



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
“ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ: ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ,  
ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ”

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Απόψεις και δυσκολίες των εκπαιδευτικών για τη Στρατηγική Ελέγχου  
Μεταβλητών: έρευνα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση»

ΓΚΟΥΝΤΟΥΛΑ ΧΡΥΣΟΥΛΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΖΟΥΠΙΔΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ

Φλώρινα, 2024

Στην οικογένειά μου

## Ευχαριστίες

Νιώθω την ανάγκη να απευθύνω τις ιδιαίτερές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μου Αναστάσιο Ζουπίδη, Επίκουρο Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης, για τη συνεχή στήριξη και την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχε στη συγγραφή και την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας. Επιπλέον, τον ευχαριστώ για την υπομονή που έδειξε αυτά τα χρόνια και για τον προσωπικό του χρόνο που μου διέθεσε γενναιόδωρα. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα άλλα δύο μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής, τον κ. Καριώτογλου Πέτρο, Ομότιμο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Δυτ. Μακεδονίας και την κα. Παπαδοπούλου Πηνελόπη, Καθηγήτρια του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών του Πανεπιστημίου Δυτ. Μακεδονίας για τις σημαντικές επισημάνσεις και συμβουλές τους.

Τη βαθιά μου ευγνωμοσύνη εκφράζω επίσης στην οικογένειά μου, για την αμέριστη της συμπαράσταση και την απεριόριστη κατανόηση που επέδειξε σ' όλη την πορεία των επαγγελματικών μου δραστηριοτήτων και ιδιαίτερα στα τρία τελευταία χρόνια της ενασχόλησής μου με τη συγκεκριμένη εργασία. Τέλος, ευχαριστώ όλους τους συναδέλφους εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην έρευνα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	5
<b>Abstract.....</b>	<b>6</b>
<b>Εισαγωγή .....</b>	<b>8</b>
<b>1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΦΕ .....</b>	<b>8</b>
1.1 Η διερευνητική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών .....	8
1.2 Οφέλη από την εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες .....	13
1.3 Δυσκολίες στην εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες .....	14
1.4 Προϋποθέσεις εφαρμογής της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες .....	16
<b>2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ .....</b>	<b>19</b>
2.1 Ορισμός και περιγραφή της ΣΕΜ.....	19
2.2 Η γνωστική και μεταγνωστική διάσταση της γνώσης για τη ΣΕΜ.....	22
2.3 Οι παρανοήσεις και δυσκολίες των μαθητών ως προς την κατανόηση της ΣΕΜ... ..	25
2.4 Οι διδακτικές προτάσεις και προσεγγίσεις για την εφαρμογή της ΣΕΜ .....	30
<b>3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΨΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΣΕΜ ...</b>	<b>36</b>
3.1 Απόψεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών σχετικά με τις διερευνητικές προσεγγίσεις.....	36
3.2 Απόψεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών σχετικά με τη ΣΕΜ .....	39
3.3 Η ανατροφοδότηση και η αξιολόγηση των μαθητών στη χρήση της ΣΕΜ.....	41
3.4 Η αυτο-αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών στη χρήση της ΣΕΜ.....	43
<b>4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Η ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ.....</b>	<b>46</b>
4.1. Τα ερευνητικά ερωτήματα .....	46
4.2 Οι συμμετέχοντες/ουσες .....	48
4.3 Το ερευνητικό εργαλείο .....	56
4.4 Η μέθοδος ανάλυσης.....	70
<b>5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>85</b>
5.1 Αποτελέσματα για την υποδεξιότητα ΔΙΑ (Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα).....	85
5.2 Αποτελέσματα για την υποδεξιότητα ΕΡΜ (Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων) .....	89
5.3 Αποτελέσματα για την υποδεξιότητα ΣΧΕ (Σχεδιασμός έγκυρων πειραμάτων)....	93
5.4 Αποτελέσματα για την υποδεξιότητα ΚΑΤ (Κατανόηση του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα).....	96

5.5 Αποτελέσματα για τα σχεδιαστικά λάθη των πειραμάτων για τις τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ.....	100
5.6 Αποτελέσματα για τη σχέση μεταξύ της συνολικής κατανόησης της ΣΕΜ i) με την προϋπηρεσία και ii) με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ .....	104
<b>6° ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>105</b>
6.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων.....	105
6.1.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για την υποδεξιότητα ΔΙΑ (Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα).....	106
6.1.2 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για την υποδεξιότητα ΕΡΜ (Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων) .....	110
6.1.3 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για την υποδεξιότητα ΣΧΕ (Σχεδιασμός έγκυρων πειραμάτων) .....	112
6.1.4 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για την υποδεξιότητα ΚΑΤ (Κατανόηση του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα).....	117
6.1.5 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για τα σχεδιαστικά λάθη έγκυρων πειραμάτων.....	121
6.1.6 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για τη σχέση μεταξύ του βαθμού κατανόησης της ΣΕΜ i) με την προϋπηρεσία και ii) με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ .....	125
6.2 Συμπεράσματα.....	126
6.3 Περιορισμοί της έρευνας-Προεκτάσεις της έρευνας.....	130
<b>Βιβλιογραφικές αναφορές .....</b>	<b>132</b>
Ελληνόγλωσσες.....	132
Ξενόγλωσσες.....	132
<b>Παράρτημα .....</b>	<b>145</b>
Ερωτηματολόγιο.....	145

## Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας «Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες, το Περιβάλλον και την Τεχνολογία– Science, Environment and Technology in Education» και μελετά τις απόψεις και τις δυσκολίες των εκπαιδευτικών της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στην Ελλάδα, όταν μαθητές του δημοτικού εφαρμόζουν τη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ).

Τα πρώτα κεφάλαια παρουσιάζουν τη βιβλιογραφική επισκόπηση της παρούσας εργασίας και ειδικότερα εστιάζουν στην επισκόπηση των ερευνών που αφορούν στη διερευνητική προσέγγιση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και στη ΣΕΜ. Επιπλέον, παρουσιάζονται έρευνες που παραθέτουν τις απόψεις και τις πρακτικές των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την εφαρμογή της ΣΕΜ.

Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη διερευνητική προσέγγιση της διδασκαλίας των ΦΕ, με έμφαση στις επιστημονικές πρακτικές. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα οφέλη και οι δυσκολίες κατά την εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στις ΦΕ, καθώς και οι προϋποθέσεις εφαρμογής της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στις ΦΕ.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η μέθοδος ΣΕΜ, ως μια επιστημονική πρακτική, και παρουσιάζεται η γνωστική και η μεταγνωστική διάσταση της γνώσης για τη ΣΕΜ. Έπειτα, παρουσιάζονται οι παρανοήσεις και οι δυσκολίες των μαθητών ως προς την κατανόηση της ΣΕΜ και οι διδακτικές προτάσεις και προσεγγίσεις για την εφαρμογή της μεθόδου.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναφέρονται οι απόψεις και οι πρακτικές των εκπαιδευτικών σχετικά με τις διερευνητικές προσεγγίσεις και ειδικότερα με τη ΣΕΜ. Επιπρόσθετα, γίνεται μια αναφορά στην ανατροφοδότηση και στην αξιολόγηση των μαθητών στη χρήση της μεθόδου, αλλά και στην αυτο-αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών στη χρήση της ΣΕΜ.

Στη συνέχεια, στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα κατά τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων της έρευνας και πιο συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στα ερευνητικά ερωτήματα, στους

συμμετέχοντες/ουσες της έρευνας, στο ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε και στη μέθοδο ανάλυσης των αποτελεσμάτων.

Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας για κάθε υποδεξιότητα της ΣΕΜ ξεχωριστά: α) του Σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων (ΣΧΕ), β) της Διάκρισης έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα (ΔΙΑ), γ) της Ερμηνείας έγκυρων πειραμάτων (ΕΡΜ) και δ) της Κατανόησης του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα (ΚΑΤ). Επιπλέον, αναφέρονται τα αποτελέσματα για τα σχεδιαστικά λάθη των πειραματικών διαδικασιών που εμφανίζονται και στις τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ. Επίσης, γίνεται αναφορά στη σχέση του βαθμού κατανόησης της μεθόδου ΣΕΜ με δύο δημογραφικά χαρακτηριστικά i) την προϋπηρεσία των εκπαιδευτικών και ii) την επιμόρφωσή τους στις ΦΕ.

Τέλος, στο έκτο κεφάλαιο, που αποτελεί και το τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, περιλαμβάνεται αρχικά η συζήτηση των αποτελεσμάτων, που προέκυψαν από τις φάσεις της έρευνας και ακολουθούν τα συμπεράσματα. Κάτω από το φως των περιορισμών του ερευνητικού της σχεδιασμού, η εργασία ολοκληρώνεται με την κατάθεση συγκεκριμένων εισηγήσεων για επιπρόσθετη μελέτη στο συγκεκριμένο θέμα.

Λέξεις-κλειδιά: Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών, Διερεύνηση, Υποδεξιότητες, σχεδιαστικά λάθη.

## **Abstract**

This study was carried out in the framework of the Interdepartmental Postgraduate Program of the West Macedonia University “Science-Environment and Technology Education” and studies in-service elementary teachers’ views and difficulties in Greece, as elementary students apply the Control of Variables Strategy (CVS) method.

The first part deals with the literature review and particularly focus on the studies about the Inquiry-based learning in Science Education and CVS method. Furthermore, there are presented studies about elementary and secondary school teachers’ views and practices concerning to CVS method.

Specifically, the first chapter references to the Inquiry-based learning, focuses on the scientific practices in Science Education. The benefits and the difficulties are also presented, as well as the application conditions of the inquiry practices.

In the second chapter, CVS method, as a scientific practice, is described analytically and the cognitive and metacognitive dimension of CVS knowledge are presented. In addition, students' misconceptions and difficulties in terms of CVS understanding are also presented and teaching practices for integration of the method are suggested.

The third chapter references to the teachers' views and practices about Inquiry-based learning and the CVS method, as well as their self-efficacy while they use the method. Further, the feedback and the evaluation wherein the students can get when the CVS method is applied, are mentioned in this chapter.

The methodology which was implemented, in the process of collecting and analyzing the data of the survey, is presented analytically in the fourth chapter. Concretely, there is a reference to the research questions, the participants and the research implement was used for the survey.

The fifth chapter presents the results of the research for each CVS's sub-skill separately: a) the Identifying confounded and unconfounded experiments (ID), b) ) the Interpreting the outcome of controlled experiments (IN), c) the Planning and creating controlled experiments (PL) and d) the Understanding that only inferences of indeterminacy can be drawn from the results of uncontrolled experiments (UN). Consequently, there are presented the results about the experimental designing errors which have occurred in all four CVS's sub-skills. Also, there is mentioned the relationship between the CVS understanding and a) the teachers' work experience and b) the education in Science Education.

Finally, the sixth chapter, includes the discussion about the results of the survey and the conclusions which occur from the results. In the light of the limitations of its strategic plan, this study provides conclusions, implications and recommendations for further research.

Key-words: Control of Variables, Inquiry, Sub-skills, designing errors



## **Εισαγωγή**

Στα τρία πρώτα κεφάλαια παρουσιάζεται η βιβλιογραφική επισκόπηση της παρούσας εργασίας. Το πρώτο κεφάλαιο εστιάζει στην επισκόπηση των ερευνών που αφορούν στη διερευνητική προσέγγιση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) (βλ. 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο). Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στην επισκόπηση των ερευνών που αφορούν στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ) (βλ. 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο). Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται έρευνες που παραθέτουν τις απόψεις και τις πρακτικές των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την εφαρμογή της ΣΕΜ (βλ. 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο). Το τέταρτο κεφάλαιο εστιάζει στη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε κατά τη συλλογή και ανάλυση των δεδομένων της έρευνας (βλ. 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο). Το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας (βλ. 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο) και στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι περιορισμοί της παρούσας έρευνας (βλ. 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο).

### **1<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΦΕ**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι έρευνες που μελετούν τη διερεύνηση στη διδασκαλία των ΦΕ. Αρχικά, γίνεται αναφορά στη διερευνητική προσέγγιση της διδασκαλίας των ΦΕ, στις τρεις διαστάσεις της μάθησης και στις επιστημονικές πρακτικές (βλ. ενότητα 1.1). Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα οφέλη (βλ. ενότητα 1.2) και οι δυσκολίες (βλ. ενότητα 1.3) κατά την εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στις ΦΕ. Τέλος, στην τέταρτη και τελευταία ενότητα αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζονται οι προϋποθέσεις εφαρμογής της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στις ΦΕ (βλ. ενότητα 1.4).

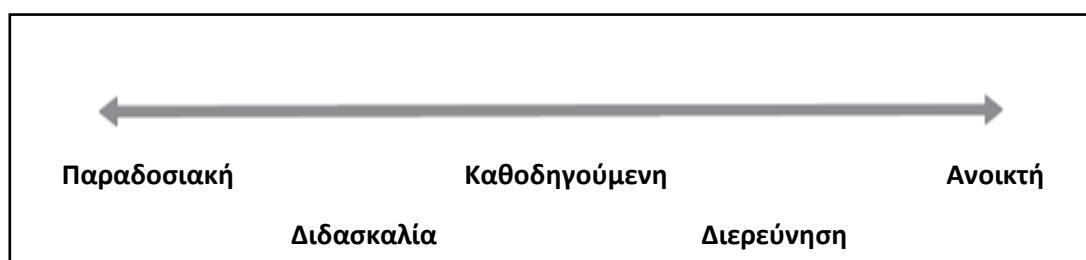
#### **1.1 Η διερευνητική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών**

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έχει επισημανθεί η ανάγκη για εκπαιδευτική μεταρρύθμιση που ξεπερνά την παθητική μάθηση, αλλά και η ανάγκη κατάκτησης

νέων δεξιοτήτων, η οποία αναδεικνύει την αναγκαιότητα της διερευνητικής διδασκαλίας στην εκπαίδευση (Maab & Artigue, 2013), δηλαδή την ανάπτυξη της ικανότητας των μεγαλύτερων, κυρίως, μαθητών να πραγματοποιούν διερευνήσεις και να κατανοούν τη φύση της επιστημονικής διερεύνησης (Bybee, 2006). Πρόκειται για μία δυναμική και όχι στατική διαδικασία και ξεκινά από τις ήδη υπάρχουσες ιδέες των μαθητών για τα φαινόμενα (Χαλκιά, 2012).

Πιο συγκεκριμένα, η διερεύνηση στις ΦΕ ορίζεται ως ο τρόπος με τον οποίο εργάζονται οι επιστήμονες, ενώ στη διδασκαλία και στη μάθηση χαρακτηρίζεται από τις δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές μαθαίνουν τις επιστημονικές έννοιες και τις επιστημονικές διαδικασίες (National Research Council [NRC], 2000). Όπως επισημαίνουν οι Abd-El-Khalick et al. (2004), η μάθηση πραγματοποιείται μέσα από διερευνητικές διαδικασίες, τόσο στη διερεύνηση ως μια διδακτική προσέγγιση (inquiry as means) όσο και στη διερεύνηση ως μια σειρά αναμενόμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων έπειτα από τη διδασκαλία (inquiry as ends). Κύριος στόχος των διαδικασιών αυτών είναι η επίλυση ενός κεντρικού προβλήματος (problem-based inquiry).

Ο Van Zee (2006), σε μια προσπάθεια να προσδώσει μια ερμηνεία των ποικίλων προσεγγίσεων της διδασκαλίας και μάθησης στις οποίες εφαρμόζονται διερευνητικές μέθοδοι, παρουσίασε τις προσεγγίσεις αυτές ως ένα συνεχές από περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης (βλ. Διάγραμμα 1.1.), όπου ποικίλλει ο βαθμός διερεύνησης



**Διάγραμμα 1.1.** Απεικόνιση του συνεχούς περιβαλλόντων διδασκαλίας και μάθησης (Van Zee, 2006)

και διακρίνονται σε μαθητοκεντρικά (ανοικτή διερεύνηση) ή δασκαλοκεντρικά περιβάλλοντα (παραδοσιακή προσέγγιση της διδασκαλίας).

Μεταξύ των δύο αυτών περιβαλλόντων υπάρχουν διάφορες προσεγγίσεις διερευνητικής μάθησης, των οποίων η θέση στο συνεχές εξαρτάται από ποικίλους

παράγοντες, όπως οι ίδιοι οι μαθητές, η πρόθεση του δασκάλου, η συγκεκριμένη κατάσταση, ο επιδιωκόμενος στόχος κ.ά. (Crawford, 2007).

Τα αποτελέσματα της έρευνας των Artayasa et al. (2017) τονίζουν την επίδραση των τριών επιπέδων της διερευνητικής μεθόδου (δομημένη, καθοδηγούμενη και ανοικτή) και της παραδοσιακής προσέγγισης της διδασκαλίας στην ανάπτυξη των βασικών δεξιοτήτων επιστημονικής μεθοδολογίας, καθώς και των σύνθετων δεξιοτήτων, τόσο στους εκπαιδευτικούς όσο και στους μαθητές. Ωστόσο, οι Bell et al. (2005) (βλ. Πίνακα 1.1.) και αργότερα οι Blanchard et al. (2010) εντοπίζουν τέσσερα επίπεδα της διερεύνησης.

Επίπεδο διερεύνησης	Πληροφορίες		
	Ερώτηση	Διαδικασία	Λύση
<b>1. Επιβεβαίωση:</b> Οι μαθητές επιβεβαιώνουν μια αρχική τους σκέψη, καθώς γνωρίζουν τα αποτελέσματα της δραστηριότητας.	X	X	X
<b>2. Δομημένη:</b> Οι μαθητές ερευνούν ένα ερώτημα του εκπαιδευτικού μέσω μιας προσχεδιασμένης διαδικασίας.	X	X	
<b>3. Καθοδήγηση:</b> Οι μαθητές ερευνούν ένα ερώτημα του εκπαιδευτικού μέσω δικών τους σχεδιασμών.	X		
<b>4. Ανοιχτή:</b> Οι μαθητές ερευνούν ένα ερώτημα που θέτουν οι ίδιοι, μέσω δικών τους σχεδιασμών.			

**Πίνακας 1.1.** Τα τέσσερα επίπεδα διερεύνησης και οι πληροφορίες που δίνονται στους μαθητές (Bell et al., 2005)

Αρχικά εξετάζονται οι σχετικές, με το προς διερεύνηση φαινόμενο, ιδιότητες, τα χαρακτηριστικά και οι μεταβλητές και έπειτα προσδιορίζεται ο τρόπος με τον οποίο μπορούν να παρατηρηθούν, να μετρηθούν, να απομονωθούν ή να ελεγχθούν τα

φαινόμενα αυτά. Η αναγνώριση και ο έλεγχος των μεταβλητών είναι σημαντικές για τον προσδιορισμό των τάσεων, τη δημιουργία σχέσεων αιτίας-αποτελέσματος και την οικοδόμηση μηχανισμών για την επεξήγηση ή περιγραφή γεγονότων και συστημάτων (Duschl & Bybee, 2014).

Μέσω της προσέγγισης αυτής επιδιώκεται οι μαθητές να είναι ικανοί να εκφέρουν ερωτήματα και υποθέσεις, να πραγματοποιούν έλεγχο των μεταβλητών (αναγνωρίζοντας την ανεξάρτητη μεταβλητή από την εξαρτημένη μεταβλητή) και να επινοούν και να περιγράφουν τις πειραματικές διαδικασίες που θα ακολουθήσουν, προκειμένου να απαντήσουν στα ερωτήματα (NRC, 2012).

Το πλαίσιο που δημιούργησε το NRC (2012) και το οποίο όλοι οι μαθητές θα πρέπει να κατακτήσουν μέχρι το τέλος της υποχρεωτικής τους εκπαίδευσης, περιλαμβάνει τη μάθηση σε τρεις διαστάσεις (βλ. Πίνακα 1.2.):

α) **Η πρώτη διάσταση** αναφέρεται στις πρακτικές των ΦΕ και της Μηχανικής, δηλαδή περιλαμβάνει το σύνολο των πρακτικών που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες στις έρευνές τους.

β) **Η δεύτερη διάσταση** αναφέρεται στις Εγκάρσιες Έννοιες που ενοποιούν τη μελέτη των Επιστημών και της Μηχανικής, δηλαδή έννοιες που εμφανίζονται και χρησιμοποιούνται σε όλους τους επιστημονικούς κλάδους των ΦΕ.

γ) **Η τρίτη διάσταση** αναφέρεται στις Βασικές Θεματικές Ιδέες των επιστημονικών κλάδων. Μία βασική επιστημονική ιδέα θα πρέπει: (1) να έχει μεγάλη σημασία στους παραπάνω επιστημονικούς κλάδους, (2) να παρέχει ένα βασικό εργαλείο για την κατανόηση πολύπλοκων ιδεών, (3) να ενεργοποιεί τα ενδιαφέροντα και τις εμπειρίες των μαθητών και (4) να έχει διαχρονικά διδακτικά και μαθησιακά αποτελέσματα, δηλαδή η ιδέα μπορεί να είναι προσιτή από μικρούς μαθητές, αλλά παράλληλα να έχει ευρύ και διαχρονικό χαρακτήρα (NRC, 2012).

Στο πλαίσιο της μάθησης των τριών διαστάσεων, οι μαθητές καλούνται να διερευνήσουν συγκεκριμένες επιστημονικές ιδέες, μέσω της εμπλοκής τους με τις πρακτικές των ΦΕ, χρησιμοποιώντας ως εργαλεία επιστημονικές έννοιες από τους διάφορους επιστημονικούς κλάδους των ΦΕ (NRC, 2012).

