική διαδικασία αναφέροντας την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου, την εξαρτημένη μεταβλητή και το όργανο μέτρησης (επίπεδο 3). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (79%) δεν περιγράφει καμία ερευνητική διαδικασία (επίπεδο 0), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (44%) που περιγράφει μια ερευνητική διαδικασία αναφέροντας ένα έως τρία από τα: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή, όργανο μέτρησης (επίπεδο 2). Παρατηρείται μείωση του ποσοστού των μαθητών (22%) που εξακολουθεί να μην είναι σε θέση να περιγράψει μια ερευνητική

διαδικασία (επίπεδο 0), ενώ αυξάνεται το ποσοστό των μαθητών (17%) που περιγράφει μια μη σχετική ερευνητική διαδικασία (επίπεδο 1). Αυξάνεται επίσης το ποσοστό μαθητών (17%) που περιγράφει μία ερευνητική διαδικασία αναφέροντας την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου, την εξαρτημένη μεταβλητή και το όργανο μέτρησης (επίπεδο 3). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (44%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να περιγράψει μια ερευνητική διαδικασία αναφέροντας ένα έως τρία από τα: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή, όργανο μέτρησης (επίπεδο 2), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στην περιγραφή ερευνητικής διαδικασίας. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών δεν περιγράφει καμία ερευνητική διαδικασία, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να είναι σε θέση περιγράψει μια ερευνητική διαδικασία αναφέροντας ένα έως τρία από τα: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή, όργανο μέτρησης. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη μιας στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0 και 1, επίπεδα 2 και 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 8,28$, $df = 1$, $p = 0.004$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στην περιγραφή ερευνητικής διαδικασίας.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.14 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (69%) δεν περιγράφει καμία ερευνητική διαδικασία (επίπεδο 0). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (19%) που περιγράφει μια ερευνητική διαδικασία αναφέροντας ένα έως τρία από τα: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή, όργανο μέτρησης (επίπεδο 2), είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (12%) που περιγράφει μια μη σχετική ερευνητική διαδικασία (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (69%) δεν περιγράφει καμία ερευνητική διαδικασία (επίπεδο 0), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει μείωση του ποσοστού των μαθητών (58%) που δεν περιγράφει καμία ερευνητική διαδικασία (επίπεδο 0). Παρατηρείται αύξηση του ποσοστού των μαθητών (24%) που περιγράφει μια μη σχετική ερευνητική διαδικασία (επίπεδο 1), ενώ παραμένει σχεδόν ίδιο το ποσοστό των μαθητών (18%) που περιγράφει μια ερευνητική διαδικασία αναφέροντας ένα έως τρία από τα: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή, όργανο μέτρησης (επίπεδο 2). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (58%), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, εξακολουθεί να μην μπορεί να περιγράψει μια ερευνητική διαδικασία, με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στην περιγραφή ερευνητικής διαδικασίας. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική

παρέμβαση II η πλειοψηφία των μαθητών δεν περιγράφει καμία ερευνητική διαδικασία, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, εξακολουθεί να μην είναι σε θέση να περιγράφει μια ερευνητική διαδικασία. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0 και 1, επίπεδα 2 και 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II ($\chi^2 = 0,14$, $df = 1$, $p = 0.7083$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στην περιγραφή ερευνητικής διαδικασίας.

5.4.2. Η επιστημονική πρακτική ανάλυσης και ερμηνείας δεδομένων των μαθητών

(α) Σύνοψη δεδομένων σε πίνακα

Στον Πίνακα 5.15 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στη σύνοψη δεδομένων σε πίνακα από τους μαθητές, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.15: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σε επίπεδα σχετικά με την πρακτική που αφορά στη σύνοψη δεδομένων σε πίνακα, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Επίπεδα	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	1	5	0	0	0	0	0	0
Επίπεδο 1	6	32	2	12	2	12	1	6
Επίπεδο 2	11	58	8	44	3	19	3	18
Επίπεδο 3	1	5	8	44	11	69	13	76

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.15 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (58%) συμπληρώνει τον πίνακα με ορισμένα στοιχεία που αφορούν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 2). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (32%) που συμπληρώνει τον πίνακα με ακατάλληλα στοιχεία (επίπεδο 1). Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (5%) που δεν συμπληρώνει τον πίνακα (επίπεδο 0), ενώ ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (5%) συμπληρώνει τον πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής (επίπεδο 3). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (58%) συμπληρώνει τον πίνακα με ορισμένα στοιχεία που αφορούν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 2), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (44%) που συμπληρώνει το πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής (επίπεδο 3). Παρατηρείται μείωση του ποσοστού των μαθητών (44%) που συμπληρώνει τον πίνακα με ορισμένα στοιχεία που αφορούν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 2), ενώ μειώνεται το ποσοστό των μαθητών (12%) που συμπληρώνει τον πίνακα με ακατάλληλα στοιχεία (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (44%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να συμπληρώνει το πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής ή ορισμένα από αυτά (επίπεδα 2 και 3), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στη σύνοψη δεδομένων σε πίνακα. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών συμπληρώνει τον πίνακα με ορισμένα στοιχεία που αφορούν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να συμπληρώνει το πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής ή ορισμένα από αυτά. Επιπλέον, διαπιστώνεται η ύπαρξη στατιστικά σημαντικής συσχέτισης ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0, 1 και 2, επίπεδο 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I ($\chi^2 = 5,73$, $df = 1$, $p = 0.0167$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης I, διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στη σύνοψη δεδομένων σε πίνακα.

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.15 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (69%) συμπληρώνει τον πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής (επίπεδο 3). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (19%) που συμπληρώνει τον πίνακα με ορισμένα στοιχεία που αφορούν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 2), ενώ είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (12%) που συμπληρώνει τον πίνακα με ακατάλληλα στοιχεία (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (69%) συμπληρώνει τον πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής (επίπεδο 3), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει μικρή αύξηση του ποσοστού των μαθητών (76%) που συμπληρώνει τον πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής (επίπεδο 3). Παρατηρείται σταθερότητα στο ποσοστό των μαθητών (18%) που συμπληρώνει τον πίνακα με ορισμένα στοιχεία που αφορούν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 2), ενώ παρατηρείται μείωση στο ποσοστό των μαθητών (6%) που συμπληρώνει τον πίνακα με ακατάλληλα

στοιχεία (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (76%), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, συμπληρώνει τον πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής (επίπεδο 3), με βάση το πρόβλημα που δίνεται.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στη σύνοψη δεδομένων σε πίνακα. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών συμπληρώνει τον πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, το ποσοστό αυτό των μαθητών ενισχύεται περαιτέρω. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0, 1 και 2, επίπεδο 3), πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II ($\chi^2 = 0,01$, $df = 1$, $p = 0.9203$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στην πρακτική των μαθητών που αφορά στη σύνοψη δεδομένων σε πίνακα.

(β) Εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων

Στον Πίνακα 5.18 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.18: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με πρακτική που αφορά στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Επίπεδα	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	4	21	2	11	0	0	0	0
Επίπεδο 1	1	5	1	6	1	6	3	18
Επίπεδο 2	0	0	0	0	0	0	2	12
Επίπεδο 3	14	74	15	83	15	94	12	70

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.18 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (74%) εντοπίζει ορθά την κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 3). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (21%) που δεν εντοπίζει καμία

πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 0). Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (5%) που εντοπίζει μια μη κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (74%) εντοπίζει ορθά την κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων που δίνεται (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (83%) που εντοπίζει ορθά την κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 3). Παρατηρείται μείωση του ποσοστού των μαθητών (11%) που δεν εντοπίζει καμία πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 0), ενώ παραμένει σχεδόν ίδιο το ποσοστό των μαθητών (6%) που εντοπίζει μια μη κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (83%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να εντοπίζει ορθά την κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων που δίνεται (επίπεδο 3).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών εντοπίζει ορθά την κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, το ποσοστό αυτό των μαθητών ενισχύεται περαιτέρω.

Από πίνακα δεδομένων, από τη μελέτη του Πίνακα 5.18 προκύπτει ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (94%) εντοπίζει ορθά την πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 3). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (6%) που δεν εντοπίζει καμία πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (94%) εντοπίζει ορθά την πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων που δίνεται (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει μείωση του ποσοστού των μαθητών (71%) που εντοπίζει ορθά την πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 3). Παρατηρείται αύξηση του ποσοστού των μαθητών (18%) που εντοπίζει μια μη κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 1), ενώ αυξάνεται το ποσοστό των μαθητών (12%) που εντοπίζει μια κατάλληλη αλλά μη επαρκή πληροφορία (επίπεδο 2). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (71%), μετά τη διδακτική παρέμβαση II, εντοπίζει την κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων που δίνεται (επίπεδο 3).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση II η πλειοψηφία των μαθητών η πλειοψηφία των μαθητών εντοπίζει ορθά την κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα δεδομένων, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, το ποσοστό αυτό μειώνεται.

(γ) Διαπίστωση τάσης στα δεδομένα από ένα πίνακα

Στον Πίνακα 5.19 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στη διαπίστωση της τάσης στα δεδομένα από έναν πίνακα, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I και τη διδακτική παρέμβαση II.