Υποστηρίζεται ότι η διανοητική εργασία που σχετίζεται με την τροποποίηση των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και ιδέες των ΦΕ, βασίζεται στην εμπλοκή τους με πρακτικές των ΦΕ (science practices) (National Generation Science Standards [NGSS], Lead States, 2013). Αυτές είναι οι κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες, καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες

για τον φυσικό κόσμο (NRC, 2012). Έχει επισημανθεί ότι η χρήση αυτών των πρακτικών από τους μαθητές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τις ιδέες και τις έννοιες των ΦΕ (Duschl et al., 2007).

---

### 1. Επιστημονικές Πρακτικές των ΦΕ και της Μηχανικής (Science and Engineering Practices)

Διατύπωση ερωτήσεων (επιστήμη) και προσδιορισμός προβλημάτων (τεχνολογία)  
Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων  
Σχεδιασμός και διεξαγωγή διερευνήσεων  
Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων  
Χρήση μαθηματικών και υπολογιστικής σκέψης  
Εξαγωγή ερμηνειών (επιστήμη) και σχεδιασμός λύσεων (τεχνολογία)  
Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία με χρήση τεκμηρίων  
Απόκτηση, αξιολόγηση και κοινοποίηση πληροφοριών

---

### 2. Οριζόντιες Ενώσεις (Crosscutting Concepts)

Μοτίβα  
Αίτια και αποτελέσματα: Μηχανισμοί και ερμηνεία  
Κλίμακα, ποσοστά και ποσότητα  
Συστήματα και μοντέλα συστημάτων  
Ενέργεια και ύλη  
Δομή και λειτουργία  
Σταθερότητα και Μεταβλητότητα

---

### 3. Βασικές Θεματικές ιδέες (Disciplinary Core Ideas)

Φυσικές Επιστήμες  
Επιστήμες της Ζωής  
Επιστήμες του Διαστήματος  
Μηχανική, Τεχνολογία και εφαρμογές της Επιστήμης  
- Μηχανική και Τεχνολογικός Σχεδιασμός  
- Σύνδεση Μηχανικής, Τεχνολογία, Επιστήμης και Κοινωνίας

---

**Πίνακας 1.2.** Οι τρεις διαστάσεις του νέου πλαισίου του NRC για τον επιστημονικό γραμματισμό (NRC, 2012)

Σύμφωνα με το NRC (2012), ο όρος πρακτικές (practices) χρησιμοποιείται αντί του όρου δεξιότητες (skills), ώστε να τονιστεί η ενασχόληση με την επιστημονική έρευνα, ενώ η εφαρμογή τους απαιτεί τον ταυτόχρονο συνδυασμό της γνώσης και της

δεξιότητας. Στις ΦΕ έχουν προταθεί οκτώ πρακτικές, στις οποίες εμπλέκονται οι μαθητές (βλ. Πίνακα 1.2.).

## **1.2 Οφέλη από την εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες**

Ένας από τους σημαντικότερους στόχους της διερεύνησης είναι να βοηθήσει τους μαθητές να ενσωματώσουν δεξιότητες, γνώσεις και συμπεριφορές, για να αναπτύξουν μία καλύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, οι οποίες αποτελούν ένα απαραίτητο εργαλείο για την παραγωγή και χρήση επιστημονικών πληροφοριών, για την πραγματοποίηση επιστημονικών ερευνών και για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων (Atkamis & Ergin, 2008). Οι δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών, είναι γνωστές και ως διαδικαστικές δεξιότητες, πειραματικές δεξιότητες ή ως ικανότητες επιστημονικής έρευνας (Harlen, 1999), οι οποίες μπορούν να διδαχθούν ακόμα και στα πρώτα χρόνια του δημοτικού σχολείου, ξεκινώντας με τις βασικές δεξιότητες και αργότερα με τις σύνθετες. Οι Chappetta και Koballa (2002) (όπως αναφέρεται στο Tilakaratnea & Ekanayakeb, 2017) ταξινομούν τις δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών σε βασικές και σύνθετες δεξιότητες ως εξής:

**A. Βασικές δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών:** (α) παρατήρηση, (β) ταξινόμηση, (γ) επικοινωνία, (δ) πρόβλεψη, (ε) υπόθεση και (στ) μέτρηση.

**B. Σύνθετες δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών:** (α) ερμηνεία δεδομένων, (β) αναγνώριση και έλεγχος μεταβλητών και (γ) πειραματισμός.

Οι έξι βασικές δεξιότητες μπορούν να διδαχθούν, ανάλογα με τη νοητική ανάπτυξη των μαθητών και η ενσωμάτωσή τους πρέπει να γίνεται σταδιακά, ώστε μέσω διαδικασιών με διαδοχικά επίπεδα δυσκολίας, να αναπτυχθούν βαθμιαία οι ικανότητες των μαθητών στον σχεδιασμό των απλών πειραμάτων της καθημερινής ζωής. Για παράδειγμα, στην Δ΄ Δημοτικού (4<sup>th</sup> grade) μπορεί να περιλαμβάνεται η διατύπωση υποθέσεων και ο προσδιορισμός μεταβλητών σε απλά πειράματα, μιας και σε αυτή τη ηλικία οι μαθητές είναι ικανοί να θέτουν ερωτήματα και να απαντούν σε αυτά με επιστημονικό τρόπο. Ακόμη, οι μαθητές θα πρέπει να εκπαιδεύονται σε διάφορους τομείς των ΦΕ καθ'όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, ώστε να επιτύχουν την εννοιολογική αλλαγή σε εσφαλμένες αντιλήψεις που έχουν για έννοιες των ΦΕ (Duit & Treagust, 2003).

Οι Furtak et al. (2012) αναφέρουν ότι η διερευνητική προσέγγιση διδασκαλίας, αν και δέχεται κατά καιρούς κριτική, εμφανίζει θετικά αποτελέσματα, τόσο στην επιστημονική διάσταση, όσο και στον συνδυασμό επιστημονικής, διαδικαστικής και κοινωνικής διάστασης της διερεύνησης. Επιπλέον, ο ρόλος του εκπαιδευτικού, ο οποίος καθοδηγεί τους μαθητές του, φαίνεται να έχει θετικά αποτελέσματα στη διδασκαλία.

Μέσω της διερευνητικής μεθόδου επιτυγχάνονται καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα ακόμη και σε μαθητές χαμηλής επίδοσης, εφόσον οι εκπαιδευτικοί προσαρμόζουν την κάθε δραστηριότητα στον προσωπικό ρυθμό μάθησης του κάθε μαθητή (Barron & Darling-Hammond, 2008). Πιο συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί παρέχουν σε κάθε παιδί κατάλληλη και αποτελεσματική διδασκαλία, προσαρμόζουν το επίπεδο ανεξαρτησίας των μαθητών τους, θέτουν τις βάσεις για έναν επιστημονικά εγγράμματο πολίτη εστιάζοντας στη μάθηση του πώς μαθαίνω (Barron & Darling-Hammond, 2008), καλλιεργούν θετικά συναισθήματα για τη μάθηση και για τα μαθήματα των ΦΕ και επιτρέπουν στους μαθητές να έχουν πιο ενεργή συμμετοχή μέσα στην τάξη (Aktamis et al., 2016). Με αυτό τον τρόπο είναι πιο πιθανό οι μαθητές να κατανοήσουν ότι η επιστήμη είναι χρήσιμη (Maxwell et al., 2015).

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η μάθηση που βασίζεται στη διερευνητική προσέγγιση αυξάνει την αφοσίωση των μαθητών στο μάθημα, καθώς οι μαθητές συμμετέχουν δυναμικά και αλληλεπιδρούν με τους συνομηλίκους τους (Fielding-Wells & Makar, 2012). Ταυτόχρονα οι μαθητές αναπτύσσουν και άλλες δεξιότητες, όπως την ικανότητα συνεργασίας σε ομάδες, την επίλυση σύνθετων προβλημάτων, καθώς και την εφαρμογή της γνώσης που αποκτήθηκε σε άλλες καταστάσεις (Barron & Darling-Hammond, 2008).

### **1.3 Δυσκολίες στην εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες**

Οι γνώσεις και οι δεξιότητες των εκπαιδευτικών, σχετικά με τη διερευνητική διαδικασία, δεν είναι επαρκείς, μιας και οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δεν είναι εξοικειωμένοι στη χρήση διερευνητικών μεθόδων διδασκαλίας (Maxwell et al., 2015), διστάζουν να χρησιμοποιήσουν την ανοικτή διερεύνηση στη διδακτική διαδικασία

(Sadeh & Zion, 2011) ή αντιλαμβάνονται διάφορα εμπόδια για την εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου (Wallace & Kang, 2004).

Οι Anderson και Piazza (1996) ανέδειξαν τρεις διαστάσεις των εμποδίων (βλ. Διάγραμμα 1.2.) που σχετίζονται με τη διερευνητική διδακτική προσέγγιση: (α) **την πολιτική διάσταση** (η περιορισμένη ενδοϋπηρεσιακή επιμόρφωση, οι ανεπίλυτες διενέξεις μεταξύ των εκπαιδευτικών και η έλλειψη πόρων), (β) **την τεχνική διάσταση** (η περιορισμένη διδακτική ικανότητα των εκπαιδευτικών σε κonstrουκτιβιστικές προσεγγίσεις, οι προκλήσεις της αξιολόγησης, οι δυσκολίες της ομαδικής εργασίας και οι προκλήσεις των νέων ρόλων των εκπαιδευτικών) και (γ) **την πολιτιστική διάσταση** (το ζήτημα του σχολικού εγχειριδίου και η υποχρέωση των εκπαιδευτικών να τηρήσουν το χρονοδιάγραμμα του προγράμματος σπουδών).



**Διάγραμμα 1.2.** Οι διαστάσεις των εμποδίων της εφαρμογής της διερεύνησης (Anderson & Piazza, 1996)

Επανεξετάζοντας αρκετές μελέτες στον τομέα της σχολικής έρευνας ο Cheung (2008) διαπίστωσε ότι τα μεγάλα εμπόδια που αποτρέπουν τους εκπαιδευτικούς από την εφαρμογή διερευνητικών δραστηριοτήτων ταξινομούνται σε 11 περιοχές, μεταξύ των οποίων είναι και η έλλειψη αποτελεσματικών υλικών διερεύνησης, τα παιδαγωγικά προβλήματα και οι μεγάλες τάξεις. Φυσικά, η έλλειψη ισχυρού επιστημονικού υπόβαθρου, ο ελλιπής εξοπλισμός και οι εγκαταστάσεις, το κορεσμένο πρόγραμμα σπουδών, η διδακτική ηγεσία ή η στάση του εκπαιδευτικού, είναι σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά τη διερεύνηση μέσα στην τάξη (Riggs & Enochs, 1990). Επισημαίνεται δε ότι οι εκπαιδευτικοί δεν νιώθουν άνετα διδάσκοντας ΦΕ ή έχουν χαμηλή αυτοεκτίμηση (Riggs & Enochs, 1990).



Όσον αφορά τις δυσκολίες των μαθητών, οι Kirschner et al. (2006) παρατήρησαν ότι οι σχεδιασμένες διερευνήσεις από μαθητές έχουν υψηλό γνωστικό φορτίο. Συγκεκριμένα, οι δυσκολίες αυτές σχετίζονται με τη αναγνώριση και τη διατύπωση των ερευνητικών ερωτημάτων, τον έλεγχο των μεταβλητών και την επινόηση και περιγραφή των πειραματικών διαδικασιών που θα πρέπει να ακολουθηθούν, προκειμένου να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα (Duggan & Gott, 2000).

Εντούτοις, οι Buchanan et al. (2016) επισημαίνουν, ότι δίνοντας μια σχετική αυτονομία στους μαθητές να συμμετέχουν σε διερευνητικές δραστηριότητες, μπορεί αυτή να τους οδηγήσει σε αποτυχία, η οποία απαιτεί από αυτούς να επανεξετάσουν την πορεία της έρευνάς τους και να μάθουν από τα λάθη τους. Ως εκ τούτου, οι μαθητές πρέπει να ασχολούνται ενεργά καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας και να σκέφτονται τα επόμενα βήματα, για να εξασφαλίσουν ότι αυτό που κάνουν είναι λογικό.

Ειδικότερα, ο σχεδιασμός και η πραγματοποίηση διερευνήσεων από τους μαθητές απαιτούν την κατάλληλη μαθησιακή υποστήριξη (scaffolding). Ο όρος «*μαθησιακή υποστήριξη*» αναφέρεται στην κατάλληλη βοήθεια, που πρέπει να προσφερθεί στον μαθητή, ώστε αυτός να είναι ικανός να πετύχει ένα συγκεκριμένο στόχο, που δε θα ήταν εφικτό να πραγματοποιηθεί χωρίς αυτή τη βοήθεια (Sharpe, 2006). Συνεπώς, τόσο για τους εκπαιδευτικούς όσο και για τους μαθητές, ο σχεδιασμός και η εφαρμογή διερευνητικών προσεγγίσεων είναι δυνατόν να ολοκληρωθούν σε ένα πλαίσιο το οποίο θα πληροί ορισμένες προϋποθέσεις.

#### **1.4 Προϋποθέσεις εφαρμογής της διερευνητικής προσέγγισης διδασκαλίας στις Φυσικές Επιστήμες**

Είναι αναμφίβολο πως για να βρει η διερευνητική διδακτική προσέγγιση πεδίο εφαρμογής, απαιτεί ορισμένες προϋποθέσεις, για την ομαλή μετάβαση της εκπαιδευτικής διαδικασίας από τη μετωπική διδακτική προσέγγιση σε μια ιδιαίτερα καινοτόμο προσέγγιση. Επιπλέον, επιβάλλονται σημαντικές αλλαγές στα προγράμματα σπουδών και στις πρακτικές διδασκαλίας και αξιολόγησης που εφαρμόζουν οι εκπαιδευτικοί.

Σε αυτή την περίπτωση, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι διαφορετικός σε σχέση με τον ρόλο του στη συμβατική τάξη. Ο εκπαιδευτικός ως πρόσωπο κλειδί, πρέπει να κατέχει εξίσου καλά τόσο τη διερευνητική διαδικασία όσο και το περιεχόμενο του

αντικειμένου που καλείται να προσεγγίσει διδακτικά στην τάξη. Συνεπώς, η παιδαγωγική γνώση της νέας μεθόδου όσο και η γνώση του διδακτικού αντικειμένου αποτελούν τις δύο βασικότερες προϋποθέσεις για την εφαρμογή της στην τάξη (Καριώτογλου, 2006).

Η εξοικείωση και η βαθμιαία εξάσκηση των μαθητών στα στάδια της διερευνητικής μεθόδου θεωρείται αναγκαία, κάτι το οποίο θα τους βοηθήσει να αναπτύξουν σταδιακά τις θεμελιώδεις διερευνητικές ικανότητες (Kuhn & Pease, 2008) που πρέπει να κατέχουν, να εφαρμόζουν και να αξιοποιούν. Ο εκπαιδευτικός πρέπει να παρουσιάζει διαδοχικά τα στοιχεία που σχετίζονται με το εξεταζόμενο θέμα, ούτως ώστε οι μαθητές να μπορέσουν να διακρίνουν τις σχέσεις μεταξύ των στοιχείων αυτών (Buck et al., 2008). Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός συνεργυνά μαζί με τους μαθητές, οργανώνει τη μάθηση, ενθαρρύνει τους μαθητές του στη λήψη πρωτοβουλιών που θα τους οδηγήσουν στην ανακάλυψη της νέας γνώσης και τους επαινεί όταν διατυπώνουν με τεκμηριωμένο τρόπο τις απόψεις τους (Charman, 2011). Για την ανάπτυξη υψηλών ικανοτήτων, οι μαθητές θα πρέπει να λαμβάνουν μέρος σε σύνθετες εργασίες, που απαιτούν συνεχή συμμετοχή, συνεργασία, έρευνα, έλεγχο των πηγών και να εμπλέκονται σε πιο αυθεντικά έργα, για να επιλύσουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου που τους περιβάλλει (Barron & Darling-Hammond, 2008).

Μέσα στο πλαίσιο των προϋποθέσεων της διερευνητικής προσέγγισης εντάσσεται και ο διδακτικός χρόνος. Ειδικότερα, επειδή η διερευνητική διαδικασία είναι χρονοβόρα, απαιτείται καλή διαχείριση του διδακτικού χρόνου (Erbaş & Yenmez, 2011).

Σημαντική προϋπόθεση της εφαρμογής της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης αποτελεί και το επιστημονικό περιεχόμενο το οποίο θα πρέπει να εναρμονίζεται με τους γνωστικούς, συναισθηματικούς και ψυχοκοινωνικούς στόχους της διερευνητικής προσέγγισης προκειμένου να οδηγήσει στην νοητική ανάπτυξη των μαθητών. Για τον λόγο αυτό τα εξεταζόμενα θέματα πρέπει να αποτελούν το κεντρικό ερέθισμα της διερευνητικής διαδικασίας, να προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθητών και να συμβάλλουν στην ανάπτυξη ανώτερων νοητικών λειτουργιών σε συγκεκριμένα χρονικά πλαίσια (Avsec & Kocijancic, 2016).

Ένα επίσης χρήσιμο εργαλείο για την ενίσχυση των διερευνητικών δεξιοτήτων από τους μαθητές, κυρίως κατά τη σχεδίαση διερευνήσεων, είναι η χρήση ψηφιακών τεχνολογιών για την ενίσχυση των διερευνητικών δεξιοτήτων. Οι διαδραστικές προσομοιώσεις είναι προγράμματα Η/Υ που επιτρέπουν τη δυναμική αναπαράσταση

ενός συγκεκριμένου φυσικού φαινομένου και επικεντρώνονται σε μία φυσική έννοια ή σε μικρό αριθμό φυσικών εννοιών (Ceberio et al., 2016). Για παράδειγμα, οι Van Riesen et al. (2018) δημιούργησαν το Εργαλείο Σχεδιασμού Πειράματος (EDT), το οποίο έδινε τη δυνατότητα, στους 147 μαθητές γυμνασίου που συμμετείχαν στην έρευνα, να σχεδιάσουν βήμα-βήμα εικονικά πειράματα. Τα συνολικά αποτελέσματα έδειξαν σημαντικά οφέλη ως προς την ορθή αναγνώριση των μεταβλητών, το οποίο αποτελούσε και τον βασικό στόχο της διδασκαλίας.

Ακόμη, στα πλαίσια ενός προγράμματος σπουδών «μάθησης μέσω σχεδιασμού» (learning by design), οι Puntambekar και Kolodner (2005), προσπάθησαν να υποστηρίξουν τους μαθητές στη διαδικασία σχεδιασμού μιας διερεύνησης κι εύρεσης μιας λύσης, εφαρμόζοντας τα «ημερολόγια σχεδιασμού» (design diaries). Οι ερευνητές διαπίστωσαν πως χρειάζονται ποικίλοι τύποι μαθησιακής υποστήριξης για τις διάφορες δραστηριότητες που απαρτίζουν την πρακτική της σχεδίασης και πραγματοποίησης των διερευνήσεων.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι η παρακίνηση των μαθητών για αναστοχασμό αυξάνει την ενσωμάτωση της γνώσης σε επιστημονικά θέματα (Davis, 2003). Στην εργασία της η Davis (2003) επισημαίνει τη σημασία της χρήσης «μεταγνωστικών παρακινήσεων αναστοχασμού» (metacognitive prompts) στους μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, αλλά τονίζει και τη σημασία των διαφορετικών χρονικών ορίων για τις παρακινήσεις, ανάλογα με το σκοπό τους (πριν από τη δραστηριότητα σχεδιασμού, στο ενδιάμεσο της δραστηριότητας και στο τέλος της δραστηριότητας για αναστοχασμό). Μελέτησε τις παρακινήσεις αναστοχασμού σε γενική – έμμεση μορφή και σε άμεση μορφή. Οι γενικές-έμμεσες παρακινήσεις έχουν την μορφή «Σταμάτα και σκέψου», «Τώρα σκεφτόμαστε...» κ.λ.π., ενώ οι άμεσες παρακινήσεις έχουν τη μορφή άμεσης εξήγησης. Με την έρευνά της διαπίστωσε πως οι μαθητές με τις γενικές παρακινήσεις προς αναστοχασμό ανέφεραν περισσότερες ιδέες για έναν ισχυρισμό, ήταν πιο πιθανό να παρουσιάσουν μεγαλύτερη συνοχή στις απαντήσεις τους και η ποιότητα των απαντήσεών τους έδειχνε πιο ανεξάρτητη από την άμεση παρακίνηση. Οι γενικές-έμμεσες παρακινήσεις μπορούν να βοηθήσουν ιδιαίτερα τους μαθητές με μεσαία αυτονομία, αυξάνοντας το επίπεδο συνοχής στις απαντήσεις τους.

Συμπερασματικά θα λέγαμε ότι, παρά τις δυσκολίες που προκύπτουν από την εφαρμογή των διερευνητικών προσεγγίσεων στη διδασκαλία των ΦΕ (ελλιπείς γνώσεις και δεξιότητες και χαμηλή αυτοεκτίμηση των εκπαιδευτικών, περιορισμένη ενδοϋπηρεσιακή επιμόρφωση, κορεσμένο Πρόγραμμα Σπουδών, έλλειψη πόρων και

εξοπλισμού, υψηλό γνωστικό φορτίο διερευνήσεων κ.ά.), τα οφέλη για τους μαθητές είναι σημαντικά (εννοιολογική αλλαγή για έννοιες των ΦΕ, ενεργή εμπλοκή και αλληλεπίδραση των μαθητών, αλληλεπίδραση με συνομηλίκους, επίλυση σύνθετων προβλημάτων, εφαρμογή της γνώσης σε άλλες καταστάσεις, θετική στάση για την επιστήμη). Παρόλα αυτά, ο εκπαιδευτικός πριν από τον σχεδιασμό και την εφαρμογή της διδασκαλίας του, οφείλει να λάβει υπόψη του τις παραπάνω δυσκολίες που μπορεί να προκύψουν και να γνωρίζει εκ των προτέρων ποιες είναι οι κατάλληλες προϋποθέσεις, για να πετύχει την εφαρμογή της διερεύνησης στη διδασκαλία του. Βέβαια, ορισμένες απαραίτητες προϋποθέσεις είναι η παιδαγωγική γνώση της μεθόδου και η γνώση του διδακτικού αντικειμένου από τον εκπαιδευτικό, οι αλλαγές στο Πρόγραμμα Σπουδών και στις πρακτικές αξιολόγησης των μαθητών από τους εκπαιδευτικούς, η βαθμιαία εξοικείωση των μαθητών με τα στάδια της διερεύνησης, η σωστή διαχείριση του διδακτικού χρόνου, η εναρμόνιση του επιστημονικού περιεχομένου με τους στόχους της διερεύνησης και η χρήση των μεταγνωστικών παρακινήσεων, των ημερολόγιων σχεδιασμού και των ψηφιακών τεχνολογιών.

## **2<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται οι έρευνες που αφορούν στη Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (ΣΕΜ). Αρχικά, περιγράφεται αναλυτικά η μέθοδος ΣΕΜ (βλ. ενότητα 2.1) και παρουσιάζεται η γνωστική και η μεταγνωστική διάσταση της γνώσης για τη ΣΕΜ (βλ. ενότητα 2.2). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι παρανοήσεις και οι δυσκολίες των μαθητών ως προς την κατανόηση της ΣΕΜ (βλ. ενότητα 2.3). Τέλος, παρουσιάζονται οι διδακτικές προτάσεις και προσεγγίσεις για την εφαρμογή της ΣΕΜ (βλ. ενότητα 2.4)

### **2.1 Ορισμός και περιγραφή της ΣΕΜ**

Αξιοσημείωτη είναι η τάση που επικρατεί τα τελευταία χρόνια σε διεθνές επίπεδο σχετικά με την αναφορά επιστημονικών πρακτικών, όπως ο **σχεδιασμός** κατάλληλων δοκιμών και η ερμηνεία των δεδομένων που προκύπτουν από έγκυρα πειράματα σε όλα τα επίπεδα εκπαίδευσης, από το νηπιαγωγείο ως τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (NGSS Lead States, 2013). Σύμφωνα με το NRC (2012) ακόμη και τα νήπια είναι ικανά

να σχεδιάσουν και να ολοκληρώσουν έγκυρα πειράματα ελέγχου, οι μαθητές δημοτικού είναι σε θέση να διακρίνουν τις εξαρτημένες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές και οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μπορούν να ερμηνεύουν τα τεκμήρια που προκύπτουν, από τα αποτελέσματα των ερευνών τους.

Η ικανότητα σχεδιασμού κατάλληλων πειραμάτων και η εξαγωγή έγκυρων συμπερασμάτων από τα αποτελέσματά τους είναι μια από τις βασικές δεξιότητες στην επιστημονική σκέψη (Chen & Klahr, 1999). Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το επίπεδο της επιστημολογικής κατανόησης της επιστήμης από τους μαθητές, αλλά και από τους μελλοντικούς δασκάλους, είναι η δυσκολία κατανόησης του συλλογισμού πίσω από τον έλεγχο των μεταβλητών (Boudreaux et al., 2008).

Στην έρευνα των Boudreaux et al. (2008), ο όρος *έλεγχος των μεταβλητών (Control of Variables)* χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει τον σχεδιασμό ενός πειράματος, στο οποίο οι μεταβλητές αλλάζουν με ορισμένους τρόπους, με σκοπό τη διερεύνηση της επιρροής μιας συγκεκριμένης μεταβλητής στη συμπεριφορά ενός συστήματος.

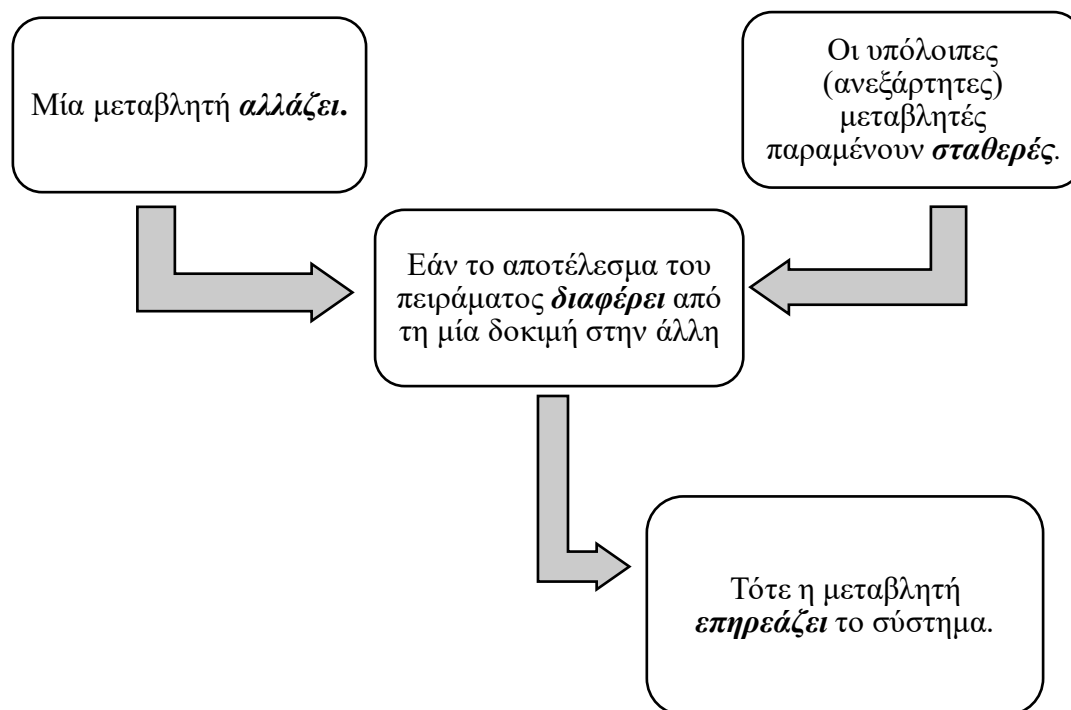
Η ΣΕΜ είναι μια από τις μεθόδους που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες στις διερευνήσεις τους για την εξαγωγή έγκυρων αποτελεσμάτων. Θα έλεγε κανείς ότι αποτελεί ένα από τα στοιχειώδη συστατικά της διερεύνησης με διττό ρόλο, ως «μέσο» και ως «σκοπός» της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας στο μάθημα των ΦΕ (Ζουπίδης, 2012).

Γενικά, μια μεταβλητή μπορεί να συνδέεται με το αποτέλεσμα ενός πειράματος με τρεις τρόπους:

1. Μπορεί να μην επηρεάζει το αποτέλεσμα.
2. Μπορεί να επηρεάζει το αποτέλεσμα, όπου αλλάζοντας αυτή τη μεταβλητή μπορεί να αλλάξει το αποτέλεσμα.
3. Μπορεί να καθορίσει το αποτέλεσμα, όπου αυτή η μεταβλητή μόνη της μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη του αποτελέσματος.

Ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές θα διαχειριστούν τις μεταβλητές ενός πειράματος, όπως αναφέρεται στην έρευνα των Boudreaux et al. (2008) εξαρτάται από τη σχέση την οποία θέλουν να ελέγξουν. Για να ελέγξουν εάν μία μεταβλητή επηρεάζει το αποτέλεσμα ενός συστήματος, χρειάζεται αρχικά να κατανοήσουν ότι η υπό έλεγχο μεταβλητή θα πρέπει να αλλάξει από τη μια δοκιμή στην επόμενη, ενώ οι υπόλοιπες, που είναι ανεξάρτητες μεταβλητές θα παραμείνουν σταθερές. Εάν το σύστημα επηρεαστεί και το αποτέλεσμα αλλάξει, τότε η συγκεκριμένη μεταβλητή επηρεάζει το

αποτέλεσμα (βλ. Διαγράμματα 2.1. και 2.2.). Σε αντίθετη περίπτωση, η μεταβλητή δεν επηρεάζει το αποτέλεσμα, τουλάχιστον στο συγκεκριμένο εύρος τιμών της μεταβλητής (Ζουπίδης, 2012).



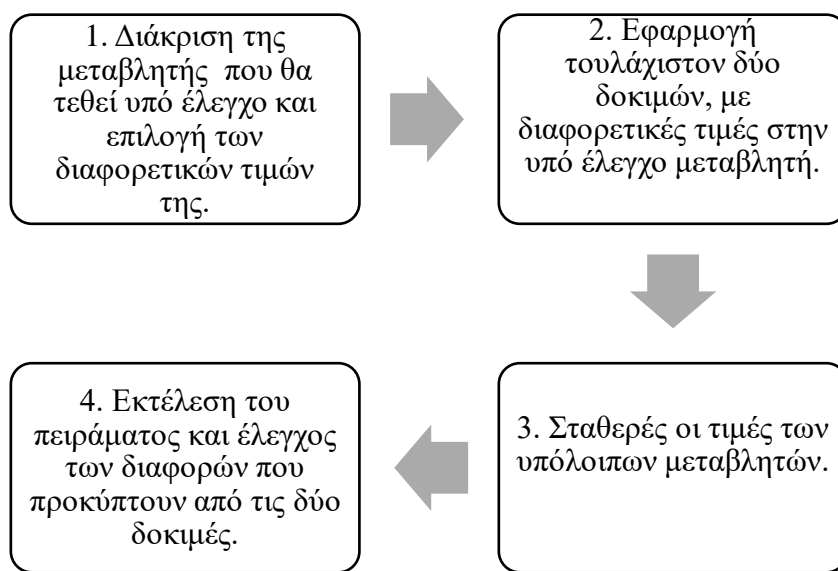
**Διάγραμμα 2.1.** Η Στρατηγική Ελέγχου Μεταβλητών (Boudreaux et al., 2008)

Για να διαπιστώσουν οι μαθητές εάν μια μεταβλητή που επηρεάζει ένα σύστημα, το καθορίζει κιόλας, θα πρέπει να ακολουθήσουν μια εντελώς διαφορετική διαδικασία. Σε αυτή την περίπτωση, η υπό έλεγχο μεταβλητή πρέπει να παραμείνει σταθερή, ενώ οι άλλες να αλλάξουν. Εάν η συμπεριφορά του συστήματος αλλάξει, τότε η υπό έλεγχο μεταβλητή δεν καθορίζει το αποτέλεσμα. Εάν, αντίθετα, η συμπεριφορά του συστήματος δεν αλλάξει, τότε υπάρχουν τεκμήρια ότι η συγκεκριμένη μεταβλητή καθορίζει το αποτέλεσμα (Ζουπίδης κ.ά., 2018).

Οι Siler και Klahr (2012), έπειτα από βιβλιογραφική έρευνα, προσδιόρισαν **τέσσερα βήματα κατά τον σχεδιασμό έγκυρων πειραμάτων** (βλ. Διάγραμμα 2.4.)

Για μια ολοκληρωμένη περιγραφή της μεθόδου ΣΕΜ, είναι απαραίτητο να εστιάσουμε τόσο στη διαδικαστική όσο και στην εννοιολογική της φύση. Διαδικαστικά, η μέθοδος αφορά α) τον σχεδιασμό και τη δημιουργία πειραμάτων, τα οποία είναι έγκυρα (unconfounded experiments) και μπορούν να δώσουν τεκμήρια για την εξαγωγή συμπεράσματος. Επιπλέον, η πλήρης μέθοδος περιλαμβάνει και β) την

ικανότητα διάκρισης μεταξύ έγκυρου και μη έγκυρου πειράματος (confounded experiments) για την εξαγωγή συμπεράσματος. Παράλληλα, γ) η ικανότητα εξαγωγής συμπεράσματος από τα αποτελέσματα των έγκυρων πειραμάτων, καθώς και δ) η κατανόηση του λόγου για τον οποίο ένα πείραμα δεν είναι έγκυρο για την εξαγωγή συμπεράσματος, οριοθετούν και την εννοιολογική διάσταση της ΣΕΜ (Toth et al. 2000, όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012).



**Διάγραμμα 2.2.** Βήματα σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων (Siler & Klahr, 2012)

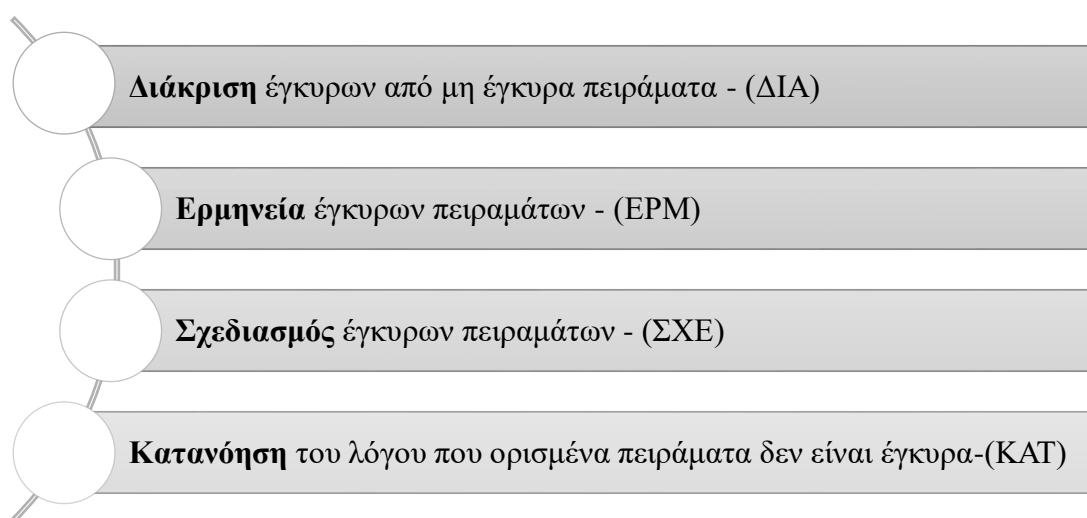
Επομένως, αποδεικνύεται ότι η ΣΕΜ, ως στοιχειώδες συστατικό της διερευνητικής διαδικασίας, συμβάλλει σημαντικά στην επιστημολογική κατανόηση της επιστήμης από τους μαθητές. Συνεπώς, η αποσαφήνιση των συστατικών του πεδίου του ελέγχου μεταβλητών, αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη διδασκαλία της μεθόδου.

## 2.2 Η γνωστική και μεταγνωστική διάσταση της γνώσης για τη ΣΕΜ

Σύμφωνα και με τους Schwichow et al. (2020) η ΣΕΜ θεωρείται μια στρατηγική διεπιστημονικού χαρακτήρα, καθώς ο έλεγχος των μεταβλητών είναι μία σημαντική διαδικασία, που ενισχύει την εγκυρότητα των πειραματικών διαδικασιών σε όλες τις φυσικές και κοινωνικές επιστήμες. Μάλιστα, η ΣΕΜ θεωρείται ως προαπαιτούμενο για την ανάπτυξη υψηλών δεξιοτήτων επιστημονικού συλλογισμού, όπως είναι η σύνθετη επίλυση προβλήματος και η παραγωγή αιτιωδών συλλογισμών όταν ελέγχονται πολλές μεταβλητές. Προηγούμενες έρευνες, εντοπίζουν και αντιμετωπίζουν ξεχωριστά την ανάπτυξη της ΣΕΜ και της Γνώσης Επιστημονικού

Περιεχομένου (Science Content Knowledge). Διαφαίνεται, όμως, μια σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών, με κύριο χαρακτηριστικό την ταυτόχρονη ανάπτυξη και των δύο. Οι στρατηγικές πειραματισμού, σύμφωνα με τον Schauble (1990), επηρεάζουν σημαντικά τη Γνώση Επιστημονικού Περιεχομένου, μέσω μιας αμφίδρομης διαδρομής.

Για την κατανόηση, λοιπόν, της ΣΕΜ από τους μαθητές, οι Schwichow et al. (2020) εντόπισαν τέσσερις επιμέρους υποδεξιότητες: (α) της **Διάκρισης έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα-ΔΙΑ**, (β) της **Ερμηνείας έγκυρων πειραμάτων-ΕΡΜ** (γ) του **Σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων-ΣΧΕ** και (δ) της **Κατανόησης του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα-ΚΑΤ** (βλ. Διάγραμμα 2.3.):



**Διάγραμμα 2.3.** Οι τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ (Schwichow et al., 2020)

Ο σχεδιασμός και η ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων τίθενται πέρα από την στενή έννοιά τους ως διερευνητικές υποδεξιότητες και τοποθετούνται στη βαθμίδα των ανώτερων επιστημονικών διαδικασιών. Οι ίδιοι οι μαθητές διεξάγουν τις δικές τους πειραματικές διαδικασίες και αντλούν πληροφορίες από αυτά (informing experiments) (Schwichow et al., 2020).

Η ανάπτυξη των υποδεξιοτήτων που αφορούν τη ΣΕΜ φαίνεται να επηρεάζεται σημαντικά από τη βαθμίδα εκπαίδευσης των μαθητών. Πράγματι, οι δεξιότητες που φαίνεται να αναπτύσσονται όσο οι μαθητές μεγαλώνουν, αφορούν τόσο στην κατανόηση της συλλογιστικής της ΣΕΜ, όσο και στην κατανόηση του επιστημονικού περιεχομένου (Schwichow et al., 2020). Σύμφωνα με τους Edelsbruner et al. (2018), είναι δυνατόν να γίνουν ουσιώδεις προβλέψεις της ανάπτυξης ικανοτήτων σχετικά με



τη Γνώση Επιστημονικού Περιεχομένου μικρότερων μαθητών, όταν γνωρίζουν τη ΣΕΜ, μιας και όπως αναφέρθηκε παραπάνω, κατά τον Shauble (1990), υπάρχει μια αμοιβαία επίδραση της ΣΕΜ της Γνώσης Επιστημονικού Περιεχομένου, ήδη από την παιδική ηλικία.

Γενικότερα στο πλαίσιο της διδασκαλίας υψηλού επιπέδου σκέψης αλλά και στον έλεγχο μεταβλητών ειδικότερα, μπορούμε να προσδιορίσουμε τρία επίπεδα:

α) Το **πρώτο επίπεδο** αποτελείται από την αναγνώριση των μεταβλητών και του αποτελέσματός τους.

β) Το **δεύτερο επίπεδο** αποτελείται από τη διενέργεια ελεγχόμενων πειραμάτων.

γ) Το **τρίτο επίπεδο**, το οποίο και συνιστά τη μεταγνωστική διάσταση της γνώσης για την ΣΕΜ, αποτελείται από τις γενικές γνώσεις σχετικά με την εκτέλεση των ελεγχόμενων πειραμάτων, την ονομασία της κατάλληλης στρατηγικής, τη γνώση του πότε, πώς και γιατί η στρατηγική πρέπει ή δεν πρέπει να χρησιμοποιείται και ποια χαρακτηριστικά του έργου φανερώνουν την ανάγκη χρήσης της στρατηγικής (Zohar & Ben David, 2008).

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τους Zohar και Ben David (2008) οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση:

1. Να γνωρίζουν **το όνομα της στρατηγικής ελέγχου μεταβλητών**.

2. Να αναγνωρίζουν **την ανάγκη ελέγχου των μεταβλητών**, εφόσον τα συμπεράσματα που προκύπτουν πρέπει να θεμελιωθούν. Επίσης, να αναγνωρίζουν **γιατί** (why) τα συμπεράσματα, που προέκυψαν χωρίς τον έλεγχο των μεταβλητών, δεν είναι έγκυρα. Αυτή η γνώση περιλαμβάνει την κατανόηση ότι σε μία συνθήκη σύγκρισης, όπου τα αποτελέσματα διαφέρουν μεταξύ των διαφόρων τιμών, αν αλλάξουμε περισσότερες από μία μεταβλητές, δεν μπορούμε να πούμε με σιγουριά ποια μεταβλητή κάνει τη διαφορά. Παρόμοια, σε περιπτώσεις στις οποίες το αποτέλεσμα παραμένει ίδιο μεταξύ των διαφόρων δοκιμών, δεν μπορούμε να πούμε με σιγουριά πως καμία μεταβλητή δεν έκανε τη διαφορά, γιατί διάφορες μεταβλητές θα μπορούσαν να αντισταθμίσουν η μία την άλλη.

3. Να γνωρίζουν **πώς να χρησιμοποιούν τον κανόνα**, δηλαδή να συγκρίνουν μεταξύ τουλάχιστον δύο συνθηκών, στις οποίες όλες οι μεταβλητές παραμένουν σταθερές εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή. Επιπλέον, να γνωρίζουν ότι είναι λάθος να αλλάξουν περισσότερες από μία μεταβλητές τη φορά (how).

4. Να αναγνωρίσουν **πότε θα χρησιμοποιήσουν τη ΣΕΜ**, δηλαδή να γνωρίζουν ότι οι μεταβλητές πρέπει να ελεγχθούν κάθε φορά που χρειάζεται να αποδείξουμε την

ύπαρξη αιτιωδών σχέσεων. Μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως η κατανόηση του είδους των συνθηκών που απαιτούνται για τη χρήση της στρατηγικής (when).