Πίνακας 5.19: Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών σχετικά με την πρακτική που αφορά στη διαπίστωση της τάσης στα δεδομένα από έναν πίνακα, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)

Επίπεδα	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
Επίπεδο 0	8	42	1	6	3	19	3	18
Επίπεδο 1	3	16	5	28	3	19	5	29
Επίπεδο 2	4	21	5	28	4	25	6	35
Επίπεδο 3	4	21	7	38	6	38	3	18

Από τα δεδομένα το Πίνακα 5.19 προκύπτει ότι, πριν την διδακτική παρέμβαση I, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (42%) δεν προτείνει απάντηση από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 0). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (21%) που προτείνει κατάλληλη αλλά μη επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 2), ενώ ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (21%) προτείνει κατάλληλη και επαρκή απάντηση (επίπεδο 3). Είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (16%) που προτείνει μη κατάλληλη απάντηση από τον πίνακα (επίπεδο 1). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών (42%) δεν προτείνει απάντηση από τον πίνακα δεδομένων που δίνεται (επίπεδο 0).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (38%) που προτείνει κατάλληλη και επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 3). Παρατηρείται επίσης αύξηση του ποσοστού των μαθητών (28%) που προτείνει μη κατάλληλη απάντηση (επίπεδο 1), ενώ αυξάνεται και το ποσοστό των μαθητών που προτείνει μια κατάλληλη αλλά μη επαρκή απάντηση από τον πίνακα (επίπεδο 2). Τέλος, μειώνεται το ποσοστό των μαθητών (6%) που δεν προτείνει απάντηση (επίπεδο 0). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (38%), μετά τη διδακτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να προτείνει κατάλληλη και επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων που δίνεται (επίπεδο 3).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I, προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στη διαπίστωση της τάσης στα δεδομένα από έναν πίνακα. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη

διδασκτική παρέμβαση I, η πλειοψηφία των μαθητών δεν προτείνει απάντηση από τον πίνακα δεδομένων που δίνεται, μετά τη διδασκτική παρέμβαση I, είναι σε θέση να προτείνει κατάλληλη και επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων που δίνεται (επίπεδο 3).

Από τη μελέτη του Πίνακα 5.19 προκύπτει ότι, πριν τη διδασκτική παρέμβαση II, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών (38%) προτείνει κατάλληλη και επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 3). Είναι συγκριτικά μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (25%) που προτείνει μια κατάλληλη αλλά μη επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 2), ενώ είναι περαιτέρω μικρότερο το ποσοστό των μαθητών (19%) που προτείνει μια μη κατάλληλη απάντηση από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 1). Ένα ίδιο ποσοστό μαθητών (19%) δεν προτείνει καμία απάντηση (επίπεδο 0). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι, πριν τη διδασκτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών (38%) προτείνει κατάλληλη και επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων που δίνεται (επίπεδο 3).

Μετά τη διδασκτική παρέμβαση II, προκύπτει αύξηση του ποσοστού των μαθητών (35%) που προτείνει κατάλληλη αλλά μη επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 2). Παρατηρείται μείωση του ποσοστού των μαθητών (18%) που προτείνει κατάλληλη και επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 3), ενώ αυξάνεται το ποσοστό των μαθητών (29%) που προτείνει μια μη κατάλληλη απάντηση από τον πίνακα δεδομένων (επίπεδο 1). Τέλος, παραμένει σχεδόν ίδιο το ποσοστό μαθητών (18%) που δεν προτείνει απάντηση (επίπεδο 0). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η πλειοψηφία των μαθητών (35%), μετά τη διδασκτική παρέμβαση II, προτείνει κατάλληλη αλλά μη επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων που δίνεται (επίπεδο 2).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών, πριν και μετά τη διδασκτική παρέμβαση II, προκύπτει ότι υπάρχουν μικρές διαφοροποιήσεις στην εξέλιξη της πρακτικής των μαθητών που αφορά στη διαπίστωση της τάσης στα δεδομένα από έναν πίνακα. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδασκτική παρέμβαση II, η πλειοψηφία των μαθητών προτείνει κατάλληλη και επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων, μετά τη διδασκτική παρέμβαση II, προτείνει μια κατάλληλη αλλά μη επαρκή απάντηση από τον πίνακα δεδομένων. Όμως, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική συσχέτιση ανάμεσα στα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών (επίπεδα 0 και 1, επίπεδα 2 και 3), πριν και μετά τη διδασκτική παρέμβαση II ($\chi^2 = 0,04$, $df = 1$, $p = 0.8415$). Συνεπώς, κατά την εφαρμογή της διδασκτικής παρέμβασης II, δε διαπιστώνεται σημαντική βελτίωση στη διαπίστωση της τάσης στα δεδομένα από έναν πίνακα.

5.5. Ανακεφαλαίωση

Στην ενότητα αυτή πραγματοποιήθηκε η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας. Ειδικότερα, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα του αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για την έννοια του ηλεκτρομαγνήτη, πριν και μετά τις διδασκτικές παρεμβάσεις. Παρουσιάστηκαν, επίσης, τα αποτελέσματα του αρχικού και τελικού ερωτηματολογίου σχετικά με τις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, πριν και μετά τις διδασκτικές

παρεμβάσεις. Προέκυψε ότι, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, σημειώθηκε σημαντική εξέλιξη στις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επίσης, διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Αντίθετα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, προέκυψε ότι δε σημειώθηκε σημαντική εξέλιξη στις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επίσης, δε διαπιστώθηκε σημαντική βελτίωση στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1. Εισαγωγή

Τα τελευταία σαράντα χρόνια ένας μεγάλος αριθμός ερευνών έχει ασχοληθεί με τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για βασικές περιοχές της διδασκόμενης φυσικο-επιστημονικής γνώσης (βλ. ενότητα 2.2). Επιπλέον, ένας τομέας της έρευνας εστιάζεται στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών, μέσα από την ενεργό εμπλοκή τους με διδασκαλίες που στηρίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και μάθησης των Φυσικών Επιστημών (βλ. ενότητα 2.3). Παράλληλα, εκτός από την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών, έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές και έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (βλ. ενότητα 2.4).

Παρά το γεγονός ότι έχουν διερευνηθεί οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την εννοιολογική περιοχή του ηλεκτρομαγνητισμού είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που αφορά στη διδακτική αντιμετώπιση αυτών των αντιλήψεων των μαθητών (βλ. ενότητα 3.2). Επιπλέον, η έρευνα αυτή εστιάζεται σε ορισμένες μόνο πτυχές του ηλεκτρομαγνητισμού (π.χ. μαγνητικό πεδίο παράλληλων ρευματοφόρων αγωγών, η έννοια «πεδίο» στον ηλεκτρομαγνητισμό, παράγωγή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου από ηλεκτρικά κυκλώματα, καθορισμός διεύθυνσης του πεδίου) και σε μαθητές της δευτεροβάθμιας και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, ενώ η έρευνα που εστιάζεται στις αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες και στην εξέλιξή τους είναι ιδιαίτερα περιορισμένη (βλ. υποενότητα 3.2.3). Επιπρόσθετα, απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν την επίδραση διδασκαλιών που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην εξέλιξη των αντιλήψεων και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες. Τέλος, απουσιάζουν έρευνες που να συγκρίνουν τα μαθησιακά αποτελέσματα μιας διδασκαλίας βασισμένης στο σχολικό εγχειρίδιο με εκείνα μιας διδακτικής παρέμβασης, η οποία βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση με χρήση επιστημονικών πρακτικών.

Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης έρευνας που να εστιάζει στη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης στη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών του δημοτικού σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες καθώς και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών των μαθητών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες, η οποία βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση με χρήση επιστημονικών πρακτικών, στην εξέλιξη των αντιλήψεων και στην ανάπτυξη ορισμένων επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές της Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου. Επιπρόσθετα, επιδιώχθηκε η σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της διδακτικής παρέμβασης και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου για τους ηλεκτρομαγνήτες.

Ειδικότερα τέθηκαν τα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

- (α) Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες;
- (β) Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε στην ανάπτυξη των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων;
- (γ) Υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα μαθησιακά αποτελέσματα (αντιλήψεις και επιστημονικές πρακτικές) αυτής της διδακτικής παρέμβασης και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Στ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου για τους ηλεκτρομαγνήτες;

Για την παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε ως ερευνητικό εργαλείο το ερωτηματολόγιο (βλ. Παράρτημα) για τη διερεύνηση των αντιλήψεων σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες και των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας. Ειδικότερα, το κεφάλαιο αυτό συντίθεται από τρεις ενότητες. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα κύρια ευρήματα της έρευνας (βλ. ενότητα 6.2). Στη δεύτερη ενότητα αναφέρονται οι περιορισμοί της έρευνας (βλ. ενότητα 6.3). Στην τρίτη ενότητα διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα (βλ. ενότητα 6.4).

6.2. Κύρια ευρήματα της έρευνας και σχολιασμός τους

Στην ενότητα αυτή πραγματοποιείται παρουσίαση και σχολιασμός των κύριων ευρημάτων της έρευνας. Η ενότητα αυτή απαρτίζεται από τρεις υποενότητες. Στην πρώτη υποενότητα παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα κύρια ευρήματα που αφορούν στη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης, που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε, στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες. Στη δεύτερη υποενότητα παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα κύρια ευρήματα που αφορούν στη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε, στην εξέλιξη των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών. Στην τρίτη υποενότητα παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα ευρήματα που αφορούν στη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων της διδακτικής παρέμβασης, που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε, και της διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου.

Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες

Όσον αφορά τις αντιλήψεις των μαθητών για την έννοια του ηλεκτρομαγνήτη διαπιστώθηκε ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών εκδήλωνε εναλλακτικές αντιλήψεις, διαφορετικές από τη σχολική γνώση. Πιο συγκεκριμένα, πάνω από τους μισούς μαθητές δε γνώριζαν τι είναι ο ηλεκτρομαγνήτης. Μετά τη διδακτική παρέμβαση, τα αποτελέσματα διαφοροποιήθηκαν προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης, όπου πάνω από τους

μισούς μαθητές ήταν σε θέση να εξηγούν τι είναι ηλεκτρομαγνήτης και να περιγράψουν τα μέρη του. Η εξέλιξη αυτή στις αντιλήψεις των μαθητών γίνεται φανερή και από τη σύγκριση των σχηματικών αναπαραστάσεων που κατασκευάζουν οι μαθητές για τον ηλεκτρομαγνήτη, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση, πάνω από τους μισούς μαθητές σχεδίαζαν κυρίως μαγνήτες που συνδέονταν με καλώδια σε μια πρίζα ή μπαταρία, μετά την παρέμβαση, οι αναπαραστάσεις τους περιελάμβαναν τα μέρη του ηλεκτρομαγνήτη: σιδερένιο καρφί, σπείρες, καλώδια και μπαταρίες.