### **2.3 Οι παρανοήσεις και δυσκολίες των μαθητών ως προς την κατανόηση της ΣΕΜ**

Σημαντική φαίνεται να είναι η επίδραση των παρανοήσεων των μαθητών (preconceptions) στην κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ, μιας και κατά τον σχεδιασμό και τη δημιουργία των πειραματικών διαδικασιών προκύπτουν σημαντικά σφάλματα. Οι προσωπικές εμπειρίες, οι γλωσσικοί περιορισμοί, η προηγούμενη διδασκαλία είναι ορισμένοι μόνο από τους λόγους από τους οποίους εμφανίζονται οι παρανοήσεις των μαθητών για τα φυσικά φαινόμενα, οι οποίοι πολλές φορές ερμηνεύουν με αντιφατικό τρόπο το επιστημονικό περιεχόμενο (Driver, 1989). Για παράδειγμα, αρκετοί μαθητές δεν μπορούν να αμφισβητήσουν τα αποτελέσματα των μη έγκυρων πειραμάτων (Schwichow et al., 2020).

Όμως, οι ποικίλες διδακτικές προσεγγίσεις δεν λαμβάνουν υπόψη τη σημασία των παρανοήσεων των μαθητών για τη ΣΕΜ, αλλά και της εξέλιξης αυτών, κατά τη διάρκεια των σχολικών χρόνων. Οι Siler και Klahr (2012), μελετώντας τη σχετική βιβλιογραφία, εντόπισαν τις παρανοήσεις των μαθητών, όπως παρουσιάζονται παρακάτω:

**1. Υπάρχει αδυναμία διάκρισης μεταξύ των προσδοκιών και των τεκμηρίων που παρουσιάζονται.** Για παράδειγμα, πολλοί μαθητές της Δ' Δημοτικού (4<sup>th</sup> grade) (Dean & Kuhn, 2007) και φοιτητές (Boudreaux et al., 2008), αντί να περιγράψουν τον τρόπο με τον οποίο θα ελέγξουν εάν μια μεταβλητή επηρεάζει ένα σύστημα, περιγράφουν απλώς τις μεταβλητές που επηρεάζουν αυτό το σύστημα, στηρίζοντας τις ερμηνείες τους στις δικές τους προσδοκίες για τη συμπεριφορά του συστήματος.

**2. Δίνουν μεγαλύτερη βαρύτητα στις πεποιθήσεις τους από ό,τι στις διαδικασίες πειραματισμού και σύγκρισης για την εξαγωγή συμπερασμάτων.** Η διάκριση μεταξύ προβλέψεων και τεκμηρίων είναι σημαντική. Τα ευρήματα έδειξαν ότι συχνά οι μαθητές στηρίζουν την ερμηνεία των δεδομένων στις δικές τους αρχικές ιδέες, σχετικά με τη συμπεριφορά του συστήματος και δε δίνουν έμφαση στις διαδικασίες πειραματισμού και σύγκρισης. Ακόμη, ορισμένοι φοιτητές, δίνοντας ιδιαίτερη βαρύτητα στις προσδοκίες τους, περιγράφουν τα πειράματα ακόμη και στις περιπτώσεις που τα τεκμήρια δείχνουν το αντίθετο ή που δεν είναι αρκετά για να οδηγήσουν σε ασφαλές συμπέρασμα (Boudreaux et al., 2008).

**3. Δεν κατανοούν ότι μόνο η μεταβλητή που είναι υπό έλεγχο επιτρέπεται να αλλάξει.** Πιο συγκεκριμένα, οι Chen και Klahr (1999) και οι Boudreaux et al. (2008), αναφέρουν ότι ενώ οι περισσότεροι μαθητές ή φοιτητές αντίστοιχα, αντιλαμβάνονται ότι πρέπει να συγκρίνουν με δοκιμές, στις οποίες η υπό έλεγχο μεταβλητή αλλάζει, δεν μπορούν να αντιληφθούν ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές πρέπει να παραμείνουν σταθερές. Άλλες φορές οι μαθητές κατανοούν μεν ότι η μεταβλητή που είναι υπό έλεγχο θα αλλάξει από τη μία δοκιμή στην επόμενη, αλλά δε δείχνουν να κατανοούν πώς πρέπει να διαχειριστούν τις υπόλοιπες μεταβλητές (Chen & Klahr, 1999).

**4. Δεν κατανοούν ότι η υπό έλεγχο μεταβλητή πρέπει να μεταβληθεί για να ελεγχθεί εάν επηρεάζει ένα φαινόμενο.** Πολλοί μαθητές κρατάν σταθερές όλες τις μεταβλητές μεταξύ δύο δοκιμών. Η δυσκολία αυτή παρατηρήθηκε, κυρίως, σε μαθητές μικρότερης ηλικίας (Chen & Klahr (1999) (όπως αναφέρεται στο Ζουπίδης, 2012).

**5. Δεν κατανοούν τη λογική με την οποία καταλήγουμε σε συμπέρασμα.** Παρατηρήθηκε ότι ορισμένοι από τους φοιτητές στην έρευνα των Boudreaux et al. (2008) θεώρησαν ότι δεν είναι ασφαλές να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα με λίγες μόνο δοκιμές και ότι χρειάστηκε να επαναλάβουν το πείραμα πολλές φορές για να είναι σίγουροι. Επίσης, ορισμένοι μαθητές (Chen & Klahr, 1999· Dean & Kuhn, 2007) και φοιτητές (Boudreaux et al., 2008), εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή αλλάζουν και ακόμη μία μεταβλητή, θεωρώντας ότι μπορούν να καταλήξουν σε ένα συμπέρασμα, ακόμη κι όταν το πείραμα δεν είναι έγκυρο. Σε άλλες περιπτώσεις, οι φοιτητές αντιλαμβάνονται ότι η υπό έλεγχο μεταβλητή πρέπει να αλλάξει, όταν αναλαμβάνουν να σχεδιάσουν ένα πείραμα, αλλά δυσκολεύονται να αντιληφθούν αυτή τη διάσταση της ΣΕΜ, στο στάδιο της ανάλυσης και ερμηνείας των αποτελεσμάτων του πειράματος και στο στάδιο της εξαγωγής χρήσιμων συμπερασμάτων (Boudreaux et al., 2008 όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012).

**6. Θεωρούν ότι όταν μια μεταβλητή επηρεάζει ένα φαινόμενο, τότε δεν είναι δυνατόν να το επηρεάζει και κάποια άλλη μεταβλητή.** Πιο συγκεκριμένα, οι φοιτητές αποκλείουν την πιθανότητα να επηρεάζεται ένα σύστημα από διαφορετικές μεταβλητές και όταν καταλήξουν σε συμπέρασμα για μία μεταβλητή, την οποία εξέτασαν, θεωρούν ότι αυτή είναι και η μοναδική μεταβλητή που μπορεί να επηρεάσει το σύστημα (Boudreaux et al., 2008).

**7. Δεν μπορούν να σχεδιάσουν έγκυρα πειράματα, όταν τους ζητείται να μελετήσουν δύο μεταβλητές μαζί.** Για παράδειγμα, στην έρευνα των Boudreaux et al. (2008) αναδείχθηκε ότι οι φοιτητές δυσκολεύονται να εφαρμόσουν τη ΣΕΜ, όταν

ορισμένες από τις μεταβλητές που επηρεάζουν ένα φαινόμενο είναι αλληλοεξαρτώμενες. Ωστόσο, οι μεταβλητές μπορούν να αλληλοσυσχετίζονται. Για παράδειγμα, αυξάνοντας τη μάζα ενός σώματος και κρατώντας την πυκνότητα του σταθερή, αυξάνεται ο όγκος του σώματος. Βρέθηκε ότι σε τέτοιες καταστάσεις πολλοί μαθητές έχουν σοβαρή δυσκολία στην εφαρμογή της λογικής του ελέγχου των μεταβλητών (Boudreaux et al., 2008).

**8. Παρερμηνεύουν τον στόχο μιας δραστηριότητας.** Ορισμένοι φοιτητές, σύμφωνα με τους Siler και Klahr (2012), αντί να διερευνήσουν εάν μια μεταβλητή επηρεάζει ένα φαινόμενο ή ένα σύστημα, θεωρούν ότι πρέπει να κατασκευάσουν το βέλτιστο σύστημα.

Ειδικότερα, οι οκτώ παρανοήσεις σχετικά με τη ΣΕΜ που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία και αναφέρθηκαν προηγουμένως, οδηγούν, όπως φαίνονται στον Πίνακα 2.1., σε έξι **σχεδιαστικά λάθη** (designing errors) που κάνουν οι μαθητές, όταν χρησιμοποιούν τη μέθοδο ΣΕΜ:

1. σχεδιάζουν πολλαπλά μη έγκυρα πειράματα, όπου, εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλουν επιπλέον μία μεταβλητή (ce-1),
2. σχεδιάζουν πολλαπλά μη έγκυρα πειράματα, όπου, εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλουν επιπλέον δύο μεταβλητές (ce-2),
3. σχεδιάζουν έγκυρα πειράματα για μια λανθασμένη ανεξάρτητη μεταβλητή (cwn),
4. συγκρίνουν ίδιες καταστάσεις-κάνουν ίδιες δοκιμές (nce),
5. σχεδιάζουν μη έγκυρα πειράματα, όπου κρατούν μία μεταβλητή σταθερή κάθε φορά (hotat),
6. σχεδιάζουν μία μόνο πειραματική δοκιμή (ooe).

Παρανοήσεις	Σχεδιαστικά λάθη
1 Εφαρμόζουν σωστά τη μέθοδο ΣΕΜ, αλλά για μία λανθασμένη μεταβλητή (CVS for wrong variable).	Σχεδιάζουν έγκυρα πειράματα για λανθασμένη ανεξάρτητη μεταβλητή – controlled experiments for the wrong variable (cwn)

<p>2 Εφαρμόζουν σωστά τη μέθοδο ΣΕΜ, αλλά μεταβάλλουν τις τιμές και των ανεξάρτητων μεταβλητών που επηρεάζουν το σύστημα (CVS-vary-“non-causal”).</p>	<p>Σχεδιάζουν πολλαπλά μη έγκυρα πειράματα - multiple confounded experiments (ce-1/ce-2)</p>
<p>3 Ελέγχουν ταυτόχρονα πολλές ανεξάρτητες μεταβλητές (Test variables).</p>	<p>Σχεδιάζουν πολλαπλά μη έγκυρα πειράματα - multiple confounded experiments (ce-1/ce-2)</p>
<p>4 Αγνοούν τις προϋποθέσεις για έγκυρο πείραμα (Ignore cofounds).</p>	<p>Σχεδιάζουν πολλαπλά μη έγκυρα πειράματα - multiple confounded experiments (ce-1/ce-2)</p>
<p>5 Συγκρίνουν όλη την κατάσταση (Whole condition comparison).</p>	<p>Σχεδιάζουν πολλαπλά μη έγκυρα πειράματα - multiple confounded experiments (ce-1/ce-2)</p>
<p>6 Δεν αντιπαραβάλλουν την υπό έλεγχο μεταβλητή (Noncontrastive target variable).</p>	<p>Συγκρίνουν ίδιες καταστάσεις-κάνουν ίδιες δοκιμές - non-contrastive experiments (nce)</p>
<p>7 Ελέγχουν με πείραμα μίας συνθήκη (Single-condition experiment)</p>	<p>Σχεδιάζουν μία μόνο πειραματική δοκιμή – one experimental condition (ooe)</p>
<p>8 Μεταβάλλουν όλες τις μεταβλητές, κρατώντας σταθερή την υπό έλεγχο μεταβλητή (Hold one constant and vary all additional variables).</p>	<p>Σχεδιάζουν μη έγκυρα πειράματα, όπου κρατούν μία μεταβλητή σταθερή κάθε φορά- hold one thing at a time (hotat)</p>

**Πίνακας 2.1.** Οι παρανοήσεις της μεθόδου ΣΕΜ και τα σχεδιαστικά λάθη έγκυρων πειραμάτων κατά Siler & Klahr (2012)

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που εφαρμόζουν αυθόρμητα τη ΣΕΜ κατά τον σχεδιασμό ενός πειράματος είναι πολύ μικρό (Chen & Klahr, 1999). Συνεπώς, ο σχεδιασμός πειραμάτων, ως θεμελιώδης

δεξιότητα συλλογισμού πρέπει να αναπτύσσεται και να καλλιεργείται σε μαθησιακά περιβάλλοντα διδασκαλίας των ΦΕ. Επιπλέον, οι μαθητές όλων των ηλικιών δυσκολεύονται να κατανοήσουν τη λογική που υπάρχει πίσω από τον σχεδιασμό κατάλληλων πειραμάτων με στόχο να ελεγχθεί εάν μία μεταβλητή επηρεάζει ένα φαινόμενο, καθώς και τη λογική με την οποία καταλήγουμε σε συμπέρασμα μετά από τη σύγκριση έγκυρων δοκιμών (Boudreaux et al., 2008· Chen & Klahr, 1999· Dean & Kuhn, 2007· Lorch R. et al., 2010· NRC, 2000).

Παρά το γεγονός ότι αρκετές προγενέστερες έρευνες σε μαθητές μικρότερων ηλικιακών ομάδων εντοπίζουν μια πρώιμη (πρόδρομη) εμφάνιση των υποδεξιότητων της ΣΕΜ (Grosslight & Smith, 1991), υπάρχουν δυσκολίες κατανόησης της μεθόδου ακόμη και σε ενήλικες (Schwichow et al., 2020). Για παράδειγμα, εννιάχρονοι μαθητές είναι ικανοί να διακρίνουν έγκυρα πειράματα ελέγχου από μη έγκυρα, αλλά ελάχιστοι από αυτούς έχουν τη δυνατότητα να σχεδιάσουν έγκυρα πειράματα ή φαίνεται να μην καταφέρνουν να καταλήξουν σε ορθά συμπεράσματα. Σύμφωνα με την έρευνα των Bullock και Ziegler (1999), (όπως αναφ. στο Schwichow et al., 2020) ενισχύεται η αρχική άποψη των Ruffman et al. (1993), της αδυναμίας, δηλαδή, των μαθητών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να σχεδιάσουν έγκυρα πειράματα. Παρόλο που οι περισσότεροι μαθητές μπορούν να αναφέρουν την ανάγκη ελέγχου των μεταβλητών κατά τον σχεδιασμό ενός πειράματος, πολλοί έχουν δυσκολία με την υποκείμενη αιτιολογία (Schwichow et al., 2022).

Επίσης, επισημαίνεται η δυσκολία στην αναγνώριση του ότι αρκετές μεταβλητές μπορούν να συμβάλλουν (προσθετικά) σε ένα πειραματικό αποτέλεσμα (Keselman, 2003), αλλά και η δυσκολία στη διάκριση των ανεξάρτητων μεταβλητών (Schwichow et al. 2022). Κατά τους Zohar και Peled (2008) είναι πολύ σημαντικό οι μαθητές να αναγνωρίζουν πότε μελετούν τις σωστές μεταβλητές, με σκοπό να μην τις αγνοούν, αλλά μάλλον πρόκειται περισσότερο για μια μεταγνωστική ικανότητα που απουσιάζει από τους μικρότερους μαθητές. Ακόμη, ορισμένες έρευνες επικεντρώθηκαν στη δυσκολία των μαθητών να τροποποιούν τη σκέψη τους, όταν αντιμετωπίζουν δεδομένα που έρχονται σε σύγκρουση με τις αρχικές τους ιδέες (Park & Kim, 1998). Ενδεχομένως οι ελλείψεις αυτές να επηρεάζονται σημαντικά από τις παρανοήσεις των μαθητών, σχετικά με τη μέθοδο ΣΕΜ (Schwichow et al., 2022).

Κατά συνέπεια, αναλύοντας τις απαντήσεις των μαθητών, οι Schwichow et al. (2022) κατέληξαν σε μία κατηγοριοποίηση δύο κατηγοριών:

- α) ο μαθητής κατανοεί τον συλλογισμό και

β) ο μαθητής δεν κατανοεί τον συλλογισμό.

Ειδικότερα, οι μαθητές φαίνεται να αποδίδουν καλύτερα στη «*Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα*» (ΔΙΑ) και στην «*Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων*» (ΕΡΜ), λιγότερο καλά στον «*Σχεδιασμό έγκυρων πειραμάτων*» (ΣΧΕ) και δεν αποδίδουν καλά σε θέματα «*Κατανόησης του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα*» (ΚΑΤ), ίσως επειδή η κατάκτηση αυτή φαίνεται να έπεται και όχι να προηγείται από την κατάκτηση των προηγούμενων τριών υποδεξιότητων (Schwichow et al., 2022). Έτσι ενισχύονται τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών (Boudreaux et al., 2008· Chen & Klahr, 1999· Dean & Kuhn, 2007· Lorch R. et al., 2010), κυρίως όσον αφορά τη δυσκολία της κατανόησης των μη έγκυρων πειραμάτων από τους μαθητές. Για παράδειγμα, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση οι μαθητές αποτυγχάνουν σε θέματα κατανόησης μη έγκυρων πειραμάτων, γιατί πιστεύουν ότι θα πρέπει να ελέγξουν περισσότερες από μία μεταβλητές. Αντίθετα, οι μαθητές οι οποίοι κατέκτησαν υψηλές επιδόσεις σε θέματα κατανόησης των μη έγκυρων πειραμάτων είχαν υψηλές επιδόσεις και στις τέσσερις υποδεξιότητες. Επίσης, οι ίδιοι ερευνητές επισημαίνουν, ότι οι μαθητές μεγαλύτερων τάξεων φαίνεται να τα καταφέρνουν καλύτερα στην υποδεξιότητα ΔΙΑ και στην υποδεξιότητα ΣΧΕ, αλλά και να μετριάζουν σταδιακά το χάσμα που προκύπτει μεταξύ της κατάκτησης των τριών υποδεξιότητων (ΔΙΑ, ΕΡΜ και ΣΧΕ) και της υποδεξιότητας ΚΑΤ, καθώς αυξάνεται και η Γνώση Επιστημονικού Περιεχομένου. Αξίζει σίγουρα να αναφερθεί ότι το επίπεδο κατανόησης μιας επιμέρους υποδεξιότητας δεν αποτελεί απαραίτητο παράγοντα πρόβλεψης της ανάπτυξης μιας άλλης υποδεξιότητας στον ίδιο βαθμό (Zimmerman, 2007).

## **2.4 Οι διδακτικές προτάσεις και προσεγγίσεις για την εφαρμογή της ΣΕΜ**

Αποδεικνύεται ότι η ανάπτυξη των υποδεξιότητων της ΣΕΜ από τους μαθητές σύμφωνα με την έρευνα των Schwichow et al. (2022), επηρεάζει σημαντικά τη διδακτική διαδικασία, καθώς αυτές διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των μαθητών. Οι Chen και Klahr (1999) διαπίστωσαν πολύ νωρίτερα, ότι οι νεότεροι μαθητές δεν μπορούν να μεταφέρουν τη γνώση τους γύρω από τη ΣΕΜ σε νέες καταστάσεις. Παρατηρώντας την εξέλιξη στα σχεδιαστικά λάθη που προκύπτουν από μαθητές διαφορετικών ηλικιακών ομάδων, ενισχύεται η παραδοχή ότι οι δυσκολίες των μαθητών μπορούν να αντιμετωπιστούν με διδακτική παρέμβαση. Οι διδακτικές

παρεμβάσεις θα πρέπει να μετατοπιστούν περισσότερο στην ενίσχυση των μεταγνωστικών υποδεξιότητων της ΣΕΜ, με κύριο σκοπό οι μαθητές να κατανοήσουν πότε μπορούν να εφαρμόσουν τη μέθοδο ΣΕΜ (Schwichow et al., 2022).

Γενικά ο συλλογισμός που στηρίζεται στον έλεγχο των μεταβλητών αποτελεί πρόκληση για τους μαθητές σε όλες τις βαθμίδες. Όμως, στον Πίνακα 2.2., όπου παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι περισσότερες διδακτικές προτάσεις και προσεγγίσεις των ερευνητών σχετικά με την εφαρμογή της ΣΕΜ, παρατηρούμε ορισμένες διαφοροποιήσεις ως προς τις διδακτικές προσεγγίσεις μεταξύ των δύο βαθμίδων εκπαίδευσης (πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης). Αξίζει να αναφερθεί, πως κάποιες από τις έρευνες δείχνουν ότι η κλασική διδασκαλία δε βελτιώνει την ικανότητα των μαθητών στην εφαρμογή του ελέγχου των μεταβλητών. Βασικός στόχος για τη διδασκαλία των ΦΕ, όπως παρουσιάζεται στα αναλυτικά προγράμματα, είναι οι μαθητές να αναπτύξουν την κατανόηση της επιστήμης ως διαδικασίας. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να είναι σε θέση να καθοδηγήσουν τους μαθητές, ώστε από τη μία οι μαθητές τους να είναι σε θέση να ερμηνεύουν τις πληροφορίες που τους παρουσιάζονται και να εξάγουν συμπεράσματα, και από την άλλη να είναι ικανοί να αναγνωρίζουν καταστάσεις στις οποίες τα συμπεράσματα δεν είναι δικαιολογημένα (Schwichow et al., 2022).

<b>Διδακτική πρόταση</b>	<b>Ερευνητική ομάδα</b>	<b>Βαθμίδα εκπαίδευσης</b>
- Ρητή διδασκαλία της μεθόδου ΣΕΜ	Ross (1988) Chen και Klahr (1999) Klahr και Nigam (2004)	B/θμια εκπ/ση
- Ανακαλυπτική μάθηση	Dean και Kuhn (2007)	A/θμια & B/θμια εκπ/ση
- Συνδυασμός των δύο προσεγγίσεων (ρητή διδασκαλία-ανακαλυπτική μάθηση)	(Lorch et al. (2010) Zohar και David (2008) Schwichow et al. (2022)	A/θμια & B/θμια εκπ/ση
- Προσαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού (ηλικία-βαθμίδα εκπ/σης)	Schwichow et al. (2022)	A/θμια & B/θμια εκπ/ση
- Ιδιαίτερη βαρύτητα στο εκπαιδευτικό υλικό	Forbes και Davis (2010)	A/θμια & B/θμια εκπ/ση
- Αλληλεπίδραση του μαθητή με εικονικά υλικά	Beck et al. (2009) Triona και Klahr (2003)	B/θμια εκπ/ση



- Χρήση μικρού εγχειριδίου με μικρές, απλές ιστορίες, διαφορετικού περιεχομένου που συνδέονται με την καθημερινότητα	Schwichow et al. (2022)	A/θμια εκπ/ση
- Παρουσίαση μη έγκυρων πειραμάτων	Schwichow et al. (2022)	A/θμια & B/θμια εκπ/ση
- Παροχή μεγάλου βαθμού πληροφόρησης και καθοδήγησης	Schwichow et al. (2022)	A/θμια εκπ/ση
- Λειτουργία του προφορικού λόγου κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος ΦΕ	Oliveira (2010)	A/θμια & B/θμια εκπ/ση

**Πίνακας 2.2.** Οι διδακτικές προτάσεις και προσεγγίσεις για την εφαρμογή της ΣΕΜ

Ο Ross (1988) αναφέρει πως η *ρητή διδασκαλία του ελέγχου μεταβλητών*, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να έχει σημαντικά αποτελέσματα και ότι στοχευμένα μαθήματα μπορούν να καταστήσουν τους μαθητές ικανούς να μεταφέρουν αυτού του είδους την ικανότητα από μία περίπτωση σε μία άλλη, παρά τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές, τόσο στην κατανόηση όσο και στην εφαρμογή της μεθόδου. Μάλιστα, καταλήγει στο ότι οι διδακτικές προσεγγίσεις, στις οποίες έγιναν σαφή τα συστατικά του πεδίου του ελέγχου των μεταβλητών, μέσω ενός συνόλου εμφανών διαδικασιών και χαρακτηριστικών παραδειγμάτων, είχαν μεγαλύτερο αντίκτυπο από τις προσεγγίσεις στις οποίες οι διαδικασίες ήταν λιγότερο εμφανείς. Αρχικά οι Chen και Klahr (1999) και αργότερα οι Toth et al. (2000) υποστήριξαν ότι καθοριστικός παράγοντας για τη βελτίωση της κατανόησης του συλλογισμού της ΣΕΜ είναι η ρητή διδασκαλία της ΣΕΜ. Η ίδια διαπίστωση επαναλήφθηκε από τους Chen και Klahr (1999), καθώς φάνηκε ότι οι μαθητές ηλικίας 7-10 ετών είναι ικανοί να κατανοήσουν τη μέθοδο ΣΕΜ, όταν αυτή παρέχεται με ρητή διδασκαλία (direct instruction). Σε ένα πιο πρόσφατο άρθρο των Klahr και Nigam (2004) τα ευρήματα έδειξαν ότι περισσότερα παιδιά μαθαίνουν από την άμεση διδασκαλία παρά από την ανακαλυπτική μάθηση (discovery-based). Ωστόσο, τα ευρήματα των Dean και Kuhn (2007) έδειξαν, ότι σε μια μακροπρόθεσμη περίοδο έξι μηνών, η ρητή διδασκαλία φαίνεται να μην είναι ούτε ικανή ούτε αναγκαία συνθήκη για την απόκτηση ή για την συντήρηση της γνώσης με την πάροδο του χρόνου.

Τα τελευταία χρόνια επικρατεί η πρόταση να συνδυαστούν οι δύο παραπάνω

προσεγγίσεις (Lorch et al., 2010· Zohar & David, 2008). Ο Lorch et al. (2010) θεωρούν ότι οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί έχουν τη δυνατότητα να ισορροπήσουν μεταξύ των δύο προσεγγίσεων (ανακαλυπτική προσέγγιση - ρητή διδασκαλία), με κύριο στόχο, όπως επισημαίνουν και οι Schwichow et al. (2022) να προσαρμόσουν τη διδασκαλία τους στο εκάστοτε πλαίσιο. Ένα ενθαρρυντικό και ελπιδοφόρο στοιχείο αποτελούν τα ευρήματα των μελετών που υποστηρίζουν ότι οι ακαδημαϊκά αδύναμοι μαθητές επωφελούνται από την διδασκαλία των μεταγνωστικών δεξιοτήτων (White & Frederiksen, 1998). Είναι πιθανό, οι μαθητές με υψηλή επίδοση να καταφέρνουν να κατασκευάσουν στοιχεία της μεταγνώσης από μόνοι τους, ενώ οι μαθητές χαμηλής επίδοσης να είναι λιγότερο ικανοί σε αυτό.

Σε ένα αρχικό στάδιο κατανόησης της ΣΕΜ, μπορεί να παρουσιαστεί στους μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης ένα **απλούστερο περιεχόμενο με μία ή ελάχιστες μεταβλητές**, μιας και οι μεταγνωστικές ικανότητες των μαθητών αυτής της ηλικίας, σχετικά με τον πειραματισμό ή με τη φύση και τον ρόλο της επιστήμης, δεν είναι επαρκώς ανεπτυγμένες. Έπειτα, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση μπορεί να ενσωματωθεί η ρητή διδασκαλία της ΣΕΜ στο περιεχόμενο των μαθημάτων ΦΕ, όπως προτείνουν οι Schwichow et al. (2022). Άλλη μία σημαντική παράμετρος, την οποία ο εκπαιδευτικός οφείλει να λάβει υπόψη, είναι ότι οι μαθητές του δημοτικού σχολείου είναι σε θέση να παράγουν υποθέσεις ανάλογες με τα ευρήματα των πειραματικών διαδικασιών που παρατηρούν ή να εντοπίζουν τις αιτιώδεις σχέσεις σε ένα απλούστερο πλαίσιο (μόνο μία υπό έλεγχο μεταβλητή ή πολύ ευδιάκριτα αποτελέσματα), αλλά ακόμα δεν είναι αρκετά ικανοί να σχεδιάσουν πειράματα ελέγχου.

Για παράδειγμα, αντιλαμβάνεται κανείς ότι τα νήπια μπορούν να σχεδιάσουν και να διεξάγουν κατά ένα ορισμένο τρόπο τις έρευνές τους, αλλά δεν μπορούν να διακρίνουν τις εξαρτημένες από τις ανεξάρτητες μεταβλητές. Ακόμη, οι μαθητές του δημοτικού σχολείου, συγκρινόμενοι πάντα με τους μαθητές που φοιτούν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, δεν είναι σε θέση να κατασκευάσουν επεξηγήσεις και να τις αναθεωρήσουν, βασιζόμενοι σε αξιόπιστα και έγκυρα αποτελέσματα. Αυτό συνεπάγεται την **προσαρμογή του υλικού** αλλά και της διδασκαλίας της ΣΕΜ ανάλογα με την ηλικία των μαθητών και τη σχολική βαθμίδα στην οποία φοιτούν (Schwichow et al., 2022).

Σε μια προσπάθεια να ενισχύσουν τα αποτελέσματα της έρευνας των Klahr και Nigam (2004), οι Beck et al. (2009), μελετώντας τις γνώσεις για τη ΣΕΜ 177 μαθητών γυμνασίου, χρησιμοποίησαν ένα εικονικό διαδραστικό περιβάλλον με μία ράμπα. Οι

ερευνητές προσπάθησαν να συγκρίνουν τα αποτελέσματα της μάθησης της μεθόδου με τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις: α) τη ρητή διδασκαλία με δυνατότητα αναδιοργάνωσης, β) την άμεση διδασκαλία χωρίς δυνατότητα αναδιοργάνωσης και γ) την ανακαλυπτική μάθηση, χρησιμοποιώντας ένα περιβάλλον μάθησης το οποίο μπορούν να ελέγξουν αυστηρά, με μεταβλητές σε όλες τις μαθησιακές συνθήκες. Τα αποτελέσματά τους συγκλίνουν με εκείνα των Triona και Klahr (2003), δηλαδή ότι η μέθοδος ΣΕΜ μπορεί να αποκτηθεί μέσω *αλληλεπίδρασης του μαθητή με εικονικά υλικά*. Φαίνεται πως οι επιλογές των μέσων διδασκαλίας από τον εκπαιδευτικό κατά τον σχεδιασμό των μαθημάτων είναι δυνατόν να επηρεάζουν τα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως για παράδειγμα η χρήση κειμένου έναντι ήχου και οι ανοικτού τύπου ερωτήσεις έναντι ερωτήσεων κλειστού τύπου.

Στους εκπαιδευτικούς που δε χρησιμοποιούν τη μέθοδο ΣΕΜ ως ένα σημαντικό διδακτικό εργαλείο οι Schwichow et al. (2022) προτείνουν τη *χρήση ενός μικρού εγχειριδίου* με μικρές, απλές ιστορίες, διαφορετικού περιεχομένου που συνδέονται με την καθημερινότητα και εικόνες-γραφήματα τα οποία βοηθάν στην αποφυγή παρερμηνειών, λόγω των γλωσσικών δυσκολιών των μαθητών ή άλλων δυσκολιών κατανόησης του περιεχομένου των δραστηριοτήτων.

Μια σημαντική προσέγγιση που, ενδεχομένως, θα βοηθούσε στη διδασκαλία της ΣΕΜ και την οποία παρουσιάζουν οι Schwichow et al. (2022), είναι η *παρουσίαση μη έγκυρων πειραμάτων*, όπου σε ένα πρώτο επίπεδο οι ίδιοι οι μαθητές καλούνται να εξηγήσουν α) τους λόγους που το πείραμα δεν είναι έγκυρο (negative knowledge) και β) πώς θα μπορούσαν να αποφευχθούν τα σχεδιαστικά λάθη. Στις περιπτώσεις που ο εκπαιδευτικός ενημερώνει τους μαθητές του ότι το πείραμα δεν είναι έγκυρο και τους ζητά να κατανοήσουν γιατί συμβαίνει αυτό, οι μαθητές φαίνεται να κατακτούν ευκολότερα τη δεξιότητα της κατανόησης ενός μη έγκυρου πειράματος.

Επιπλέον, από τα ευρήματα της έρευνας, διαφαίνεται πως ένας σημαντικός αριθμός μαθητών του δημοτικού σχολείου παρουσιάζει θετικά αποτελέσματα σχετικά με την κατανόηση μη έγκυρων πειραμάτων, όταν *ο βαθμός πληροφόρησης και καθοδήγησης* που τους έχει παρασχεθεί είναι μεγάλος (Schwichow et al., 2022). Οι μαθητές αν γνωρίζουν εκ των προτέρων πως το πείραμα δεν είναι έγκυρο θα μπορούν πιο εύκολα να απαντήσουν για ποιο λόγο θεωρούν πως συμβαίνει αυτό. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι ακόμη και οι μαθητές του δημοτικού σχολείου μπορούν εν δυνάμει να εκτιμήσουν την εγκυρότητα ή μη των πειραματικών διαδικασιών (Schwichow et al., 2022), αρκεί να τους παρασχεθεί κατάλληλη καθοδήγηση.

Ο Oliveira (2010) συνέβαλε στην εισαγωγή της σημασίας της χρήσης της γλώσσας στα μαθήματα ΦΕ, με σκοπό την ενίσχυση της συμμετοχής των μαθητών μέσα στην τάξη. Κατά τη διάρκεια ενός θερινού ινστιτούτου υιοθετήθηκε ως μια στρατηγική επαγγελματικής ανάπτυξης, με κύριο σκοπό την κατανόηση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών σχετικά με τις *λειτουργίες του προφορικού λόγου* σε συζητήσεις κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος ΦΕ. Οι εκπαιδευτικοί συνειδητοποίησαν πως μπορούν να χρησιμοποιούν τον προφορικό λόγο αποτελεσματικά, παραμένοντας ουδέτεροι κατά τη διάρκεια των συζητήσεων μέσα στην τάξη. Πιο συγκεκριμένα, προτάθηκε στους εκπαιδευτικούς, από τη μία πλευρά να καλούν τους μαθητές τους να μοιράζονται τις απόψεις τους και να διατυπώνουν τις δικές του ιδέες, και από την άλλη να τους παρακινούν να θέτουν ερωτήματα. Με βάση την παραπάνω έρευνα, όταν οι εκπαιδευτικοί συνειδητοποιούν τη σημασία του προφορικού λόγου κατά τη διδασκαλία των ΦΕ, προετοιμάζονται και αλληλεπιδρούν καλύτερα με τους μαθητές τους. Δεδομένου ότι οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών αποτελούν βασικό κριτήριο για τις πρακτικές που εφαρμόζουν στην τάξη, βελτιώνοντας τον τρόπο με τον οποίο οι εκπαιδευτικοί κατανοούν τη σημασία της χρήσης του προφορικού λόγου π.χ. του *εμείς* αντί του *εγώ*, είναι πολύ πιθανό αυτό να επιφέρει σημαντικές αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν με τους μαθητές τους, κατά τη διάρκεια των μαθημάτων ΦΕ (Oliveira, 2010).

Οι Forbes και Davis (2010), επισημαίνουν πως *το εκπαιδευτικό υλικό* (σχολικά εγχειρίδια, σχέδια μαθημάτων, φύλλα εργασίας μαθητών, εκπαιδευτικό λογισμικό, μοντέλα, γραφήματα, εικόνες κ.ά.), είναι ένα σημαντικό εργαλείο στα χέρια των εκπαιδευτικών, το οποίο και διευκολύνει την εμπλοκή των μαθητών τους σε διερευνητικές διαδικασίες. Αναμφίβολα, οι εκπαιδευτικοί καταφέρνουν να ενισχύσουν τη μάθηση των μαθητών τους όταν, μεταξύ άλλων, αναπτύσσουν μια ενισχυμένη ικανότητα παιδαγωγικού σχεδιασμού, συνδυάζοντας το εκπαιδευτικό υλικό που τους παρέχεται με τις προσωπικές εμπειρίες διδασκαλίας. Σύμφωνα με τους Forbes και Davis (2010), προηγούμενες έρευνες, όπως αυτή του Crawford (1999), υποστήριξαν ότι οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται να προσαρμόσουν το εκπαιδευτικό υλικό που τους διατίθεται με μια προσέγγιση διερευνητικού χαρακτήρα. Εντούτοις, τα αποτελέσματα της δικής τους έρευνας καταδεικνύουν ότι οι εκπαιδευτικοί, και μάλιστα οι νεότεροι, όχι μόνο δεν αποφεύγουν, αλλά δίνουν μεγάλη βαρύτητα στο εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιούν για τον σχεδιασμό των μαθημάτων τους και μάλιστα το τροποποιούν

με τέτοιο τρόπο, δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στον σχεδιασμό μαθημάτων με διερευνητικές μεθόδους.

Τέλος, σε πρακτικό επίπεδο, όπως αναφέρουν οι Schwichow et al. (2022), το υλικό που μπορούν να επεξεργαστούν οι μαθητές θα πρέπει να είναι κατάλληλα προσαρμοσμένο στις ηλικιακές ομάδες που απευθύνεται, καθώς στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση οι μαθητές είναι πιο εξοικειωμένοι με τη χρήση Η/Υ. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι πιο εύκολη η χρήση εικονογραφημένων και σύντομων ιστοριών ή απλών λογισμικών προσομοίωσης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και η χρήση σύνθετων λογισμικών προσομοίωσης/μοντελοποίησης στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Συμπερασματικά, μιας και η μέθοδος ΣΕΜ αποτελεί στοιχειώδες συστατικό της διερευνητικής διαδικασίας, η αποσαφήνιση των οκτώ παρανοήσεων των μαθητών σχετικά με τη μέθοδο ΣΕΜ, καθώς και των πέντε σχεδιαστικών λαθών που αυτοί εμφανίζουν κατά την εφαρμογή της μεθόδου, αποτελεί βασική προϋπόθεση για τη ρητή διδασκαλία της ΣΕΜ. Επιπλέον, για την ενσωμάτωση της μεθόδου στη διδασκαλία των ΦΕ σε κατάλληλα περιβάλλοντα μάθησης, βασική προϋπόθεση αποτελεί τόσο η κατανόηση των τεσσάρων υποδεξιότητων της ΣΕΜ από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό, όσο και η κατανόηση του τρόπου που αυτές κατακτώνται από τους μαθητές του.

### **3<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΨΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΣΕΜ**

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μία προσπάθεια να παρουσιαστούν οι απόψεις και οι πρακτικές των εκπαιδευτικών σχετικά με τις διερευνητικές προσεγγίσεις (βλ. ενότητα 3.1) και σχετικά με τη ΣΕΜ (βλ. ενότητα 3.2). Οι επόμενες ενότητες αναφέρονται στην ανατροφοδότηση και στην αξιολόγηση των μαθητών στη χρήση της ΣΕΜ (βλ. ενότητα 3.3), αλλά και στην αυτο-αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών στη χρήση της ΣΕΜ (βλ. ενότητα 3.4).

#### **3.1 Απόψεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών σχετικά με τις διερευνητικές προσεγγίσεις**

Πολλές έρευνες εστιάζουν στην αποσαφήνιση του ρόλου που διαδραματίζει η επίδραση της επαγγελματικής εκπαίδευσης, τόσο των μελλοντικών όσο και των

ενεργεία εκπαιδευτικών, στις απόψεις και στις πρακτικές τους. Οι Buehl και Beck (2014) συμπεραίνουν ότι οι αλλαγές στις απόψεις των εκπαιδευτικών μπορεί να επηρεάσουν ποικιλοτρόπως τις πρακτικές τους ή και το αντίστροφο. Επομένως, το ζήτημα το οποίο προκύπτει, δηλαδή του πώς μαθαίνουν οι εκπαιδευτικοί σε ένα πλαίσιο εκπαιδευτικών καινοτομιών, έχει ιδιαίτερη σημασία (Darling-Hammond et al., 2017). Συνεπώς, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να βοηθηθούν ώστε να αναπτύξουν τις γνώσεις, τις αντιλήψεις, τις πεποιθήσεις και τις πρακτικές τους, με σκοπό τον προσανατολισμό τους στην εφαρμογή πιο καινοτόμων προσεγγίσεων (Furman & Tal, 2017).

Πράγματι, η πιθανή συσχέτιση μεταξύ των απόψεων και των πρακτικών των εκπαιδευτικών, αποτελεί ζήτημα που απασχόλησε έντονα την ερευνητική κοινότητα (Mansour, 2013). Οι Kim και Tan (2011) στην προσπάθειά τους να εντοπίσουν τις ανησυχίες, τους περιορισμούς και τις προκλήσεις που έχουν να αντιμετωπίσουν οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί όταν λαμβάνουν αποφάσεις για την εφαρμογή μιας πρακτικής με διερευνητικό προσανατολισμό, διαπίστωσαν ότι πρόκειται για μια πολυπαραγοντική διαδικασία, η οποία διαφέρει μεταξύ των εκπαιδευτικών διαφορετικών πεποιθήσεων και ικανοτήτων.

Οι Tseng et al. (2013) υποστηρίζουν, ότι παρά τη θετική εικόνα που έχουν οι εκπαιδευτικοί για τις καινοτόμες προσεγγίσεις, η εφαρμογή τους στο σχολείο παρουσιάζει δυσκολίες που οφείλονται σε ποικίλους παράγοντες. Ένας σημαντικός παράγοντας είναι η αδυναμία των Προγραμμάτων Σπουδών να συνδυάσουν τη θεωρητική εκπαίδευση με τον διδακτικό σχεδιασμό και την εφαρμογή του σε πραγματικές συνθήκες σχολικού περιβάλλοντος (Capps et al., 2012), καθώς δεν είναι κατάλληλα σχεδιασμένα για την ανάπτυξη αυτών των πρακτικών, όπως η μέθοδος ΣΕΜ (Kuhn, 2016). Άλλοι σημαντικοί παράγοντες φαίνεται να είναι η ελλιπής υποστήριξη των εκπαιδευτικών (Καριώτογλου κ.ά., 2016), η περιορισμένη γνώση του περιεχομένου (Appleton, 2002), η σημασία της προφορικής αλληλεπίδρασης των εκπαιδευτικών με τους μαθητές τους (Lee et al., 2004), καθώς και οι ίδιες αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία και τη μάθηση (Fitzerald et al., 2013), οι οποίες φαίνεται να είναι περιορισμένες (Windschitl, 2003).

Οι Furtak και Alonzo (2009) διαπίστωσαν ότι οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης δίνουν έμφαση στο τι κάνουν και τι νιώθουν οι μαθητές τους, παρά στο τι σκέφτονται. Χαρακτηρίζουν τη διδασκαλία τους ως «hands-on», πιστεύοντας ότι οι μαθητές τους θα φτάσουν στη γνώση μέσα από την αλληλεπίδρασή τους με τα υλικά

και δίνουν έμφαση κυρίως στις στάσεις και στα συναισθήματα των μαθητών τους, κατά τη διάρκεια μαθημάτων βασισμένων στη διερεύνηση, κάτι που επηρεάζει τη διδασκαλία του περιεχομένου. Ακόμη, οι εκπαιδευτικοί επικεντρώνονται στο να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον πλούσιο σε ερεθίσματα από τον χώρο των ΦΕ ή και να ενισχύσουν ένα θετικό και φιλικό περιβάλλον μέσα στην τάξη (Fitzgerald et al., 2013). Επιπλέον, ο Appleton (2002) διαπίστωσε ότι οι δραστηριότητες, τις οποίες οι εκπαιδευτικοί επιλέγουν να εφαρμόσουν στην τάξη είναι αυτές που έχουν ένα ξεκάθαρο αποτέλεσμα ή αυτές που είναι πιο εύκολο να εφαρμοστούν μέσα σε μία σχολική αίθουσα.