Για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το αν η ελκτική δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη μπορεί να μεταβληθεί προέκυψε ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, η πλειοψηφία των μαθητών εξέφραζε την άποψη ότι δεν είναι δυνατό να συμβεί κάτι τέτοιο. Ωστόσο, μετά τη διδακτική παρέμβαση, όλοι οι μαθητές άλλαξαν τις αντιλήψεις τους προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Από τους μαθητές αυτούς, οι περισσότεροι πρότειναν την αύξηση του αριθμού των μπαταριών ή των σπειρών του πηνίου ώστε να μεταβληθεί η ελκτική δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη.

Αναφορικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για το αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, πριν τη διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, οι περισσότεροι μαθητές ενεργοποιούσαν αντιλήψεις που δεν ήταν συμβατές με τη σχολική γνώση διότι δεν μπορούσαν να συνδέσουν τον ηλεκτρισμό με το μαγνητισμό. Το εύρημα αυτό συνάδει τα αποτελέσματα της έρευνας του Barrow (1987) σύμφωνα με την οποία οι μαθητές δεν αναγνωρίζουν τη μαγνητική επίδραση ενός ηλεκτρικού κυκλώματος. Μετά την παρέμβαση, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών εξέφρασε την αντίληψη ότι ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, αντίληψη προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Όσον αφορά τις μαγνητικές ιδιότητες του σπειροειδούς ρευματοφόρου αγωγού, πριν τη διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, κανένας μαθητής δε θεωρούσε ότι έχει πιο έντονες μαγνητικές ιδιότητες από έναν ευθύγραμμο ρευματοφόρο αγωγό. Μετά την διδακτική παρέμβαση, περίπου οι μισοί μαθητές ενεργοποίησαν την αντίληψη προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης.

Η τάση των μαθητών να εκδηλώνουν αντιλήψεις για τους ηλεκτρομαγνήτες που δεν είναι συμβατές με τη σχολική γνώση μπορεί να αποδοθεί στο ότι οι μαθητές όταν βρίσκονται αντιμέτωποι με ένα πρόβλημα, τότε τείνουν να προβαίνουν σε μια «ανάγνωση» της υπό εξέταση κατάστασης που στηρίζεται αρχικά σε δεδομένα που γίνονται αντιληπτά μέσω των αισθήσεων (Driver et al. 1993; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι στην ερώτηση για το αν ένας ευθύγραμμος ρευματοφόρος αγωγός έχει μαγνητικές ιδιότητες, οι περισσότεροι μαθητές έδωσαν εναλλακτικές απαντήσεις αφού το μαγνητικό πεδίο δεν υποπίπτει στις αισθήσεις τους. Επιπλέον, συνήθως οι μαθητές επικεντρώνουν την προσοχή τους και λαμβάνουν υπόψη τους ορισμένα εξέχοντα μόνο χαρακτηριστικά των καταστάσεων που μελετούν ενώ αγνοούν κάποια άλλα (Driver et al. 1993; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

Μελετώντας συνολικά τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες, διαπιστώνεται ότι είναι εφικτή η

διδασκτική επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες, αφού η πλειοψηφία των μαθητών, μετά τη διδασκτική παρέμβαση, ενεργοποίησε αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης.

Η συμβολή της διδασκτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών

Η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013). Επιδιώκεται οι μαθητές, μέσω της εμπλοκής τους με επιστημονικές πρακτικές, να οικοδομήσουν και να χρησιμοποιούν ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών προκειμένου να ερμηνεύουν φαινόμενα, να επιλύουν προβλήματα και να λαμβάνουν αποφάσεις (NGSS Lead States, 2013).

Αναφορικά με την ικανότητα των μαθητών να διατυπώνουν ένα ερευνητικό ερώτημα, προέκυψε ότι, πριν τη διδασκτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, η πλειοψηφία των μαθητών ήταν σε θέση να διατυπώνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερώτημα με βάση το πρόβλημα που δίνεται. Όμως, μετά τη διδασκτική παρέμβαση, προέκυψε σημαντική διαφοροποίηση, αφού σχεδόν οι μισοί μαθητές ήταν σε θέση να διατυπώνουν επαρκώς ένα σχετικό και πλήρες ερευνητικό ερώτημα.

Σχετικά με την ικανότητα των μαθητών να διατυπώνουν ερευνητικές υποθέσεις, πριν τη διδασκτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, διαπιστώθηκε ότι περίπου οι μισοί μαθητές διατύπωναν μια σχετική αλλά ελλιπή υπόθεση. Όμως, μετά τη διδασκτική παρέμβαση, προέκυψε σημαντική διαφοροποίηση αφού ενισχύθηκε το ποσοστό των μαθητών που ήταν σε θέση να διατυπώνουν μια σχετική και πλήρη υπόθεση.

Όσον αφορά με την ικανότητα των μαθητών να εντοπίζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή προέκυψε ότι, πριν τη διδασκτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, το μεγαλύτερο ποσοστό δεν ήταν σε θέση να την εντοπίσει στο πρόβλημα που δόθηκε. Μετά τη διδασκτική παρέμβαση, διαπιστώνεται ότι οι περισσότεροι μαθητές ήταν σε θέση να εντοπίζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή.

Αναφορικά με την ικανότητα των μαθητών να εντοπίζουν τις μεταβλητές ελέγχου προέκυψε ότι, πριν τη διδασκτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, κανένας μαθητής δεν ήταν σε θέση να τις εντοπίσει στο πρόβλημα που δόθηκε. Μετά τη διδασκτική παρέμβαση, διαπιστώνεται ότι οι περισσότεροι μαθητές ήταν σε θέση να εντοπίσουν κάποιες ή και όλες τις μεταβλητές ελέγχου στο πρόβλημα που δόθηκε.

Σχετικά με την ικανότητα των μαθητών να εντοπίζουν τη εξαρτημένη μεταβλητή προέκυψε ότι, πριν τη διδασκτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών δεν ήταν σε θέση να την εντοπίσει στο πρόβλημα που δόθηκε. Μετά τη διδασκτική παρέμβαση, διαπιστώνεται ότι οι περισσότεροι μαθητές μπορούσαν να εντοπίσουν την εξαρτημένη μεταβλητή ή να την περιγράψουν ποιοτικά στο πρόβλημα που δόθηκε.

Σχετικά με την ικανότητα των μαθητών να περιγράφουν μια ερευνητική διαδικασία, προέκυψε ότι, πριν τη διδασκτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών δεν ήταν σε

θέση να περιγράψει μια σχετική ερευνητική διαδικασία βάσει του προβλήματος που δόθηκε. Μετά τη διδακτική παρέμβαση, διαπιστώνεται ότι πάνω από τους μισούς μαθητές είναι σε θέση να περιγράψουν μια κατάλληλη ερευνητική διαδικασία, αναφέροντας την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου, την εξαρτημένη μεταβλητή και το όργανο μέτρησης ή ορισμένα από αυτά βάσει του προβλήματος που δόθηκε.

Αναφορικά με την ικανότητα των μαθητών να συνοψίζουν δεδομένα σε πίνακα, προέκυψε ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, οι περισσότεροι μαθητές συμπλήρωσαν τον πίνακα με ορισμένα στοιχεία που αφορούν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή. Μετά τη διδακτική παρέμβαση, διαπιστώνεται ότι οι περισσότεροι μαθητές είναι σε θέση να συμπληρώνουν το πίνακα έχοντας στη πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής βάσει του προβλήματος που δόθηκε..

Όσον αφορά στην ικανότητα των μαθητών να εξάγουν πληροφορία από έναν πίνακα δεδομένων προέκυψε ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών ήταν σε θέση να εξάγει την κατάλληλη πληροφορία από τον πίνακα που τους δόθηκε. Μετά τη διδακτική παρέμβαση, διαπιστώνεται ότι το ποσοστό αυτό των μαθητών ενισχύεται περαιτέρω.

Σχετικά με τη διαπίστωση της τάσης στα δεδομένα από έναν πίνακα, προέκυψε ότι, πριν τη διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε, το μεγαλύτερο ποσοστό μαθητών δεν ήταν σε θέση να προτείνει κατάλληλη και επαρκή απάντηση. Μετά τη διδακτική παρέμβαση, διαπιστώνεται ότι οι περισσότεροι μαθητές ήταν σε θέση να προτείνουν κατάλληλη και επαρκή απάντηση από τον πίνακα που δόθηκε.

Εξετάζοντας συνολικά τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε διαπιστώνεται ότι είναι εφικτή η ανάπτυξη των επιστημονικών πρακτικών των μαθητών που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Οι περισσότεροι μαθητές, μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, ήταν σε θέση να διατυπώνουν ένα ερευνητικό ερώτημα, να εκφέρουν υποθέσεις, να εντοπίζουν την ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου, την εξαρτημένη μεταβλητή, να περιγράφουν μια ερευνητική διαδικασία, να συνοψίζουν δεδομένα σε πίνακα, να εξάγουν πληροφορία από έναν πίνακα δεδομένων και να διαπιστώνουν την τάση από τα δεδομένα ενός πίνακα.

Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων των δύο διδακτικών παρεμβάσεων

Από τις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές στο αρχικό ερωτηματολόγιο, πριν τη διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε και τη διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου, διαπιστώνεται ότι οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες καθώς και οι επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, κινούνται στα ίδια επίπεδα. Οι μαθητές δηλαδή εμφανίζουν κοινές εναλλακτικές αντιλήψεις για τους ηλεκτρομαγνήτες

και δεν έχουν αναπτύξει ικανοποιητικά τις επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.

Η σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο τελικό ερωτηματολόγιο, μετά τη διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε και τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου, δείχνει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις. Πιο συγκεκριμένα, από την εφαρμογή στους μαθητές του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε προέκυψε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά οι απαντήσεις των μαθητών τόσο στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που αφορούν στις αντιλήψεις όσο και στις ερωτήσεις που αφορούν στις επιστημονικές πρακτικές. Αντίθετα, από την εφαρμογή στους μαθητές του εκπαιδευτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου προέκυψε ότι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι απαντήσεις των μαθητών τόσο στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που αφορούν στις αντιλήψεις όσο και στις ερωτήσεις που αφορούν στις επιστημονικές πρακτικές. Συνεπώς, η διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στο εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε είχε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από τη διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στο σχολικό εγχειρίδιο.