Με την έρευνά τους οι Moseley et al. (2004) διαπίστωσαν ότι η συμμετοχή των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε προγράμματα δράσης πεδίου (Science Buddy Program) έχει θετική επίδραση στην οικοδόμηση της Γνώσης Παιδαγωγικού Περιεχομένου. Οι Park Rogers και Abell (2008) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι είναι απαραίτητη η ανάπτυξη της μεταγνωστικής και της επιστημολογικής γνώσης από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, πριν διδάξουν. Επίσης, κάτι το οποίο προτείνεται, με σκοπό να ενισχύσει την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου στις ΦΕ, είναι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί αρχικά να εφαρμόζουν ένα σύνολο εύκολων μαθημάτων, ώστε αργότερα να μπορούν να αντιμετωπίσουν δυσκολότερες καταστάσεις, μιας και θα έχουν αναπτύξει την αυτοπεποίθηση, τη γνώση και τις δεξιότητες που είναι απαραίτητες (Appleton, 2002).

Σύμφωνα με τους Irwanto et al. (2019), είναι εμφανώς πιο αποτελεσματική η εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου της διδασκαλίας στην εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών, σε σχέση με την παραδοσιακή, ως προς την προώθηση των δεξιοτήτων της επιστημονικής μεθοδολογίας και της κριτικής σκέψης. όταν αυτοί παρακολουθούν εργαστηριακά μαθήματα ΦΕ και εφαρμόζουν διερευνητικές πρακτικές (Inquiry-Based Laboratory Instruction-IBLI).

Μεταξύ άλλων, η Schwarz (2009) αναφέρει πως οι εκπαιδευτικοί γνωρίζοντας το επιστημονικό περιεχόμενο (science content), τις επιστημονικές πρακτικές (science practices) και τη φύση της επιστήμης (nature of science), είναι σε θέση να διευρύνουν τις γνώσεις τους για τις δυνατότητες των μαθητών τους, καθώς και του τρόπου που οι μαθητές τους μαθαίνουν, μέσα από μια πιο πετυχημένη διδακτική προσέγγιση στις ΦΕ. Επιπρόσθετα, οι Jones et al. (2003) τονίζουν πως οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν σε μαθητές με μικρότερες επιδόσεις φαίνεται να αποδέχονται πιο εύκολα τις αλλαγές στις διδακτικές πρακτικές που εφαρμόζουν.

### 3.2 Απόψεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών σχετικά με τη ΣΕΜ

Πολλοί ερευνητές επισημαίνουν την αναγκαιότητα που προκύπτει σχετικά με την κατανόηση της ΣΕΜ από τους εκπαιδευτικούς (Duschl, 2008· Ford, 2012) και αναφέρουν ότι η εφαρμογή της μεθόδου σε διαφορετικά μαθησιακά περιβάλλοντα, θα πρέπει να αποτελεί βασικό στοιχείο στην εκπαίδευση των εκπαιδευτικών.

Οι Zoupidis et al. (2021), θέλησαν να δώσουν απαντήσεις σε ερωτήματα σχετικά με την πρόθεση για εφαρμογή της ΣΕΜ από μελλοντικούς εκπαιδευτικούς της προσχολικής ηλικίας στον πρώτο χρόνο εργασίας τους. Αρχικά, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα διδάχθηκαν ρητά τη ΣΕΜ και στη συνέχεια, κλήθηκαν να απαντήσουν σε γραπτά ερωτηματολόγια, με στόχο να ερευνηθούν:

- α) τον βαθμό κατανόησης της ΣΕΜ,
- β) τη στάση τους απέναντι στη μέθοδο,
- γ) τους κανονιστικούς και κοινωνικο-ψυχολογικούς παράγοντες που θα επηρεάσουν την εφαρμογή της πρακτικής αυτής στην τάξη.

Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι η ρητή διδασκαλία και κατανόηση της ΣΕΜ δε διασφαλίζει και την εφαρμογή της από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς. Θα πρέπει, δηλαδή, να γίνει σαφής διαχωρισμός της μεθόδου από άλλες διερευνητικές προσεγγίσεις και επιπλέον να πειστούν οι εκπαιδευτικοί ότι πράγματι πρόκειται για μια ιδιαίτερη και καινοτόμο μέθοδο, η εφαρμογή της οποίας θα φέρει σημαντικά μαθησιακά αποτελέσματα. Για να επιτευχθεί, όμως, αυτή η αλλαγή της στάσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών, οι Zoupidis et al. (2021) προτείνουν μια σειρά από ενέργειες όπως:

- α) οι αναστοχαστικές και μεταγνωστικές συζητήσεις, με σκοπό την κατανόηση των ομοιοτήτων/διαφορών της ΣΕΜ με άλλες μεθόδους,
- β) η ανάπτυξη της αυτοπεποίθησης των εκπαιδευτικών και
- γ) οι διαφορετικές προσεγγίσεις διδασκαλίας μάθησης. Για παράδειγμα, (α) η ρητή διδασκαλία της μεθόδου, π.χ. μέσω επιδείξεων, (β) η εφαρμογή της μεθόδου σε επιλεγμένες περιπτώσεις, συζητώντας τόσο για έγκυρα όσο και για μη έγκυρα πειράματα, π.χ. με την χρήση φύλλων εργασίας, (γ) η εφαρμογή της μεθόδου σε επιλεγμένες πειραματικές διατάξεις με πραγματικά υλικά και με βαθμιαία μείωση της καθοδήγησης, και τέλος (δ) η επιπλέον εξάσκηση των μελλοντικών εκπαιδευτικών στη



μέθοδο ΣΕΜ σε αυθεντικά μαθησιακά περιβάλλοντα, π.χ. κατά την διάρκεια της πρακτικής τους άσκησης.

Οι Bransky et al. (1992) διεξήγαγαν μία πολυετή συστηματική μελέτη σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς και επικεντρώθηκαν σε δύο δεξιότητες συλλογισμού: α) στον έλεγχο των μεταβλητών και β) στον σχεδιασμό λογικών συμπερασμάτων. Θέλησαν αρχικά να προσδιορίσουν τον βαθμό έλλειψης των δεξιοτήτων συλλογισμού στους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης που συμμετείχαν στην έρευνα, αλλά και την επίδραση που είχε σε αυτούς η παρακολούθηση ενός επιμορφωτικού προγράμματος. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας, η επαναλαμβανόμενη χρήση του ελέγχου των μεταβλητών μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη των σωστών διαδικασιών συλλογισμού. Επιπλέον, η στρατηγική που εφαρμόζεται σε ένα ευρύ πεδίο επιστημονικών θεμάτων διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό την απόκτηση νέων εννοιών.

Ενθαρρυντικά ήταν και τα αποτελέσματα από την έρευνα που παρουσίασαν οι Thompson και Dow (2017), σχετικά με τη συνδιδασκαλία κατά τον σχεδιασμό πειραμάτων εφαρμόζοντας τη ΣΕΜ. Η έρευνα εφαρμόστηκε σε 24 φοιτητές του Πανεπιστημίου του Midwestern, οι οποίοι παρακολουθούσαν έναν κύκλο σπουδών με θέματα φυσικής, χημείας και γεωλογίας, για 16 εβδομάδες. Αρχικά, ένας καθηγητής ΦΕ και ένας βιβλιοθηκονόμος υπεύθυνος στο τμήμα ΦΕ σχεδίασαν και οργάνωσαν ένα πρόγραμμα διδασκαλιών, τόσο σε εικονικό όσο και σε πραγματικό περιβάλλον. Ενώ ο καθηγητής ΦΕ είχε τη δυνατότητα να οργανώσει έναν κύκλο μαθημάτων βασισμένος στη γνωστική του επάρκεια, ο υπεύθυνος της βιβλιοθήκης είχε τη δυνατότητα να ολοκληρώσει έναν οδηγό, με τον οποίο θα ήταν ουσιαστικότερη και πιο αποτελεσματική η αναζήτηση αξιόπιστων πηγών από τους συμμετέχοντες φοιτητές. Σημαντικό είναι, ότι η διαθεματική αυτή διδασκαλία παρείχε σημαντικά οφέλη στους φοιτητές, όπως βαθύτερη μάθηση, υψηλή σκέψη και ενεργή επίλυση προβλημάτων. Σταδιακά οι φοιτητές εμφάνισαν σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της ΣΕΜ, και επιπλέον κατάφεραν να σχεδιάζουν τα δικά τους πειράματα για τον έλεγχο μεταβλητών, λαμβάνοντας και την απαραίτητη ανατροφοδότηση από τους δύο υπεύθυνους. Ενδεχομένως, ένας σημαντικός παράγοντας, που ενίσχυσε τα θετικά αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης, ήταν η εξειδίκευση των δύο εκπαιδευτών σε διαφορετικούς τομείς.

### 3.3 Η ανατροφοδότηση και η αξιολόγηση των μαθητών στη χρήση της ΣΕΜ

Μελετώντας τις διαμορφωτικές πρακτικές αξιολόγησης των εκπαιδευτικών, ως προς την ποσότητα αλλά κυρίως ως προς την ποιότητα των σχολίων τους, οι Rorohl και Rönnebeck (2019) επισημαίνουν ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να γνωρίζουν τα τυπικά λάθη των μαθητών σχετικά με τη ΣΕΜ, ώστε να είναι σε θέση να διαγνώσουν τις ικανότητες των μαθητών τους σε σχέση με αυτή, και να παρέμβουν με κατάλληλα και αποτελεσματικά σχόλια. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι η ικανότητα των μελλοντικών εκπαιδευτικών να κρίνουν με ακρίβεια και σαφήνεια τα επίπεδα κατανόησης της ΣΕΜ από τους μαθητές τους, βρίσκεται γενικά σε χαμηλό επίπεδο. Κατά τους ερευνητές, ένας πιθανός λόγος που συμβάλλει σε αυτή τη δυσκολία, είναι το γεγονός ότι οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν αναπτύξει σε ικανοποιητικό βαθμό τις απαραίτητες διαμορφωτικές πρακτικές αξιολόγησης, τις απαραίτητες γνώσεις περιεχομένου ή τις ικανότητες σχετικές με τη διερεύνηση (Rorohl & Rönnebeck, 2019).

Βασισμένοι στη βιβλιογραφία, οι Gotwals και Birmingham (2015) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι πρακτικές αξιολόγησης των μελλοντικών εκπαιδευτικών είναι ένας σημαντικός, αλλά ελάχιστα ανεπτυγμένος τομέας της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών. Ακόμη και η πρακτική άσκηση των μελλοντικών εκπαιδευτικών για την εφαρμογή της ΣΕΜ δεν οδηγεί άμεσα σε βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση. Αυτό καθιστά απαραίτητη την ανάλυση περαιτέρω πιθανών παραγόντων που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν την κατανόηση της ΣΕΜ και την ενσωμάτωσή της στη διδασκαλία των ΦΕ (Schwichow et al., 2016). Πιθανόν, η ανατροφοδότηση με έμφαση στη ΣΕΜ θα μπορούσε να είναι ένας σημαντικός παράγοντας που θα υποστήριζε ουσιαστικά την ανάπτυξη της μεθόδου ακόμα και από τους ίδιους τους μαθητές (Ross, 1988).

Μεταξύ άλλων, οι Gotwals και Birmingham (2015), μελετώντας τη σχέση της ανατροφοδότησης και της ΣΕΜ, εντόπισαν τέσσερις πρακτικές που υποστηρίζουν την εφαρμογή της διαμορφωτικής αξιολόγησης από την πλευρά των εκπαιδευτικών: Οι εκπαιδευτικοί μπορούν:

- να παρέχουν ευκαιρίες στους μαθητές τους να αποδείξουν τις γνώσεις τους
- να προσδιορίζουν τις ιδέες των μαθητών τους
- να ερμηνεύουν τις απαντήσεις των μαθητών τους και
- να απαντούν στους μαθητές τους με ιδέες ανατροφοδότησης.

Σύμφωνα με τους Hattie & Timperley (2007) (όπως αναφέρεται στο Gotwals & Birmingham, 2015), η αποτελεσματική ανατροφοδότηση θα πρέπει να βοηθάει τους μαθητές να περνάν από το τρέχον επίπεδο στο επίπεδο επίτευξης των προκαθορισμένων μαθησιακών στόχων. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να παρέχει την ανατροφοδότηση την κατάλληλη στιγμή, δηλαδή όσο οι μαθητές του γνωρίζουν τους μαθησιακούς στόχους και εξακολουθούν να έχουν τον χρόνο και τη διάθεση να δράσουν. Η ποσότητα και το περιεχόμενο της ανατροφοδότησης πρέπει να είναι προσαρμοσμένο στα αναπτυξιακά επίπεδα των μαθητών και ο εκπαιδευτικός είναι απαραίτητο να δώσει προτεραιότητα σε συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους και να επικεντρωθεί σε αυτούς στα σχόλιά του. Οι εκπαιδευτικοί επιλέγουν συγκεκριμένα σχόλια, για να γνωρίζουν οι μαθητές τι να κάνουν, προσέχοντας ωστόσο να μη δώσουν τη σωστή απάντηση. Ενώ αυτά τα κριτήρια ισχύουν για όλους τους τύπους ανατροφοδότησης, τα γραπτά σχόλια ειδικότερα απαιτούν μεγαλύτερη σαφήνεια. Επιπλέον, ο τόνος και η επιλογή των κατάλληλων λέξεων είναι ζωτικής σημασίας και θα πρέπει να επικοινωνούν τον σεβασμό του εκπαιδευτικού προς τους μαθητές του (Gotwals & Birmingham, 2015).

Από την άλλη πλευρά, οι Rorohl και Rönnebeck (2019) επισημαίνουν πως η ανατροφοδότηση, παρότι είναι μια ουσιαστική διαμορφωτική πρακτική αξιολόγησης, που επηρεάζει θετικά τη μάθηση και την επίδοση των μαθητών, είναι μία δύσκολη διεργασία για τους εκπαιδευτικούς. Πρόκειται, δηλαδή, για μία άλλη σημαντική πτυχή της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών. Μελετήθηκαν οι γραπτές κρίσεις των 40 πτυχιούχων και μεταπτυχιακών φοιτητών χημείας στο πανεπιστήμιο του Keil σχετικά με την παροχή ανατροφοδότησης, στο πλαίσιο της ΣΕΜ. Μόνο μερικοί από τους φοιτητές ήταν ακριβείς σχετικά με την πρόοδο των μαθητών και παρείχαν σαφή γραπτά σχόλια, με ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά, για μια αποτελεσματική ανατροφοδότηση προς τους μαθητές τους. Κατά τους Furtak et al. (2009), ενώ οι πρακτικές των εκπαιδευτικών που σχετίζονται με τη διαμορφωτική αξιολόγηση, όπως η ερμηνεία των ιδεών των μαθητών ή η παροχή κατάλληλων σχολίων είναι απαραίτητα στοιχεία για την επιτυχή μάθηση των μαθητών, δυστυχώς, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται με την ερμηνεία των ιδεών των μαθητών και την αξιολόγησή τους, και συνήθως τείνουν να κάνουν γενικές παρατηρήσεις ή δίνουν σχόλια που δεν υποστηρίζουν τα επόμενα βήματα στη μάθηση των μαθητών. Επιπλέον, φαίνεται πως αυτό που επηρεάζει τη διδασκαλία του περιεχομένου, είναι κυρίως η έμφαση που δίνουν οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στις

στάσεις και στα συναισθήματα των μαθητών τους, κατά τη διάρκεια μαθημάτων βασισμένων στη διερεύνηση (Furtak & Alonzo, 2009).

### **3.4 Η αυτο-αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών στη χρήση της ΣΕΜ**

Αρχικά ο Bandura (1977), (όπως αναφέρεται στο Bhattacharyya et al., 2009), διαπίστωσε την καίρια σημασία της αυτο-αποτελεσματικότητας για την επιτυχή διδασκαλία και αργότερα ο Ford (1992), θέλοντας να επεκτείνει την έννοια, αναφέρθηκε στις προσωπικές πεποιθήσεις που είναι αντιπροσωπευτικές για κάθε εκπαιδευτικό με τον όρο Personal Agency Beliefs (PABs). Ο Pajares (1992) επισημαίνει τον καθοριστικό ρόλο των προσωπικών πεποιθήσεων στη διδακτική συμπεριφορά και ότι είναι πολύ πιθανό οι όποιες ανεξερεύνητες πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών να οδηγήσουν σε αναποτελεσματικές πρακτικές.

Οι Voet και De Wever (2019) παρουσίασαν ένα πλαίσιο, το οποίο επεξηγεί τους τρόπους με τους οποίους οι εκπαιδευτικοί καταλήγουν να διδάξουν εφαρμόζοντας διερευνητικές πρακτικές, μέσω των τριών διαστάσεων των πεποιθήσεών τους (το πλαίσιο, το αντικείμενο και ο εαυτός). Και αυτοί οι ερευνητές επισημαίνουν ότι τα αποτελέσματα της επαγγελματικής ανάπτυξης των εκπαιδευτικών επηρεάζονται σημαντικά από τις πεποιθήσεις τους και ότι ελάχιστες έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί στον τομέα αυτό.

Αναμφισβήτητα, φαίνεται να υπάρχει σημαντική σχέση των πεποιθήσεων του εκπαιδευτικού ως προς τις διδακτικές του ικανότητες σχετικά με τις διερευνητικές μεθόδους διδασκαλίας των ΦΕ (Bhattacharyya et al., 2009· Varma et al., 2009· Wheatley, 2002). Προφανώς, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί δεν είναι κατάλληλα προετοιμασμένοι και δεν είναι βέβαιοι για τον βαθμό κατανόησης της διερευνητικής μεθόδου διδασκαλίας των ΦΕ έπειτα από την αποφοίτησή τους (Varma et al., 2009). Οι Bhattacharyya et al. (2009) μάλιστα παρατήρησαν μια σπειροειδή ανάπτυξη της ικανότητας επικοινωνίας του εκπαιδευτικού με τους μαθητές του, κάτι που επηρεάζει την ενσωμάτωση των διερευνητικών προσεγγίσεων στη διδασκαλία τους.

Στην έρευνα των Liang και Richardson (2009) φάνηκε ότι οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί που είχαν χαμηλές σχολικές επιδόσεις σε μαθήματα ΦΕ και που αρχικά απέφευγαν την εφαρμογή διερευνητικών προσεγγίσεων στις διδασκαλίες τους, έπειτα από την προσωπική τους εμπλοκή, εφάρμοσαν με περισσότερη αυτοπεποίθηση

διδασκαλίες στρατηγικές με διερευνητικό προσανατολισμό. Το βασικότερο στοιχείο στη έρευνα του Wheatley (2002) είναι ότι από τις αμφιβολίες των εκπαιδευτικών για την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας τους, προκύπτουν συχνά οφέλη για τον ίδιο των εκπαιδευτικό, αλλά και γενικότερα για την εκπαιδευτική κοινότητα.

Οι Varma et al. (2009) διαπίστωσαν ότι η συμμετοχή των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε διερευνητικές δραστηριότητες τους βοήθησε να αναπτύξουν σημαντικά την αυτοπεποίθησή τους σχετικά με τη διδασκαλία θεμάτων ΦΕ και κατά τον σχεδιασμό μαθημάτων να μετατοπιστούν από τις δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου σε hands-on και minds-on δραστηριότητες.

Αξιοσημείωτο είναι ότι, οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα του Windschitl (2003) και είχαν αξιόλογες και αυθεντικές προηγούμενες εμπειρίες εφαρμόζαν σε μεγαλύτερο βαθμό ανοικτού τύπου διερευνήσεις στις διδασκαλίες τους από αυτούς που απλώς είχαν παρακολουθήσει ένα δίμηνο επιμορφωτικό πρόγραμμα. Ακόμη και οι φοιτητές, οι οποίοι είχαν διαφορετικές αντιλήψεις, φαίνεται να τις τροποποίησαν. Από τα αποτελέσματα της έρευνας του Windschitl (2003) συμπεραίνει κανείς, ότι η συμμετοχή των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε εκπαιδευτικά προγράμματα διερευνητικού χαρακτήρα από μόνα τους δεν επαρκούν για να βοηθήσουν τους υποψήφιους εκπαιδευτικούς να εφαρμόσουν σωστά τη διερεύνηση. Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη διδασκαλία είναι η πρακτική εμπειρία, μιας και είναι αυτή που εγγυάται την εφαρμογή της θεωρητικής γνώσης και μετατρέπει τον «εκπαιδευτικό πριν από την υπηρεσία» σε «πραγματικό εκπαιδευτικό». Οι Forbes και Davis (2010) επισημαίνουν πως, οι προσωπικές εμπειρίες και πεποιθήσεις, αλλά και η εκπαίδευση των μελλοντικών εκπαιδευτικών σε εμπειρίες παιδαγωγικού σχεδιασμού και σε εμπειρίες στο πεδίο, επηρεάζουν σημαντικά τις πρακτικές που επιλέγουν και τελικά εφαρμόζουν οι εκπαιδευτικοί.

Στην έρευνα των Yilmaz και Çavaş (2008) διερευνήθηκαν, μεταξύ άλλων, οι διαφορές μεταξύ των δύο φύλων, όσον αφορά τη συσχέτιση της αποτελεσματικότητας στη διδασκαλία ΦΕ και των πεποιθήσεων των εκπαιδευτικών για τη διαχείριση της τάξης. Τα αποτελέσματα της έρευνας δεν αποκάλυψαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δύο φύλων, τόσο στην αυτό-αποτελεσματικότητα όσο και στη βαθμολογία διαχείρισης στην τάξη. Σύμφωνα με τον Riggs (1990) δυστυχώς τα προγράμματα εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών επικεντρώνονται στη διατήρηση των εμπειριών των εκπαιδευτικών σε σχέση με τις ΦΕ και λόγω των άνισων ευκαιριών στο παρελθόν (π.χ.

δευτεροβάθμια εκπαίδευση) οι γυναίκες χρειάζονται υποστηρικτικά περιβάλλοντα μάθησης, για να αλλάξουν τις πεποιθήσεις τους, σχετικά με την αυτο-αποτελεσματικότητά τους.

Από τα παραπάνω, συμπεραίνει κανείς πως οι εκπαιδευτικές εμπειρίες κατά τη διδακτική πρακτική άσκηση των εκπαιδευτικών, επηρεάζουν τη στάση τους στη διαχείριση της τάξης, σε σχέση με την ενσωμάτωση διερευνητικών προσεγγίσεων στη διδασκαλία των ΦΕ. Αυτό είναι σύμφωνο και με μελέτες, οι οποίες αναφέρουν ότι οι εμπειρίες διδασκαλίας επηρεάζουν εν γένει τις πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την αυτο-αποτελεσματικότητά τους (Bhattacharyya et al., 2009· Varma et al., 2009· Wheatley, 2002· Windschitl, 2003).

Συνοψίζοντας θα λέγαμε ότι, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η ΣΕΜ αποτελεί σημαντικό συστατικό στοιχείο της διερευνητικής διαδικασίας στη διδασκαλία και στη μάθηση των ΦΕ και χαρακτηρίζεται από δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές μαθαίνουν τις επιστημονικές έννοιες και τις επιστημονικές διαδικασίες (NRC, 2000). Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει το επίπεδο της επιστημολογικής κατανόησης της επιστήμης από τους μαθητές, αλλά και από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, είναι η δυσκολία κατανόησης του συλλογισμού πίσω από τη ΣΕΜ (Boudreaux et al., 2008). Αδιαμφισβήτητα, ο συλλογισμός που στηρίζεται στη μέθοδο ΣΕΜ αποτελεί πρόκληση για τους μαθητές όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων. Προφανώς, για την ενσωμάτωση της μεθόδου στη διδασκαλία των ΦΕ σε κατάλληλα περιβάλλοντα μάθησης, βασική προϋπόθεση αποτελεί η κατανόηση των τεσσάρων υποδεξιότητων της ΣΕΜ από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό, καθώς και του τρόπου που αυτές κατακτώνται από τους μαθητές του (Schwichow et al., 2020). Σύμφωνα με έρευνες σχετικές με τη μέθοδο ΣΕΜ, η ανατροφοδότηση, ως μια ουσιαστική διαμορφωτική πρακτική (Rorohl & Rönnebeck, 2019), το εκπαιδευτικό υλικό (Forbes & Davis, 2010), η γλώσσα (Oliveira, 2010), καθώς και οι εμπειρίες διδασκαλίας που επηρεάζουν τις πεποιθήσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με την αυτο-αποτελεσματικότητά τους (Bhattacharyya et al., 2009· Varma et al., 2009· Wheatley, 2000· Windschitl, 2003), αποτελούν ορισμένους μόνο από τους παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την ενσωμάτωση της μεθόδου ΣΕΜ σε αυθεντικά περιβάλλοντα μάθησης. Όμως, είναι περιορισμένη η έρευνα που εστιάζει στην ανάλυση των απόψεων των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την κατανόηση και εφαρμογή της μεθόδου ΣΕΜ από τους μαθητές τους, καθώς και των δυσκολιών που οι ίδιοι αντιμετωπίζουν ως προς την κατανόηση της μεθόδου αυτής.

## 4<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: Η ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα έρευνα και πιο συγκεκριμένα γίνεται αναφορά στα ερευνητικά ερωτήματα (βλ. ενότητα 4.1), στους συμμετέχοντες/ουσες της έρευνας (βλ. ενότητα 4.2), στο ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε (βλ. ενότητα 4.3) και στη μέθοδο ανάλυσης (βλ. ενότητα 4.4).

### 4.1. Τα ερευνητικά ερωτήματα

Οι εμπειρικές μελέτες που σχετίζονται με τη διδασκαλία των ΦΕ έχουν δείξει ότι η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να συλλογίζονται, να εξετάζουν και να αναλύουν το τεράστιο πλήθος πληροφοριών που χαρακτηρίζει τη σύγχρονη κοινωνία. Η ικανότητα εφαρμογής της ΣΕΜ, μιας δεξιότητας κεντρικής στη διαδικασία της επιστήμης, θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική (de Jong & Van Joolingen, 1998). Από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας φαίνεται ξεκάθαρα η σημασία της κατανόησης της μεθόδου ΣΕΜ από τους εκπαιδευτικούς, καθώς αποτελεί σημαντικό παράγοντα υποστήριξης της διδασκαλίας σε γνωστικά περιεχόμενα των ΦΕ και γι' αυτό θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό της διδασκαλίας.

Επιπλέον, από την επισκόπηση της βιβλιογραφίας φαίνεται ότι είναι σημαντική η κατανόηση και των τεσσάρων υποδεξιότητων της μεθόδου ΣΕΜ, και συγκεκριμένα της *Διάκρισης έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα (ΔΙΑ)*, της *Ερμηνείας έγκυρων πειραμάτων (ΕΡΜ)*, του *Σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων (ΣΧΕ)* και της *Κατανόησης του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα (ΚΑΤ)*, καθώς κάθε μία από τις παραπάνω υποδεξιότητες αναπτύσσεται και εξελίσσεται διαφορετικά για κάθε μαθητή (Schwichow et al., 2020).

Αρκετές έρευνες εξέτασαν την ικανότητα των μαθητών να σχεδιάσουν ελεγχόμενα πειράματα ή να αξιολογήσουν πειράματα ως έγκυρα ή μη (Chen & Klahr, 1999). Άλλες έρευνες επικεντρώθηκαν στην ικανότητα των μαθητών να τροποποιήσουν τη σκέψη τους, όταν αντιμετωπίζουν δεδομένα που έρχονται σε σύγκρουση με τις αρχικές τους ιδέες (Park & Kim, 1998). Ορισμένες από τις έρευνες δείχνουν ότι η παραδοσιακή διδασκαλία δε βελτιώνει την ικανότητα των μαθητών στην κατανόηση και εφαρμογή

της ΣΕΜ. Σε μερικές περιπτώσεις βρέθηκε ότι η διδασκαλία, που απευθύνεται ρητώς στη θεμελιώδη λογική, μπορεί να έχει ένα σημαντικό αποτέλεσμα και ότι μαθήματα με συγκεκριμένο στόχο μπορούν να καταστήσουν ικανούς τους μαθητές να μεταφέρουν αυτού του είδους τη λογική από ένα μαθησιακό περιβάλλον σε κάποιο άλλο (Ross, 1988). Όμως, είναι περιορισμένη η έρευνα που εστιάζει στην ανάλυση των απόψεων των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την κατανόηση και εφαρμογή της μεθόδου ΣΕΜ από τους μαθητές τους, καθώς και των δυσκολιών που οι ίδιοι αντιμετωπίζουν ως προς την κατανόηση της μεθόδου αυτής.

Στην παρούσα έρευνα, με βάση τις παραπάνω διαπιστώσεις, επιζητούμε να απαντήσουμε στο παρακάτω ερευνητικό ερώτημα:

Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τις τέσσερις υποδεξιότητες της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο;

Για να απαντηθεί το ερώτημα θέτουμε τα παρακάτω έξι υποερωτήματα:

- α) Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη *Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα (ΔΙΑ)*, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ;
- β) Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την *Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων (ΕΡΜ)*, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ;
- γ) Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τον *Σχεδιασμό έγκυρων πειραμάτων (ΣΧΕ)*, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ;
- δ) Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την *Κατανόηση του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα (ΚΑΤ)*, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ;
- ε) Ποια σχεδιαστικά λάθη των πειραματικών διαδικασιών εντοπίζονται στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ;
- στ) Ποια είναι η σχέση μεταξύ της συνολικής κατανόησης της μεθόδου ΣΕΜ από τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και i. της προϋπηρεσίας τους, ii. της επιμόρφωσής τους σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ;



## 4.2 Οι συμμετέχοντες/ουσες

Προκειμένου να γίνει όσο το δυνατόν καλύτερη προσέγγιση του θέματος της έρευνας, συμμετείχε ένας μεγάλος αριθμός συμμετεχόντων/ουσών. Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα αυτή συμμετείχαν 84 εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Οι συμμετέχοντες/ουσες έχουν διαφορετικά δημογραφικά χαρακτηριστικά, όπως φύλο, περιοχή εργασίας (αστική ή ημιαστική περιοχή), προϋπηρεσία, επιμόρφωση στις ΦΕ κ.ά.

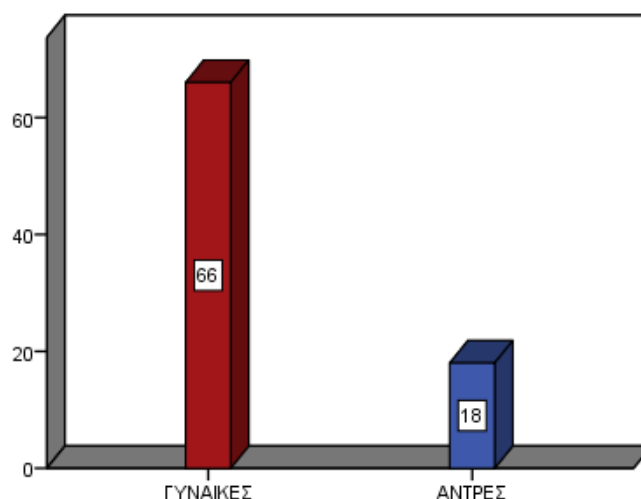
Η παρούσα μελέτη αποτελεί μία δειγματοληψία με συμμετοχή ενός βολικού δείγματος εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Το βασικό κριτήριο για τη διαμόρφωσή του ήταν κυρίως η προθυμία των ατόμων που συμμετείχαν, ώστε να δοθούν οι απαραίτητες πληροφορίες που απαιτούνται για τη διεξαγωγή της έρευνας, καθώς τα μέλη του συνολικού πληθυσμού δεν ήταν ιδιαίτερα πρόθυμα ή διαθέσιμα να λάβουν μέρος στην έρευνα.

Ειδικότερα, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί είναι γυναίκες και λιγότεροι άντρες, μιας και υπάρχει παρόμοια αντιστοιχία ως προς το φύλο στον συνολικό πληθυσμό των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα.

Πιο συγκεκριμένα, διαπιστώθηκε πως η πλειονότητα των συμμετεχόντων/ουσών είναι γυναίκες, με το ποσοστό συμμετοχής τους να ισούται με 78,6% (n=66) και των αντρών με 21,4% (n=18).

<b>ΦΥΛΟ</b>		
	<b>n</b>	<b>%</b>
<b>Γυναίκα</b>	66	78,6%
<b>Άντρας</b>	18	21,4%
<b>Σύνολο</b>	84	100%

**Πίνακας 4.1.** Κατανομή των συμμετεχόντων/ουσών (n=84) ως προς το φύλο

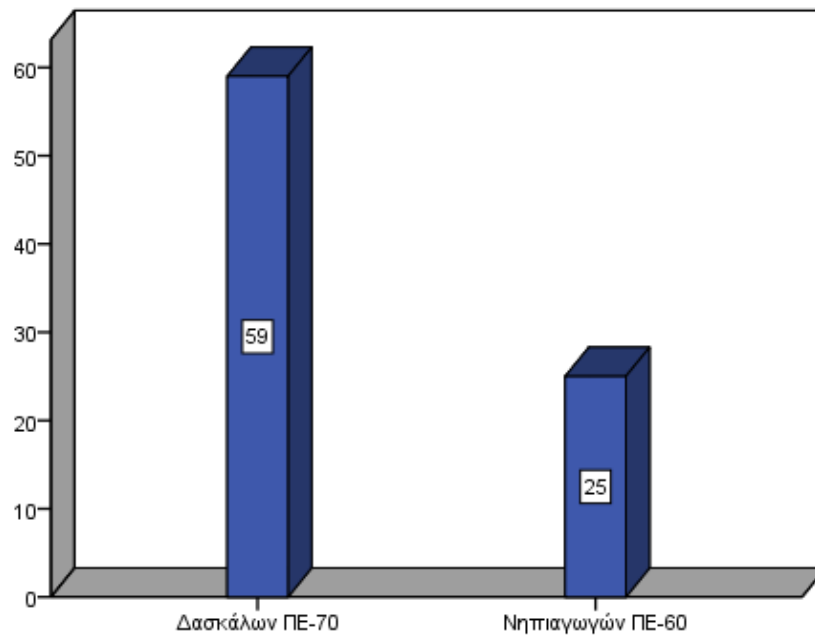


**Διάγραμμα 4.1.** Διάγραμμα συχνοτήτων του φύλου των εκπαιδευτικών

Επιπρόσθετα, η πλειοψηφία των συμμετεχόντων/ουσών είναι Δάσκαλοι, με ποσοστό που ανέρχεται σε 70,2% (n=59), ενώ οι Νηπιαγωγοί που συμμετέχουν είναι λιγότεροι, με ποσοστό 29,8% (n=25).

ΕΙΔΙΚΟΤΗΤΑ		
	n	%
<b>Δάσκαλος ΠΕ-70</b>	59	70,2%
<b>Νηπιαγωγός ΠΕ-60</b>	25	29,8%
<b>Σύνολο</b>	84	100%

**Πίνακας 4.2.** Κατανομή των συμμετεχόντων/ουσών ως προς την ειδικότητα



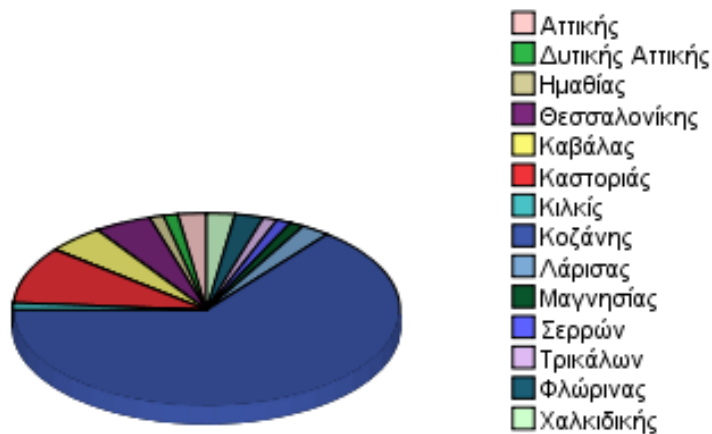
**Διάγραμμα 4.2.** Διάγραμμα συχνοτήτων της ειδικότητας των εκπαιδευτικών

Τα αποτελέσματα αναφορικά με την περιοχή όπου υπηρετούν οι συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικοί έδειξαν ότι οι περισσότεροι από αυτούς υπηρετούν σε σχολικές μονάδες της Κοζάνης με ποσοστό 64,3% (n=54) και ακολουθούν οι περιοχές της Καστοριάς με ποσοστό 9,5% (n=8), της Θεσσαλονίκης με ποσοστό 4,8% (n=4), της Καβάλας με ποσοστό 4,8% (n=4), της Αττικής με ποσοστό 3,6% (n=3), της Λάρισας με ποσοστό 2,4% (n=2), της Φλώρινας με ποσοστό 2,4% (n=2), της Χαλκιδικής με ποσοστό 2,4% (n=2), της Ημαθίας με ποσοστό 1,2% (n=1), του Κιλκίς με ποσοστό 1,2% (n=1), της Μαγνησίας με ποσοστό 1,2% (n=1), των Σερρών με ποσοστό 1,2% (n=1) και των Τρικάλων με ποσοστό 1,2% (n=1).

ΠΕΡΙΟΧΗ ΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ		
	n	%
<b>Κοζάνης</b>	54	64,3%
<b>Καστοριάς</b>	8	9,5%
<b>Θεσσαλονίκης</b>	4	4,8%

<b>Καβάλας</b>	4	4,8%
<b>Αττικής</b>	3	3,6%
<b>Λάρισας</b>	2	2,4%
<b>Φλώρινας</b>	2	2,4%
<b>Χαλκιδικής</b>	2	2,4%
<b>Ημαθίας</b>	1	1,2%
<b>Κιλκίς</b>	1	1,2%
<b>Μαγνησίας</b>	1	1,2%
<b>Σερρών</b>	1	1,2%
<b>Τρικάλων</b>	1	1,2%
<b>Σύνολο</b>	84	100%

**Πίνακας 4.3.** Κατανομή των συμμετεχόντων/ουσών ως προς την περιοχή υπηρετήσης



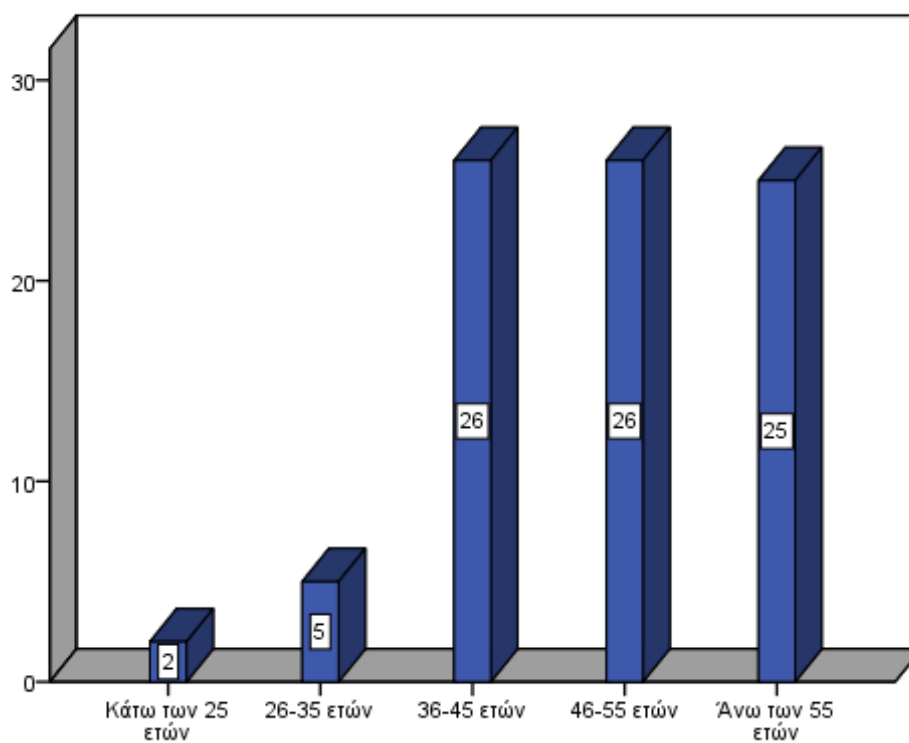
**Διάγραμμα 4.3.** Διάγραμμα συχνότητας της περιοχής υπηρετήσης των εκπαιδευτικών

Οι περισσότεροι από τους συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικούς ανήκουν στις ηλικιακές ομάδες των 36-45 ετών και των 46-55 ετών με ποσοστό από 31% στην

καθεμιά (n=26 και n=26, αντίστοιχα) και ακολουθούν οι ηλικιακές ομάδες των 55 ετών και άνω με ποσοστό 29,8% (n=25), των 26-35 ετών με ποσοστό 6% (n=5) και κάτω των 25 ετών με ποσοστό 2,4% (n=2).

ΗΛΙΚΙΑ		
	n	%
<b>Κάτω των 25 ετών</b>	2	2,4%
<b>26-35 ετών</b>	5	6%
<b>36-45 ετών</b>	26	31%
<b>46-55 ετών</b>	26	31%
<b>Άνω των 55 ετών</b>	25	29,8%
<b>Σύνολο</b>	84	100%

**Πίνακας 4.4.** Κατανομή των συμμετεχόντων/ουσών ως προς την ηλικία

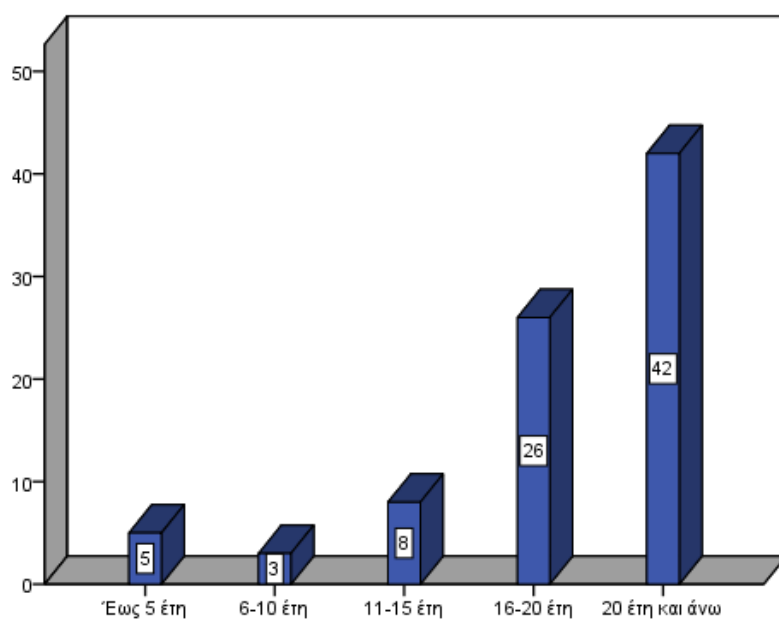


**Διάγραμμα 4.4.** Διάγραμμα συχνοτήτων της ηλικίας των εκπαιδευτικών

Από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών παρατηρήθηκε ότι οι μισοί εκπαιδευτικοί υπηρετούν στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση 20 και πλέον χρόνια, με ποσοστό 50% (n=42) και ακολουθούν κατά φθίνουσα σειρά αυτοί με προϋπηρεσία 16-20 έτη με ποσοστό 31% (n=26), 11-15 έτη με ποσοστό 9,5 % (n=8), έως 5 έτη με ποσοστό 6% (n=5) και 6-10 έτη με ποσοστό 3,6% (n=3).