Τα ευρήματα της εργασίας αυτής που αφορούν στη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε, είναι δυνατόν να αποδοθούν σε λόγους που σχετίζονται με τη διδακτική στρατηγική που ακολουθήθηκε και στις δραστηριότητες που χρησιμοποιήθηκαν. Η συγκεκριμένη διδακτική στρατηγική, η οποία ήταν βασισμένη στα πρότυπα της εποικοδομητικής προσέγγισης για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και είχε σαν σκοπό την ανάδειξη, την αποσταθεροποίηση και την αναδόμηση των αντιλήψεων των μαθητών, συνεισέφερε στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών. Η συγκρότηση του διδακτικού υλικού πραγματοποιήθηκε με τρόπο ούτως ώστε οι δραστηριότητες να συμβάλουν στην αλληλεπίδραση των μαθητών μέσα από αντιπαραθέσεις. Οι συζητήσεις, που έλαβαν χώρα ανάμεσα στα μέλη των ομάδων, προσέφεραν τη δυνατότητα τους μαθητές να υποστηρίξουν τις αντιλήψεις τους και να προσπαθήσουν να πείσουν τους συμμαθητές τους με δεδομένα και αποδεικτικά στοιχεία και συνέβαλαν στην εννοιολογική αλλαγή (Asterhan & Schwarz, 2009; Skoumios, 2009). Επιπλέον, η εμπλοκή των μαθητών με τις επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, συνεισέφερε στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες. Οι επιστημονικές πρακτικές αποτελούν τα «κλειδιά» για την κατανόηση των ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013).

Μολονότι η διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών για τους ηλεκτρομαγνήτες αναδείχθηκε εφικτή, ωστόσο υπάρχουν μαθητές που δεν τροποποίησαν τις αντιλήψεις τους. Η παραπάνω διαπίστωση καταδεικνύει ότι αυτές οι αντιλήψεις των μαθητών είναι ιδιαίτερα ανθεκτικές στην εννοιολογική αλλαγή. Ο ανθεκτικός χαρακτήρας των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών έχει επαρκώς τεκμηριωθεί στη συναφή ερευνητική βιβλιογραφία (ενδεικτικά: Brown, 1992; Gunstone, Gray & Searle, 1992; Mestre & Touger, 1989;

Skoumios & Hatzinikita, 2005; 2006; Chi, Kristensen, & Roscoe, 2012; Pantazopoulou & Skoumios, 2013).

6.3. Περιορισμοί της εργασίας

Ένας σημαντικός περιορισμός της παρούσας έρευνας αποτελεί το δείγμα της καθώς αυτό ήταν δεκαεννέα μαθητές της Στ' τάξης του 2^{ου} Δημοτικού Σχολείου Αρχαγγέλου, οι οποίοι αποτελούσαν την πειραματική ομάδα, και δεκαοκτώ μαθητές της Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου Μαριτσών, οι οποίοι αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου.

Ως περιορισμός θα μπορούσε να θεωρηθεί το γεγονός ότι δεν υπήρχε χρόνος να πραγματοποιηθούν συνεντεύξεις, ώστε να λειτουργήσουν συμπληρωματικά με το ερωτηματολόγιο και να οδηγήσουν σε πιο σαφή συμπεράσματα για τη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών και των επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.

6.4. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Από τα ευρήματα και τις διαπιστώσεις καθώς και τους περιορισμούς της παρούσας έρευνας προκύπτουν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα. Ειδικότερα, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί η ίδια έρευνα σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών της Στ' τάξης και σε περισσότερες περιοχές της Ελλάδας ώστε τα μαθησιακά αποτελέσματα να μπορούν να γενικευτούν.

Επιπλέον, η έρευνα αυτή θα μπορούσε να υλοποιηθεί σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με τη χρήση αντίστοιχου διδακτικού υλικού και να γίνει αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Για να διερευνηθεί αν τα μαθησιακά αποτελέσματα παραμένουν αμετάβλητα με το πέρασμα του χρόνου, θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων κάποιο χρονικό διάστημα μετά την παρέμβαση και σύγκρισή τους με τα μαθησιακά αποτελέσματα αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στις πρακτικές που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Προτείνεται να πραγματοποιηθεί έρευνα η οποία να μελετά τις άλλες επιστημονικές πρακτικές (υποβολή ερωτημάτων, ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, συγκρότηση εξηγήσεων, εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία, απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών).

Τέλος, θα μπορούσε να υλοποιηθεί έρευνα με τη χρήση αντίστοιχου διδακτικού υλικού για άλλες εννοιολογικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών και να γίνει αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, ώστε να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών.

6.5 Ανακεφαλαίωση

Στο τελευταίο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας παρουσιάστηκαν και σχολιάστηκαν τα κυριότερα ευρήματα της παρούσας έρευνας που αφορούσαν στην συμβολή της διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στην επικοινωνιακή προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τους ηλεκτρομαγνήτες και στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών που αφορούν στο σχεδιασμό και πραγματοποίηση έρευνας και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Επίσης, πραγματοποιήθηκε σχολιασμός που αφορούσε τη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων της διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στην επικοινωνιακή προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, και της διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου. Τέλος, εντοπίστηκαν οι περιορισμοί της εργασίας και δόθηκαν προτάσεις για περαιτέρω έρευνα.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, B. (1980). Some aspects of children's understanding of boiling point. In W. F. Archenhold, R. Driver, A. Orton, & C. Wood-Robinson (Eds), *Cognitive Research in Science and Mathematics, Proceeding of an International Seminar* (pp. 17-21), University of Leeds.
- 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.
- Antoniadou, P., & Skoumios, M. (2013). Primary Teachers' Conceptions about Science Teaching and Learning. *The International Journal of Science in Society*, 4(1), 69–82.
- Asterhan, C. S., & Schwarz, B. B. (2009). Argumentation and explanation in conceptual change: Indications from protocol analyses of peer-to-peer dialog. *Cognitive science*, 33(3), 374-400.
- Bar, V., & Zinn, B. (1997). Similar frameworks of action-at-a-distance: Early scientists' and pupils' ideas. *Science & Education*, 7(5), 471-491.
- Bar, V. & Zinn, B. (1998), Children's ideas about action at a distance, *International Journal of Science Education*, 19(10), 1137-1157.
- 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.
- Baviskar, S. N., Hartle, R. T., & Whitney, T. (2009). Essential Criteria to Characterize Constructivist Teaching: Derived from a review of the literature and applied to five constructivist-teaching method articles. *International Journal of Science Education*, 31(4), 541–550.
- Borges, T., & Gilbert, J. (1999). Mental models of electricity. *International Journal of Science Education*, 21(1), 95–117.
- Brown, D. E. (1992). Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching* 29(1), 17-34.
- Bybee, R. (2011). Scientific and Engineering Practices in K-12 Classrooms: Understanding “A Framework for K-12 Science Education.” *Science Scope*, 35(4), 10–16.
- Bybee, R., Taylor, J., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado Springs.

- Chi, M.T.H., Kristensen, A. K., & Roscoe, R. (2012). Misunderstanding emergent causal mechanism in natural selection. In K. Rosengren, S. Brem, & G. Sinatra (Eds.), *Evolution Challenges: Integrating Research and Practice in Teaching and Learning about Evolution* (pp. 145-173). Oxford University Press.
- Cohen, L., & Manion, L. (1997). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας* (4th ed.). Αθήνα: Έκφραση.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education* (5th ed.). London - New York: RoutledgeFalmer.
- Dori, Y. J., & Belcher, J. (2005). How Does Technology-Enabled Active Learning Affect Undergraduate Students' Understanding of Electromagnetism Concepts? *Journal of the Learning Sciences*, 14(2), 243–279.
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R., Guesne, E., & Timberghien, A. (1993). Μερικά Χαρακτηριστικά των Ιδεών των Μαθητών και οι Συνέπειές τους για τη Διδασκαλία. Στο Π. Φιλντίσης (Επιμ.), *Οι Ιδέες των Παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (σελ. 273–286). Αθήνα: Τροχαλία.
- Driver, R., Guesne, E., & Timberghien, A. (1993). Οι Ιδέες των Παιδιών και η Μάθηση των Φυσικών Επιστημών. Στο Π. Φιλντίσης (Επιμ.), *Οι Ιδέες των Παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (σελ. 1–12). Αθήνα: Τροχαλία.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13(1), 105–122.
- Driver, R., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science—research into children's ideas*. London: Routledge.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικο - Δομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών*. (Π. Κόκκοτας, Επιμ.) (2^η εκδ.). Αθήνα: Τυπωθύτω Γιώργος Δάρδανος.
- Erickson, G. (1994). Pupils' understanding of magnetism in a practical assessment context: the relationship between content, process and progression. *The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning*, 80-97.
- Galili, I. (1995). Mechanics background influences students' conceptions in electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 17(3), 371–387.
- Giordan, A., & De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir: des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel-Paris: Delachaux & Niestlé.

- Gott, R. (1985). The place of electricity in the assessment of performance in science. In *Proceedings of an international workshop: Aspects of understanding electricity* (pp. 72-99).
- Grigore, I., Miron, C., & Barna, E. S. (2013). Using the Conceptual Map Method in the Teaching of Fundamental Concepts of Electromagnetism. In *The 8th International Conference on Virtual Learning, ICVL 2013* (pp. 68–72). 25-26 October, Bucharest, Romania: Bucharest University Press.
- Guisasola, J., Almudi, J. M., & Zubimendi, J. L. (2004). Difficulties in learning the introductory magnetic field theory in the first years of university. *Science Education*, 88(3), 443–464.
- Gunstone, R., Gray, R., & Searle, P. (1992). Some long-term effects of long-term uninformed conceptual change. *Science Education*, 76, 175-197.
- Kerr, K., Beggs, J., & Murphy, C. (2006). Comparing children's and student teachers' ideas about science concepts. *Irish Educational Studies*, 25(3), 289–302.
- Kokkotas, P., Rizaki, A., & Malamitsa, K. (2010). Storytelling as a Strategy for Understanding Concepts of Electricity and Electromagnetism. *Interchange*, 41(4), 379–405.
- Koliopoulos, D., Dossis, S., & Stamoulis, E. (2007). The use of history of science texts in teaching science: Two cases of an innovative, constructivist approach. *The Science Education Review*, 6(2), 44–56.
- Krajcik, J. S., & Czerniak, C. M. (2014). *Teaching science in elementary and middle school: A project-based approach* (4th ed.). Routledge.
- Maloney, D. P., O’Kuma, T. L., Hieggelke, C. J., & Van Heuvelen, A. (2001). Surveying students’ conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(S1), S12-S23.
- Mestre, J. & Touger, J. (1989). Cognitive research. What’s in it for physics teachers? *The Physics Teacher* 27(6), 447-456.
- Michelini, M., & Vercellati, S. (2012). Pupils explore magnetic and electromagnetic phenomena in CLOE labs. *Latin-American Journal of Physics Education*, 6(1), 10–15.
- Narjaikaewa, P., Emaratb, N., & Cowiec, B. (2009). The effect of guided note taking during lectures on Thai university students’ understanding of electromagnetism. *Research in Science & Technological Education*, 27(1), 75–94.

- National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on Conceptual Framework for the New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Osborne, R., & Freyberg, P. (1985). Children's science. In R. Osborne & P. Freyberg (Eds.), *Learning in Science* (pp. 5–14). Auckland: Heinemann Educational Books.
- Pantazopoulou, A. & Skoumios, M. (2013). The persistence of students' conceptions about buoyancy in gases. *The International Journal of Science in Society*, 4(3), 95-108.
- Papamichael, Y., & Ravanis, K. (1993). La compréhension de la notion du champ magnétique par les enseignants en formation de l'école primaire. *SPIRALE*, (10-11), 249-262.
- Piaget, J., & Chollet, M. (1973). Le problème de l'attraction à propos des aimants. *La formation de la notion de force*, 223-243.
- Pintrich, P. R., Smith, D. A. F., Garcia, T., & McKeachie, W. J. (1991). A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ).
- Raduta, C. (2005). General students' misconceptions related to Electricity and Magnetism, *arXiv preprint physics/0503132*.
- Ravanis, K., Pantidos, P., & Vitoratos, E. (2009). Magnetic Field Mental Representations of 14-15 years old Students. *Acta Didacta Napocensia*, 2(2), 1–8.
- Ravanis, K., Pantidos, P., & Vitoratos, E. (2010). Mental Representations of Ninth Grade Students: The Case of the Properties of the Magnetic Field. *Journal of Baltic Science Education*, 9(1), 50–60.
- von Rhoneck, C. (1981, September). Students' conceptions of the electric circuit before physics instruction. In *Proceedings of the International Workshop on Problems Concerning Students Representations of Physics and Chemistry Knowledge. Ludwigsburg West Germany*, pp.194-213

- von Rhöneck, C. (1985). Aspects of Understanding Electricity. Proceedings of an International Workshop, Ludwigsburg, 1984.
- 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.
- Sağlam, M. (2010). Students' performance awareness, motivational orientations and learning strategies in a problem-based electromagnetism course. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 11(2).
- Sağlam, M., & Millar, R. (2004). *Diagnostic test of students' ideas in electromagnetism*. University of York, Department of Educational Studies.
- Schweingruber, H., Duschl, R., & Shouse, A. (2007). *Taking Science to School:: Learning and Teaching Science in Grades K-8*. (H. Schweingruber, R. Duschl, & A. Shouse, Eds.). National Academies Press.
- Scott, W. R. (1987). The Adolescence of Institutional Theory. *Administrative Science Quarterly*, 32(4), 493.
- Shipstone, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple DC circuits. *European journal of science education*, 6(2), 185-198.
- Shipstone, D. (1993). Ηλεκτρισμός σε απλά κυκλώματα. Στο Π. Φιλντίνης (Επιμ.), *Οι Ιδέες των Παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (σελ. 45–72). Αθήνα: Τροχαλία.
- Skamp, K. (2011). *Teaching primary science constructively*. Cengage Learning.
- Skoumios, M. (2009). The Effect of Sociocognitive Conflict on Students' Dialogic Argumentation about Floating and Sinking. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(4), 381–399.
- Skoumios, M., & Hatzinikita, V. (2005). The role of cognitive conflict in science concept learning. *International Journal of Learning*, 12(7), 185–194.
- Skoumios, M., & Hatzinikita, V. (2006). Research-based Teaching about Science at the Upper-Primary School Level. *International Journal of Learning*, 13(5), 29–42.
- 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. *Education, IEEE Transactions on*, 55(1), 29-35.

- Smolleck, L., & Hershberger, V. (2011). Playing with Science - An Investigation of Young Children's Science Conceptions and Misconceptions. *Current Issues in Education*, 14(1), 1–32.
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63–82.
- Tiberghien, A. (1983). Critical review of research concerning the meaning of electric circuits for students aged 8 to 20 years. *Research on Physics Education*, 109-123.
- Vamvakoussis, C. (1984). Représentations et interprétations sur quelques phénomènes électromagnétiques simples par les élèves de 10 à 14 ans. Mémoire du DEA, Université Paris VII, Paris.
- Zhou, S., Yeung, Y.-Y., Wang, Y., Wang, X., & Xiao, H. (2013). Integrating Effective Pedagogies in Science Education with a Design of Alternative Experiments on Electromagnetics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(1), 13–21.
- Βουτσινά, Λ., & Ραβανής, Κ. (2007). Ιστορικά μοντέλα και νοητικές παραστάσεις μαθητών/τριών λυκείου για το μαγνητισμό. Στο Δ. Κολιόπουλος (Επιμ.), *Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών Η πολιτισμική συνιστώσα των φυσικών επιστημών στην εκπαίδευση*. Αθήνα: Ωθηση.
- Κόκκοτας, Π. (2004). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών - Μέρος Α* (4^η εκδ.). Αθήνα: Γρηγόρη.
- Κόκκοτας, Π. (1998). *Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών - Η Εποικοδομητική Προσέγγιση της Διδασκαλίας και της Μάθησης* (2^η εκδ.). Αθήνα: Αυτοέκδοση.
- Κολιόπουλος, Δ. (2004). *Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών - Η Συγκρότηση της Σχολικής Γνώσης*. Αθήνα: Μεταίχμιο.
- Κουζέλης, Γ., & Κουλαϊδής, Β. (1988). Διαδικασίες μάθησης: εναλλακτικές λύσεις και οι συνέπειές τους στη διδακτική των φυσικών επιστημών. *Νέα Παιδεία*, (48), 146–162.
- Κουλαϊδής, Β. (1994). Επιστημολογία και κατασκευή Αναλυτικών Προγραμμάτων: Η επιλογή περιεχομένου για την διδασκαλία των ΦΕ. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, (75), 22–29.
- Κουλαϊδής, Β. (2001). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: αντικείμενο και αναγκαιότητα. Στο Β. Κουλαϊδής (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών Τόμος Α* (σελ. 25–50). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κουμαράς, Π. Γ., & Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Τμήμα Φυσικής. (1989). *Μελέτη της εποικοδομητικής προσέγγισης στην πειραματική διδασκαλία του ηλεκτρισμού*.

- Κυριτσόπουλος, Κ. (2010). *Ανίχνευση των βιωματικών νοητικών παραστάσεων των μαθητών της ΣΤ' τάξης του δημοτικού σχολείου για τον ηλεκτρομαγνητισμό* (Doctoral dissertation).
- Σκουμιός, Μ., & Σκουμπουρδή, Χ. (2015). Ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες. Στο Χ. Σκουμπουρδή & Μ. Σκουμιός (Επιμ.), *Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Ανάπτυξη Εκπαιδευτικού Υλικού στα Μαθηματικά και τις Φυσικές Επιστήμες»* (σελ. 14–37). Ρόδος: Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Τσέτσος Σ. & Σκουμιός Μ. (2016). Οι επιστημονικές πρακτικές στις πειραματικές δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε' τάξης του δημοτικού σχολείου. Στο Πιερράτος, Θ., Κουμαράς, Π. και Πολάτογλου, Χ. Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου - "Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες", σελ. 137 – 146. ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
- Χατζηνικήτα, Β., & Χρηστίδου, Β. (2001). Πρακτικο-βιωματική γνώση των μαθητών: Γενικά χαρακτηριστικά. Στο: J. Bliss, G. Cooper, Δ. Κολιόπουλος, Β. Κουλαϊδής, Κ. Ραβάνης, J. Solomon, Α. Τσατσαρώνη, Β. Χατζηνικήτα, Β. Χρηστίδου. (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τόμος Α* (σελ. 153–178). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο αυτό δεν αποτελεί αξιολόγηση του μαθήματος των Φυσικών. Για το λόγο αυτό προσπάθησε να απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις, όπως νομίζεις εσύ!

1. Ένας φίλος σου θέλει να του εξηγήσεις τι είναι ένας ηλεκτρομαγνήτης. Προσπάθησε να του εξηγήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς.

2. Προσπάθησε να σχεδιάσεις έναν ηλεκτρομαγνήτη στο παρακάτω πλαίσιο. Στη συνέχεια, να ονομάσεις τα μέρη του.



3. Έχεις έναν ηλεκτρομαγνήτη. Μπορεί αυτός να γίνει πιο ισχυρός; Βάλε στο Ναι ή το Όχι

Ναι

Όχι

Εξήγησε την απάντησή σου.

4. Τρία παιδιά διαφωνούν για το αν ένα ευθύγραμμο καλώδιο (όπως είναι αυτό στο παρακάτω σχήμα) έχει μαγνητικές ιδιότητες (δηλαδή μπορεί να συμπεριφερθεί σαν μαγνήτης). Βάλε στην πρόταση με την οποία συμφωνείς.



- Το καλώδιο όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες
- Το καλώδιο όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες
- Το καλώδιο όταν δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες
- Δεν γνωρίζω

5. Κάποια άλλα παιδιά διαφωνούν για το αν ένα σπειροειδές καλώδιο (όπως είναι αυτό στο παρακάτω σχήμα), έχει μαγνητικές ιδιότητες (δηλαδή μπορεί να συμπεριφερθεί σαν μαγνήτης). Βάλε στην πρόταση με την οποία συμφωνείς.



- Το σπειροειδές καλώδιο όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες το ίδιο έντονες με αυτές που έχει το ίδιο καλώδιο όταν είναι ευθύγραμμο
- Το σπειροειδές καλώδιο όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες που είναι πιο έντονες από τις μαγνητικές ιδιότητες που έχει το ίδιο καλώδιο όταν είναι ευθύγραμμο
- Το σπειροειδές καλώδιο όταν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες
- Το σπειροειδές καλώδιο όταν δεν διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα έχει μαγνητικές ιδιότητες
- Δεν γνωρίζω

Για να απαντήσεις στις ερωτήσεις 6 – 11 διάβασε το παρακάτω κείμενο.

Ο Έντι και η Γιώτα κατασκεύασαν έναν ηλεκτρομαγνήτη. Διαφωνούν όμως μεταξύ τους γιατί ο Έντι υποστηρίζει ότι μπορούν να τον κάνουν πιο ισχυρό, ώστε να έλκει περισσότερες πινέζες, χρησιμοποιώντας περισσότερες μπαταρίες. Η Γιώτα όμως πιστεύει ότι κάτι τέτοιο δεν μπορεί να συμβεί αφού θεωρεί ότι δε γίνεται ένας ηλεκτρομαγνήτης να γίνει πιο ισχυρός. Ύστερα από αυτήν τη διαφωνία τα παιδιά αποφάσισαν να κάνουν μια έρευνα.

6. Ποιο είναι το ερώτημα που θα ερευνήσουν τα παιδιά;

7. Ποια είναι η δική σου άποψη;

8. Τι θα αλλάξουν στην έρευνα που θα κάνουν;

9. Τι δεν θα αλλάξουν στην έρευνα που θα κάνουν;

10. Τι θα μετρήσουν;

11. Τι θα πρότεινες να κάνουν τα παιδιά ώστε να δουν ποιος έχει δίκιο; (Να απαντήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς)

12. Ο Γιώργος, η Μαρία και η Άννα είχαν ποτήρια με ίδια ποσότητα νερού, διαφορετικών θερμοκρασιών. Το νερό του Γιώργου είχε θερμοκρασία 20°C, της Μαρίας 40°C και της Άννας 100°C. Ύστερα από μετρήσεις τα παιδιά βρήκαν ότι ένα κουταλάκι ζάχαρης έκανε 26 δευτερόλεπτα να διαλυθεί στο δοχείο του Γιώργου, 16 δευτερόλεπτα στο δοχείο της Μαρίας και 6 δευτερόλεπτα στο δοχείο της Άννας. Μπορείς να συμπληρώσεις τον πίνακα, με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα;

Για να απαντήσεις στις ερωτήσεις 13 και 14 μελέτησε τον παρακάτω πίνακα που συμπλήρωσαν κάποιοι μαθητές με βάση ένα πείραμα που έκαναν στο μάθημά τους.

Είδος υγρού	Ποσότητα υγρού (σε γραμμάρια)	Χρόνος εξάτμισης (σε λεπτά)
Νερό	2	10
Νερό	3	30
Νερό	5	50

13. Σε πόσα λεπτά εξατμίζονται τα 3 γραμμάρια νερού;

14. Με βάση τα δεδομένα του πίνακα, σε ποιο συμπέρασμα μπορείς να καταλήξεις;

Σε ευχαριστώ !

Φύλλο Εργασίας 1

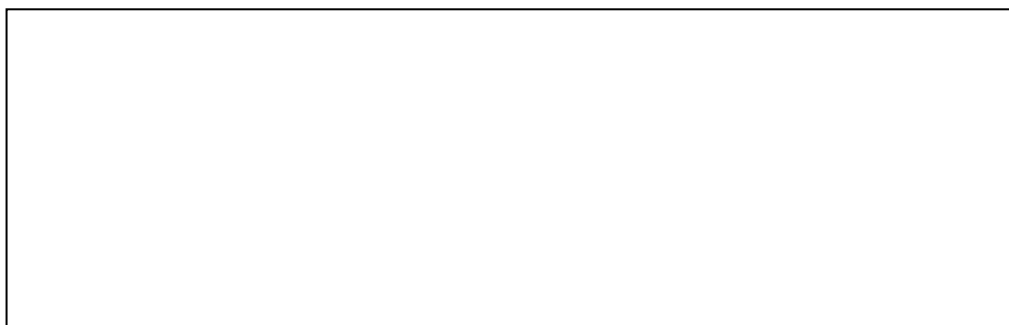
Πρόβλημα 1

Στην παρακάτω εικόνα υπάρχει μια μπαταρία, ένα καλώδιο και μια πυξίδα (μαγνητική βελόνα). Η μαγνητική βελόνα είναι σχεδόν παράλληλη με ένα τμήμα του καλωδίου.



- Τι νομίζεις ότι θα συμβεί στη μαγνητική βελόνα της πυξίδας, αν συνδέσουμε τις άκρες του καλωδίου με τους πόλους της μπαταρίας; Βάλε στην πρόταση με την οποία συμφωνείς.
 - Η μαγνητική βελόνα θα μετακινηθεί (θα αποκλίνει από τη θέση της).
 - Η μαγνητική βελόνα δε θα μετακινηθεί (δεν θα αποκλίνει από τη θέση της).
 - Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;
-
-

- Κατασκεύασε ένα σχέδιο που να αναπαριστά τι θα γίνει με τη μαγνητική βελόνα και το οποίο να αποτυπώνει την άποψή σου.



- Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Υπάρχουν ομοιότητες ανάμεσα στις απαντήσεις σας; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

➤ Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις απαντήσεις σας; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

➤ Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές για την άποψη που έχεις. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις αυτή την άποψη.

➤ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη; Γιατί;

➤ Σαν ομάδα αποφασίσαμε να ασχοληθούμε με το παρακάτω ερώτημα:

Έρευνα 1

Σχεδίαση της έρευνας

- Τι πρόκειται να ερευνήσεις;

- Ποια είναι η άποψη σου;

Πραγματοποίηση της έρευνας

- Τι θα χρειαστείς;

- Τι θα κάνεις;

Διαπιστώσεις

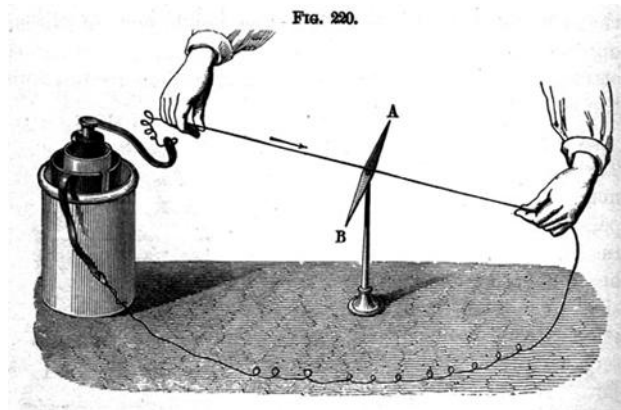
- Τι βρήκες;

- Ήταν αυτό που περίμενες; Γιατί;

- Μπορείς να εξηγήσεις αυτό που βρήκες;

Πρόβλημα 2

«Το 1820 ο Δανός φυσικός Hans Christian Oersted κάνοντας πειράματα με τον ηλεκτρισμό σε ένα μάθημα, έκανε τυχαία μια μεγάλη ανακάλυψη. Η μαγνητική βελόνα μιας πυξίδας, που είχε ξεχάσει κοντά σ' έναν αγωγό, μετακινήθηκε, όταν μέσα από τον αγωγό άρχισε να ρέει ηλεκτρικό ρεύμα. Ο Oersted αντιλήφθηκε αμέσως τη σημασία της ανακάλυψής του. Ήταν ο πρώτος που συσχέτισε τα μαγνητικά με τα ηλεκτρικά φαινόμενα.»



Η εξήγηση του Hans Christian Oersted:

Όταν ένα αγωγός διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα αποκτά μαγνητικές ιδιότητες.

- Να συγκρίνεις την εξήγηση του Oersted με την εξήγηση που πρότεινες εσύ (στην προηγούμενη σελίδα). Υπάρχουν ομοιότητες και διαφορές;

- Τι δυσκολίες συνάντησες σε αυτή την έρευνα;

- Πώς μπορείς να βελτιώσεις την έρευνα αυτή;

- Τι άλλο θέλεις να ερευνήσεις;

Πρόβλημα 3

Μια παρέα δύο φίλων συζητούν για το τι μπορεί να συμβεί αν τυλίξουν πολλές φορές ένα καλώδιο σε μια πυξίδα και συνδέσουν τα άκρα του καλωδίου με τους πόλους μιας μπαταρίας (όπως φαίνεται στην εικόνα). Ο Νίκος υποστηρίζει ότι η μαγνητική βελόνα της πυξίδας θα αποκλίνει από τη θέση της. Ο Κώστας ισχυρίζεται ότι δεν θα αποκλίνει από τη θέση της.



- Ποιο παιδί νομίζεις ότι έχει δίκιο και γιατί;

- Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις αυτή την άποψη.
- Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη; Γιατί;

- Σαν ομάδα αποφασίσαμε να ασχοληθούμε με το παρακάτω ερώτημα:

Έρευνα 2

Σχεδίαση της έρευνας

- Τι πρόκειται να ερευνήσεις;

- Ποια είναι η άποψη σου;

Πραγματοποίηση της έρευνας

- Τι θα χρειαστείς;

- Τι θα κάνεις;

Διαπιστώσεις

- Τι βρήκες;

- Ήταν αυτό που περίμενες; Γιατί;

- Μπορείς να εξηγήσεις αυτό που βρήκες;

Πρόβλημα 4


Ξαναγυρνώντας στο Πρόβλημα 1: Τι νομίζεις ότι θα συμβεί στη μαγνητική βελόνα της πυξίδας, αν συνδέσουμε τις άκρες του καλωδίου με τους πόλους της μπαταρίας;

- Τι απάντηση έδωσες στην αρχή;

- Τι απάντηση θα δώσεις τώρα;

- Αν έδωσες διαφορετική απάντηση στις παραπάνω ερωτήσεις, τι νομίζεις ότι ήταν εκείνο που σου έκανε να αλλάξεις γνώμη;

- Κατασκεύασε ένα σχέδιο που να αναπαριστά τι θα γίνει με τη μαγνητική βελόνα και το οποίο να αποτυπώνει την άποψή σου.



Πρόβλημα 5

- Συμπλήρωσε τις προτάσεις ώστε η πρώτη να δηλώνει αυτό που πιστεύεις πριν τη διδασκαλία και η δεύτερη αυτό που πιστεύεις τώρα;



- Τι νομίζεις ότι ήταν αυτό που σε έκανε να σκέφτεσαι όπως στην πρόταση που είναι στον κόκκινο κύκλο;
-
-

- Συζήτησε τις απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Φύλλο Εργασίας 2

- Παρακολούθησε το [βίντεο](#).
- Τι νομίζεις ότι είναι αυτό που παρουσιάζει το βίντεο;

- Έχεις ξαναδεί κάτι παρόμοιο;

- Πώς νομίζεις ότι λειτουργεί;

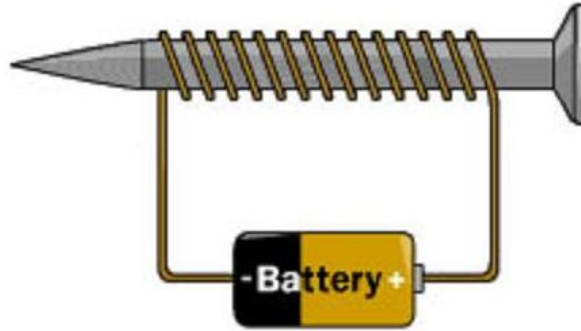
- Παρακολούθησε το [βίντεο](#).

- Ποιες ομοιότητες παρατηρείς ανάμεσα στους μαγνήτες των βίντεο που παρακολούθησες;

- Ποιες διαφορές παρατηρείς;

Πρόβλημα 1

Η Νίκη πήρε ένα καλώδιο και το τύλιξε γύρω από ένα καρφί συνδέοντας τις δύο άκρες του καλωδίου με τους πόλους μιας μπαταρίας (όπως στο παρακάτω σχήμα). Σε μια συζήτηση με τον ξάδελφό της, το Γιάννη, υποστηρίζει ότι αν πλησιάσει το καρφί σε πινέζες μπορεί να τις «σηκώσει». Ο Γιάννης διαφωνεί λέγοντας ότι αυτό δε γίνεται γιατί θεωρεί ότι μόνο ένας μαγνήτης μπορεί να «σηκώσει» τις πινέζες.



- Με ποιο παιδί συμφωνείς και γιατί;

- Συζήτησε με τους συμμαθητές της ομάδας σου.
Υπάρχουν ομοιότητες ανάμεσα στις απόψεις σας; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

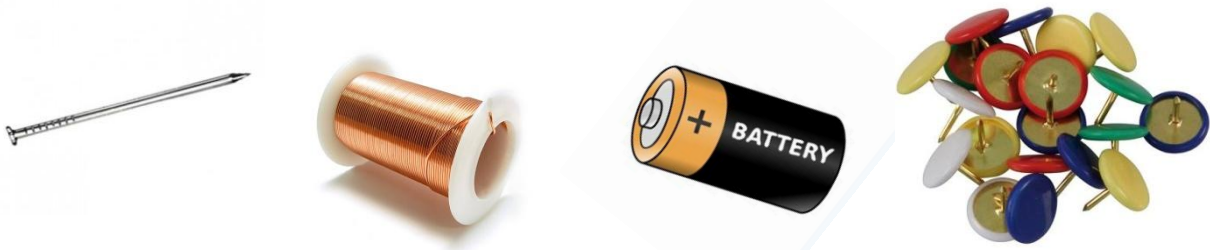
- Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στις απόψεις σας; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

- Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές για τη δική σου άποψη. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις αυτή την άποψη.

- Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη; Γιατί;

Φτιάχνω ένα ηλεκτρομαγνήτη

- Έχεις στη διάθεσή σου ένα καρφί, καλώδιο, μπαταρία και πινέζες.



- Τύλιξε το καλώδιο αρκετές φορές γύρω από το καρφί και τις ελεύθερες άκρες του καλωδίου με τους πόλους της μπαταρίας, όπως φαίνεται στο σχήμα.



- Τέλος, πλησίασε τον ηλεκτρομαγνήτη που κατασκεύασες κοντά στις πινέζες.
Τι παρατηρείς;

- Ήταν αυτό που περίμενες; Γιατί;

- Μπορείς να εξηγήσεις αυτό που παρατήρησες;

- Πως μπορείς να κάνεις έναν ηλεκτρομαγνήτη πιο ισχυρό;

Πρόβλημα 2

Σε συνέχεια της προηγούμενης συζήτησης, η Νίκη και ο Γιάννης αναρωτιούνται αν ο ηλεκτρομαγνήτης που έφτιαξαν μπορεί να έλκει περισσότερες πινέζες αλλά διαφωνούν στο πώς μπορεί να γίνει αυτό. Η Νίκη υποστηρίζει ότι μπορούν να τον κάνουν πιο ισχυρό, ώστε να έλκει περισσότερες πινέζες τυλίγοντας το καρφί με περισσότερες σπείρες. Ο Γιάννης όμως πιστεύει ότι δε γίνεται ο ηλεκτρομαγνήτης να γίνει πιο ισχυρός. Ύστερα από αυτήν τη διαφωνία τα παιδιά αποφάσισαν να κάνουν μια έρευνα.

Μπορείς να τους βοηθήσεις;

Έρευνα

Σχεδίαση της έρευνας

- Ποιο είναι το ερώτημα που θα ερευνήσεις;

- Ποια είναι η άποψή σου;

- Τι θα αλλάξουν, τι δε θα αλλάξουν και τι θα μετρήσουν στην έρευνα που θα κάνουν;

Για να απαντήσεις συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα

Τι αλλάζουμε;	Τι κρατάμε σταθερά;	Τι ελέγχουμε;

Πραγματοποίηση της έρευνας

- Ποια πειραματική διαδικασία θα ακολουθήσουν τα παιδιά για να απαντήσουν στο ερώτημα που τους απασχολεί; (να απαντήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς)

➤ Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη διαδικτυακή εφαρμογή «Μαθαίνω να κάνω πειράματα» επιλέγοντας την περιοχή «Ηλεκτρομαγνήτης». Στη σελίδα 3 της εφαρμογής επιλέγεις τον παράγοντα που θα κρατήσεις αλλάζεις καθώς και αυτούς που θα κρατήσεις σταθερούς. Στη σελίδα 4 αλλάζεις μόνο τον παράγοντα που έχεις επιλέξει και προχωράς στην «πραγματοποίηση» του πειράματος (σελίδα 5), συμπληρώνοντας και τον αντίστοιχο πίνακα κάθε φορά.

➤ Παρουσίασε τα αποτελέσματα συμπληρώνοντας τον παρακάτω πίνακα:

Διαπιστώσεις

➤ Με βάση τις τιμές που υπάρχουν στον παραπάνω πίνακα σε ποιο συμπέρασμα μπορείς να καταλήξεις;

➤ Αυτό που βρήκες ήταν αυτό που περίμενες; Γιατί;

➤ Μπορείς να εξηγήσεις αυτό που βρήκες;

➤ Τι δυσκολίες συνάντησες σε αυτή την έρευνα;

- Πώς μπορείς να βελτιώσεις την έρευνα αυτή;

- Τι άλλο θέλεις να ερευνήσεις;

Πρόβλημα 3

Τα παιδιά τώρα αναρωτιούνται αν μπορούν με άλλο τρόπο να αυξήσουν την ελκτική δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη τους. Ο Γιάννης υποστηρίζει ότι αν αλλάξει το σιδερένιο καρφί με ένα καρφί κατασκευασμένο από άλλο υλικό, όπως το ατσάλι, θα επηρεαστεί η ελκτική δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη και θα έλκει περισσότερες πινέζες από πριν. Η Νίκη όμως θεωρεί ότι ο ηλεκτρομαγνήτης δε θα γίνει πιο ισχυρός με το ατσάλενο καρφί και έλκει τις ίδιες πινέζες όπως πριν. Αποφάσισαν λοιπόν να διερευνήσουν το πρόβλημα.

Μπορείς να τους βοηθήσεις με την ομάδα σου;

Έρευνα

Σχεδίαση της έρευνας

- Ποιο είναι το ερώτημα που θα ερευνήσεις;

- Ποια είναι η άποψή σου;

- Τι θα αλλάξουν, τι δε θα αλλάξουν και τι θα μετρήσουν στην έρευνα που θα κάνουν;

Για να απαντήσεις συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα:

Τι αλλάζουμε;	Τι κρατάμε σταθερά;	Τι ελέγχουμε;

Πραγματοποίηση της έρευνας

- Ποια πειραματική διαδικασία θα ακολουθήσουν τα παιδιά για να απαντήσουν στο ερώτημα που τους απασχολεί; (να απαντήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς)

-
-
-
- Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη διαδικτυακή εφαρμογή «Μαθαίνω να κάνω πειράματα» επιλέγοντας την περιοχή «Ηλεκτρομαγνήτης». Στη σελίδα 3 της εφαρμογής επιλέγεις τον παράγοντα που θα κρατήσεις αλλάξεις καθώς και αυτούς που θα κρατήσεις σταθερούς. Στη σελίδα 4 αλλάζεις μόνο τον παράγοντα που έχεις επιλέξει και προχωράς στην «πραγματοποίηση» του πειράματος (σελίδα 5), συμπληρώνοντας και τον αντίστοιχο πίνακα κάθε φορά.

- Παρουσίασε τα αποτελέσματα συμπληρώνοντας τον παρακάτω πίνακα:

Διαπιστώσεις

- Με βάση τις τιμές που υπάρχουν στον πίνακα σε ποιο συμπέρασμα μπορείς να καταλήξεις;

- Αυτό που βρήκες ήταν αυτό που περίμενες; Γιατί;

- Μπορείς να εξηγήσεις αυτό που βρήκες;

- Τι δυσκολίες συνάντησες σε αυτή την έρευνα;

- Πώς μπορείς να βελτιώσεις την έρευνα αυτή;

- Τι άλλο θέλεις να ερευνήσεις;

Πρόβλημα 4

Τέλος, η Νίκη σκέφτηκε ότι αν προσθέσουν κι άλλες μπαταρίες, ο ηλεκτρομαγνήτης θα γίνει πιο ισχυρός και θα έλκει περισσότερες πινέζες από πριν που είχε μια μπαταρία. Ο Γιάννης ωστόσο, υποστηρίζει ότι η ελκτική δύναμη του ηλεκτρομαγνήτη δεν θα αυξηθεί και θα είναι ίδια όσες μπαταρίες κι αν τοποθετήσουν. Αποφάσισαν λοιπόν να το διερευνήσουν.

Μπορείς να τους βοηθήσεις με την ομάδα σου;

Έρευνα

Σχεδίαση της έρευνας

- Ποιο είναι το ερώτημα που θα ερευνήσεις;

- Ποια είναι η άποψή σου;

- Τι θα αλλάξουν, τι δε θα αλλάξουν και τι θα μετρήσουν στην έρευνα που θα κάνουν;

Για να απαντήσεις συμπλήρωσε τον παρακάτω πίνακα

Τι αλλάζουμε;	Τι κρατάμε σταθερά;	Τι ελέγχουμε;

Πραγματοποίηση της έρευνας

- Ποια πειραματική διαδικασία θα ακολουθήσουν τα παιδιά για να απαντήσουν στο ερώτημα που τους απασχολεί; (να απαντήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς)

➤ Μπορείς να χρησιμοποιήσεις τη διαδικτυακή εφαρμογή «Μαθαίνω να κάνω πειράματα» επιλέγοντας την περιοχή «Ηλεκτρομαγνήτης». Στη σελίδα 3 της εφαρμογής επιλέγεις τον παράγοντα που θα κρατήσεις αλλάξεις καθώς και αυτούς που θα κρατήσεις σταθερούς. Στη σελίδα 4 αλλάζεις μόνο τον παράγοντα που έχεις επιλέξει και προχωράς στην «πραγματοποίηση» του πειράματος (σελίδα 5), συμπληρώνοντας και τον αντίστοιχο πίνακα κάθε φορά.

➤ Παρουσίασε τα αποτελέσματα συμπληρώνοντας τον παρακάτω πίνακα:

Διαπιστώσεις

➤ Με βάση τις τιμές που υπάρχουν στον πίνακα σε ποιο συμπέρασμα μπορείς να καταλήξεις;

➤ Αυτό που βρήκες ήταν αυτό που περίμενες; Γιατί;

➤ Μπορείς να εξηγήσεις αυτό που βρήκες;

- Τι δυσκολίες συνάντησες σε αυτή την έρευνα;

- Πώς μπορείς να βελτιώσεις την έρευνα αυτή;

- Τι άλλο θέλεις να ερευνήσεις;

Πρόβλημα 5

Ξαναγυρνώντας στο Πρόβλημα 1: Η Νίκη πήρε ένα καλώδιο και το τύλιξε γύρω από ένα καρφί συνδέοντας τις δύο άκρες του καλωδίου με τους πόλους μιας μπαταρίας (όπως στο παρακάτω σχήμα). Σε μια συζήτηση με τον ξάδελφό της, το Γιάννη, υποστηρίζει ότι αν πλησιάσει το καρφί σε πινέζες μπορεί να τις «σηκώσει». Ο Γιάννης διαφωνεί λέγοντας ότι αυτό δε γίνεται γιατί θεωρεί ότι μόνο ένας μαγνήτης μπορεί να «σηκώσει» τις πινέζες.

- Τι απάντηση έδωσες στην αρχή;

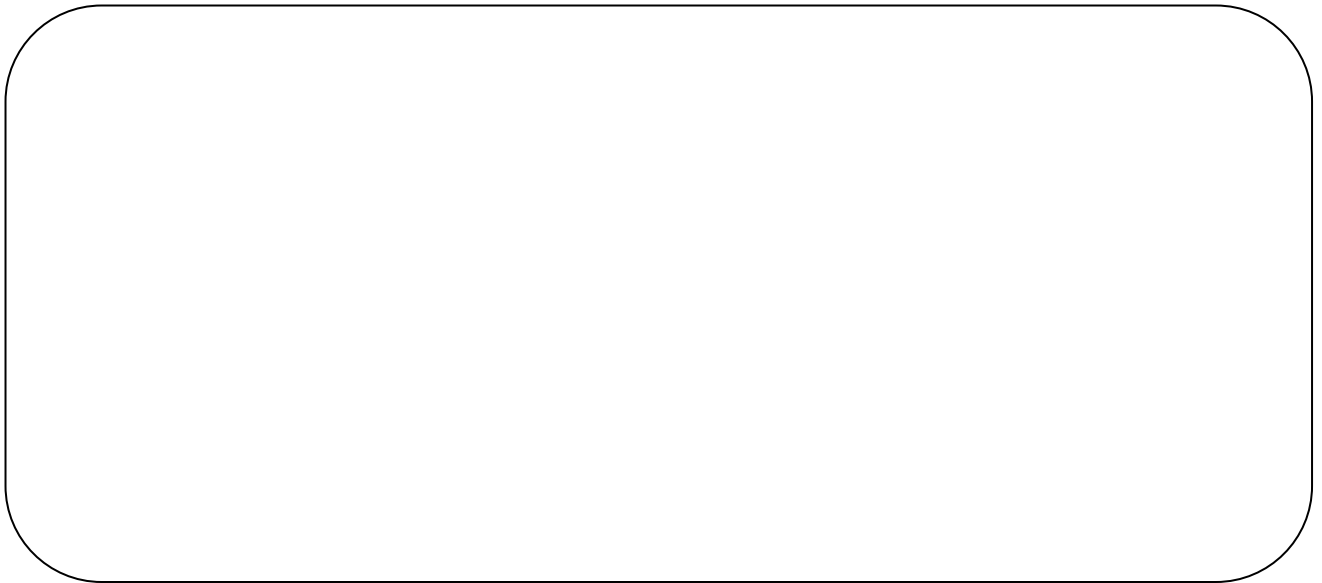
- Τι απάντηση θα δώσεις τώρα;

- Αν έδωσες διαφορετική απάντηση στις παραπάνω ερωτήσεις, τι νομίζεις ότι ήταν εκείνο που σου έκανε να αλλάξεις γνώμη;

Πρόβλημα 6

Ο ιδιοκτήτης μιας μάντρας με παλιοσίδερα και παλιά αυτοκίνητα έχει στη διάθεσή του έναν ηλεκτρομαγνήτη για να μετακινεί τα μεγάλα και βαριά αυτά αντικείμενα. Αυτές τις μέρες θέλει να καθαρίσει και να τακτοποιήσει το χώρο μετακινώντας τα αντικείμενα αυτά αλλά διαπιστώνει ότι ο ηλεκτρομαγνήτης που έχει στη διάθεσή του δεν είναι αρκετά δυνατός.

Εσύ είσαι ο μηχανικός ο οποίος πρόκειται να λύσεις το πρόβλημα στην μάντρα. Φτιάξε ένα σχέδιο για να δείξεις στον ιδιοκτήτη της μάντρας τι τροποποιήσεις πρέπει να κάνει στον ηλεκτρομαγνήτη ώστε να είναι πιο αποτελεσματικός, ονομάζοντας τα μέρη που θα αλλάξεις.

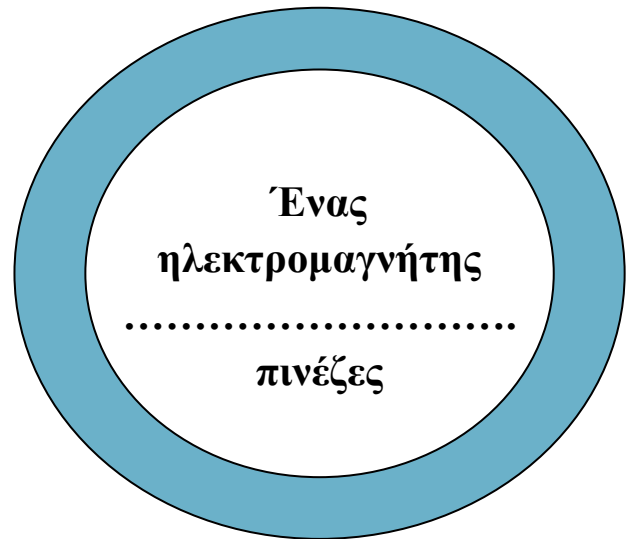


- Συμπλήρωσε τις προτάσεις ώστε η πρώτη να δηλώνει αυτό που πιστεύεις πριν τη διδασκαλία και η δεύτερη αυτό που πιστεύεις τώρα;

Να περιγράψεις αναλυτικά τις αλλαγές που θα κάνεις.

Πρόβλημα 7

- Συμπλήρωσε τις προτάσεις ώστε η πρώτη να δηλώνει αυτό που πίστευες πριν τη διδασκαλία και η δεύτερη αυτό που πιστεύεις τώρα.



- Τι νομίζεις ότι ήταν αυτό που σε έκανε να σκέφτεσαι όπως στην πρόταση που είναι στον κόκκινο κύκλο;

- Συζήτησε τις απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Πρόβλημα 8

Πείτε ότι έχετε να διδάξετε σε κάποια άλλη τάξη αυτά που μάθατε για τους ηλεκτρομαγνήτες. Σκεφτείτε τις ιδέες που είχατε πριν και τα προβλήματα που συναντήσατε κατά τη διάρκεια των διδασκαλιών. Ίσως και οι συμμαθητές σας να έχουν τις ίδιες ιδέες και να συναντήσουν τα ίδια προβλήματα με εσάς. Οι παρακάτω ερωτήσεις θα σας βοηθήσουν να σχεδιάσετε τα μαθήματα που θα κάνετε.

Απαντήστε όσο πιο αναλυτικά μπορείτε.

- Τι πιστεύατε;

- Τι σας δυσκόλεψε;

- Τι σας βοήθησε να καταλάβετε;

- Τι σας εμπόδιζε να καταλάβετε;

Δυσκολία 1:

- Βρείτε δραστηριότητες οι οποίες θα βοηθήσουν τους «μαθητές» σας να ξεπεράσουν αυτή τη δυσκολία.

Δυσκολία 2:

- Βρείτε δραστηριότητες οι οποίες θα βοηθήσουν τους «μαθητές» σας να ξεπεράσουν αυτή τη δυσκολία.