ΠΡΟΫΠΗΡΕΣΙΑ		
	n	%
έως 5 έτη	5	6%
6-10 έτη	3	3,6%
11-15 έτη	8	9,5%
16-20 έτη	26	30,9%
20 και άνω έτη	42	50%
Σύνολο	84	100%

**Πίνακας 4.5.** Κατανομή των συμμετεχόντων/ουσών ως προς τα έτη συνολικής υπηρεσίας

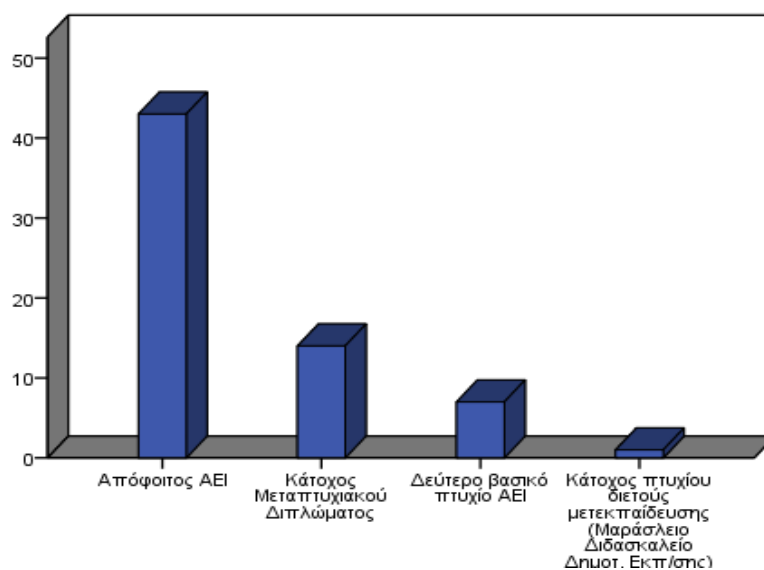


**Διάγραμμα 4.5.** Διάγραμμα συχνοτήτων συνολικής υπηρεσίας των εκπαιδευτικών

Σχετικά με το μορφωτικό επίπεδο, οι περισσότεροι συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικοί είναι απόφοιτοι ΑΕΙ ή Παιδαγωγικής Ακαδημίας με ποσοστό 71,4% (n=60). Μόνο το 17,9% (n=15) των εκπαιδευτικών είναι κάτοχοι κάποιου Μεταπτυχιακού Διπλώματος και ακολουθούν όσοι κατέχουν δεύτερο τίτλο πτυχίου ΑΕΙ/ΑΤΕΙ με ποσοστό 9,5% (n=8) και ένας εκπαιδευτικός κατέχει πτυχίου διετούς μετεκπαίδευσης με ποσοστό 1,2% (n=1).

<b>ΜΟΡΦΩΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ</b>		
	<b>n</b>	<b>%</b>
<b>Απόφοιτος ΑΕΙ ή Παιδαγωγικής Ακαδημίας</b>	60	71,4%
<b>Κάτοχος Μεταπτυχιακού Τίτλου Σπουδών</b>	15	17,9%
<b>Κάτοχος 2<sup>ο</sup> Πτυχίου ΑΕΙ/ΑΤΕΙ</b>	8	9,5%
<b>Κάτοχος Πτυχίου Διετούς Μετεκπαίδευσης</b>	1	1,2%
<b>Σύνολο</b>	84	100%

**Πίνακας 4.6.** Κατανομή των συμμετεχόντων ως προς το μορφωτικό επίπεδο.



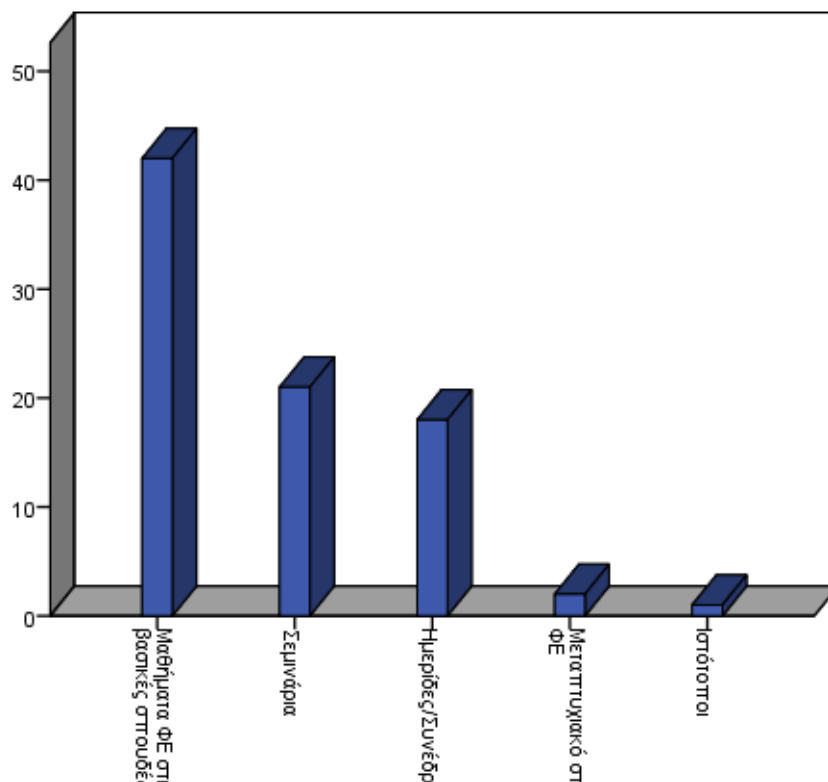
**Διάγραμμα 4.6.** Διάγραμμα συχνότητων του μορφωτικού επιπέδου των εκπαιδευτικών

Σχετικά με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία και μάθηση ΦΕ, από το σύνολο των συμμετεχόντων/ουσών εκπαιδευτικών, μόνο 2 (2,38%) κατέχουν Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Σπουδών στη Διδακτική των ΦΕ. Οι περισσότεροι έχουν επιμορφωθεί στη Διδακτική των ΦΕ κατά τη διάρκεια των βασικών τους σπουδών ή κατά την εξομοίωση του πτυχίου τους σε ποσοστό 50% (n=42), έπειτα από παρακολούθηση σχετικών ημερίδων ή συνεδρίων σε ποσοστό 21,4% (n=18) με σεμινάρια εντός ή εκτός του σχολικού πλαισίου σε ποσοστό 25% (n=21) ή μέσω συναφών ιστοτόπων σε ποσοστό 1,19 % (n=1).

<b>ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ &amp; ΜΑΘΗΣΗΣ ΦΕ</b>		
	<b>n</b>	<b>%</b>
Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Σπουδών στη Διδακτική των ΦΕ	2	2,38%
Μαθήματα Διδακτικής ΦΕ στις βασικές σπουδές	42	50%
Ημερίδες ή συνέδρια	18	21,4%
Σεμινάρια εντός ή εκτός του σχολικού πλαισίου	21	25%
Συναφείς διαδικτυακοί ιστότοποι	1	1,19%
<b>Σύνολο</b>	<b>84</b>	<b>100%</b>

**Πίνακας 4.7.** Κατανομή των συμμετεχόντων/ουσών ως προς την επιμόρφωση στη διδασκαλία και μάθηση ΦΕ





**Διάγραμμα 4.7.** Διάγραμμα συχνοτήτων της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία και μάθηση ΦΕ

### 4.3 Το ερευνητικό εργαλείο

#### 4.3.1 Σύνθεση του ερευνητικού εργαλείου

Στην παρούσα μελέτη μας ενδιέφερε να εξετάσουμε τις απόψεις των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την κατανόηση των τεσσάρων υποδεξιότητων της μεθόδου ΣΕΜ, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο. Επιπλέον, θέλαμε να εντοπίσουμε τα σχεδιαστικά λάθη των πειραματικών δοκιμασιών που εμφανίζονται μέσα από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο, αλλά και τη σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ της συνολικής κατανόησης της ΣΕΜ και των δημογραφικών χαρακτηριστικών προϋπηρεσία και επιμόρφωση στις ΦΕ. Ξεκινώντας από τη φάση του σχεδιασμού της έρευνας, επιλέχθηκε και εφαρμόστηκε ένα κατάλληλο χρονοδιάγραμμα για την ολοκλήρωσή της. Επίσης, δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στην επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων. Συγχρόνως, ιδιαίτερη

έμφαση δόθηκε στην επιλογή των δύο κατάλληλων και έγκυρων ερευνητικών εργαλείων, από τη σύνθεση των οποίων προέκυψε το ερευνητικό εργαλείο για τη συλλογή των δεδομένων, με την επιλογή ερωτήσεων ικανών να συλλάβουν την πολυπλοκότητα των ερευνητικών ερωτημάτων ή την αποφυγή κάθε λογής ασάφειας ή των καθοδηγητικών ερωτήσεων. Χάρη στη βολική δειγματοληψία που προτιμήθηκε κατά το στάδιο της συλλογής των δεδομένων, επιτεύχθηκε η αποφυγή των ποσοστών διαρροής των συμμετεχόντων. Κατά το στάδιο της ανάλυσης των δεδομένων, η εγκυρότητα διασφαλίστηκε κατά κάποιο τρόπο, με την αποφυγή της υποκειμενικής ερμηνείας των δεδομένων, καθώς επιλέχθηκε η κατηγοριοποίηση μέσω συγκεκριμένων κατηγοριών, που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία.

Για τον σκοπό αυτό, επιλέξαμε να σχεδιάσουμε και να χρησιμοποιήσουμε ως βασικό ερευνητικό εργαλείο ένα ερωτηματολόγιο, το οποίο προέκυψε ως σύνθεση των παρακάτω τριών πηγών:

**α) Το περιεχόμενο των Φυσικών Επιστημών από το ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ της Ε΄ και Στ΄ Δημοτικού.**

Πιο συγκεκριμένα, τα ερωτήματα του ερωτηματολογίου διαμορφώθηκαν σύμφωνα με το περιεχόμενο των ΦΕ, όπως αυτό διδάσκεται στο δημοτικό σχολείο, δίνοντας βαρύτητα στις θεματικές περιοχές: Θερμότητα (Τήξη και Θερμοκρασία), Μαγνητισμός, Ηλεκτρισμός, Δυνάμεις (Βάρος και Τριβή), και Ιδιότητες των υλικών (Μάζα, Όγκος, Πυκνότητα), διότι τα φυσικά φαινόμενα που μελετώνται σε αυτές τις θεματικές περιοχές προσφέρονται για την ανάπτυξη διερευνητικών μεθόδων διδασκαλίας, όπως η ΣΕΜ, από τον εκπαιδευτικό. Άλλωστε, έχουν απαντηθεί και σε άλλες έρευνες σχετικές με την κατανόηση της ΣΕΜ από τους μαθητές, όπως στην έρευνα των Schwichow et al. (2022). Επιπρόσθετα, ένα ευρύτερο φάσμα προτεινόμενων θεμάτων διασφαλίζει και μεγαλύτερη εγκυρότητα ως προς τη συλλογή των δεδομένων με τη χρήση του συγκεκριμένου ερευνητικού εργαλείου. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι θεματικές περιοχές οι οποίες επιλέχθηκαν για να σχεδιαστούν και να ολοκληρωθούν τα ερωτήματα του ερωτηματολογίου, απαντώνται και στο ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ του νηπιαγωγείου, όπου προτείνονται κατάλληλες δραστηριότητες, με σκοπό την ανάπτυξη των ικανοτήτων των νηπίων να πειραματιστούν, να παρατηρήσουν, να

κάνουν υποθέσεις και να εξάγουν συμπεράσματα. Αυτός ήταν ακόμη ένας λόγος για τον οποίο επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένες θεματικές περιοχές.

### **β) Το ερευνητικό εργαλείο της ομάδας των Schwichow et al. (2022).**

Η ομάδα Schwichow et al. (2022) σχεδίασε ένα ερευνητικό εργαλείο, το οποίο εφαρμόστηκε σε 496 μαθητές 17 γερμανικών δημοτικών σχολείων, ηλικίας 6-10 ετών, καθώς θέλησε να μελετήσει τα σχεδιαστικά λάθη που εμφανίζουν οι μαθητές του δημοτικού σχολείου, κατά την εφαρμογή της μεθόδου ΣΕΜ. Για τον σχεδιασμό του, στηρίχθηκαν στο εργαλείο CVSI, το οποίο είχε ήδη εφαρμοστεί σε μαθητές γυμνασίου (Schwichow et al., 2016), περιλαμβάνοντας θέματα από τη Θερμότητα, τη Θερμοκρασία, τον Μαγνητισμό και τον Ηλεκτρομαγνητισμό. Βέβαια, στην έρευνα των Schwichow et al. (2022) σε μικρότερους μαθητές, τα ερωτήματα προσαρμόστηκαν στη σχολική ύλη του δημοτικού σχολείου της Ν. Γερμανίας, δηλαδή ορίστηκαν οι παρακάτω τέσσερις ενότητες ερωτημάτων: (α) η πτώση των αλεξίπτωτων, (β) η πλεύση της βάρκας, (γ) το βάρος ενός αναψυκτικού και (δ) η κίνηση των σαλιγκαριών.

Το τελικό ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 16 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής, που αναφέρονταν μόνο σε τρεις από τις τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ: ΔΙΑ, ΕΡΜ και ΚΑΤ, μιας και οι ερευνητές θεώρησαν ότι οι μαθητές του δημοτικού σχολείου δυσκολεύονται αρκετά με την ανάπτυξη της υποδεξιότητας ΣΧΕ. Κάθε ενότητα ερωτημάτων περιελάμβανε τέσσερις σύντομες ιστορίες, τις οποίες συμπλήρωναν γραφήματα, διευκολύνοντας με αυτόν τον τρόπο την κατανόηση της ιστορίας από μικρούς μαθητές. Επίσης, κάθε ιστορία συνοδεύονταν από μία υπόθεση για μια αιτιώδη σχέση μεταξύ των μεταβλητών που ελέγχονταν κάθε φορά, π.χ. η σχέση του βάρους του αλεξίπτωτου με τον χρόνο πτώσης του. Ακόμη, η κάθε ενότητα ερωτημάτων περιελάμβανε δύο ιστορίες για την υποδεξιότητα ΔΙΑ και από μία ιστορία για τις δύο άλλες υποδεξιότητες, ΕΡΜ και ΚΑΤ, ακολουθώντας πάντοτε το ίδιο μοτίβο: ΔΙΑ(1) -ΕΡΜ-ΚΑΤ-ΔΙΑ (2) και αυτό γιατί οι ερευνητές ήθελαν να συλλέξουν περισσότερα στοιχεία για την υποδεξιότητα ΔΙΑ, μιας και σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, σε αυτή οι μαθητές εμφανίζουν περισσότερα λάθη (Schwichow et al., 2022). Κάθε μαθητής εργάστηκε μόνο σε δύο από τις τέσσερις ενότητες ερωτημάτων, απαντώντας γραπτώς, σε μία διδακτική ώρα 45 λεπτών περίπου.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο σχετικά με το εργαλείο αυτό αποτελεί το γεγονός ότι, ενώ στις ερωτήσεις του εργαλείου CVSI δε γινόταν αναφορά εάν το πείραμα είναι

έγκυρο ή όχι, σε αυτές τις ιστορίες γίνεται από την αρχή γνωστό στον μαθητή ότι το πείραμα είναι έγκυρο (στις ιστορίες που εξετάζουν την υποδεξιότητα EPM) ή δεν είναι έγκυρο (στις ιστορίες που εξετάζουν την υποδεξιότητα KAT), και αυτό γιατί οι ερευνητές εστιάζουν περισσότερο στον συλλογισμό που ακολουθούν οι μαθητές αυτής της ηλικίας, δηλαδή στις απαντήσεις τους για ποιο λόγο ένα πείραμα είναι ή δεν είναι έγκυρο.

### **γ) Το ερευνητικό εργαλείο της ομάδας Zoupidis et al. (2021).**

Η ομάδα Zoupidis et al. (2021) σχεδίασε ένα ερευνητικό εργαλείο, το οποίο εφαρμόστηκε σε 17 φοιτήτριες του Παιδαγωγικού Τμήματος Νηπιαγωγών στη Φλώρινα, ηλικίας 20-23 ετών, καθώς θέλησε να μελετήσει τον βαθμό κατανόησης της ΣΕΜ από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Κατά τη διάρκεια ενός εξαμηνιαίου επιλεγόμενου μαθήματος οι φοιτήτριες είχαν την ευκαιρία να διδαχθούν ρητά τη μέθοδο ΣΕΜ, σχεδιάζοντας και εφαρμόζοντας πειράματα σχετικά με διαφορετικά φυσικά φαινόμενα (π.χ. πλεύση-βύθιση, ιδιότητες του αέρα, μαγνητισμός). Επιπλέον, εκτός από τη διάκριση ενός έγκυρου από ένα μη έγκυρο πείραμα, εξασκήθηκαν στην ικανότητα ανάπτυξης αιτιωδών συλλογισμών από τα αποτελέσματα των πειραμάτων.

Το ερευνητικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε αποτελούνταν από τέσσερις ενότητες ερωτημάτων και η καθεμία από αυτές από δύο επιπλέον υποενότητες. Τα ερωτήματα αναφέρονταν σε φαινόμενα πλεύσης-βύθισης και σε φαινόμενα μαγνητισμού, περιλαμβάνοντας ερωτήσεις ανοικτού και κλειστού τύπου.

- Τα δύο πρώτα ερωτήματα περιελάμβαναν ερωτήσεις ανοικτού τύπου, όπου οι φοιτήτριες καλούνταν αρχικά να περιγράψουν τον τρόπο με τον οποίο θα ελέγξουν τη σχέση βάρους-πλεύσης/βύθιση ή τη σχέση δύναμης-μεγέθους μαγνήτη σχεδιάζοντας ένα έγκυρο πείραμα και στη συνέχεια όφειλαν να περιγράψουν τον συλλογισμό που έκαναν για να καταλήξουν σε έγκυρο συμπέρασμα και στις δύο περιπτώσεις.
- Τα άλλα δύο ερωτήματα αποτελούνταν από δύο μέρη: 1) κλειστού τύπου ερωτήσεις (πολλαπλής επιλογής) και 2) ανοικτού τύπου ερωτήσεις (αιτιολόγηση της επιλογής). Δηλαδή, οι φοιτήτριες αρχικά έπρεπε να

διακρίνουν ένα έγκυρο από μη έγκυρα πειράματα και στη συνέχεια να αιτιολογήσουν την επιλογή τους.

Βασικός σκοπός του ερωτηματολογίου ήταν να συλλεχθούν δεδομένα ως προς τον βαθμό κατανόησης της υποδεξιότητας ΣΧΕ από τις φοιτήτριες, αλλά και ως προς τον βαθμό κατανόησης της υποδεξιότητας ΔΙΑ.

#### **4.3.2 Δομή και περιεχόμενο του ερευνητικού εργαλείου**

Το ερωτηματολόγιο της παρούσας έρευνας που σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, προκύπτει, όπως προαναφέρθηκε, από τη σύνθεση ορισμένων στοιχείων των ερευνητικών εργαλείων της ομάδας Schwichow et al. (2022) και της ομάδας Zoupidis et al. (2021). Δε χρησιμοποιήθηκε αυτούσιο κανένα από τα δύο παραπάνω ερευνητικά εργαλεία και οι λόγοι που οδήγησαν στον σχεδιασμό και την εφαρμογή ενός νέου ερευνητικού εργαλείου, προκύπτουν από τα παρακάτω βασικά σημεία:

α) Το ερωτηματολόγιο διαμοιράστηκε σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και όχι σε μαθητές δημοτικού σχολείου, όπως το ερωτηματολόγιο της ομάδας Schwichow et al. (2022) ή σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς χωρίς διδακτική εμπειρία, όπως το ερωτηματολόγιο της ομάδας Zoupidis et al. (2021). Για παράδειγμα, θεωρήσαμε ορθό να αφαιρεθούν τα γραφήματα-εικόνες του ερευνητικού εργαλείου της ομάδας Schwichow et al. (2022), τα οποία λειτουργούσαν υποστηρικτικά για τους μαθητές των δημοτικών σχολείων, αλλά δεν ήταν απαραίτητα για τους εκπαιδευτικούς.

β) Η ομάδα Schwichow et al. (2022) στο δικό της ερευνητικό εργαλείο δεν περιελάμβανε την υποδεξιότητα ΣΧΕ, μιας και όπως αναφέρεται στη σχετική βιβλιογραφία οι μαθητές του δημοτικού σχολείου εμφανίζουν υψηλό βαθμό δυσκολίας στην ανάπτυξη αυτής της υποδεξιότητας. Την υποδεξιότητα αυτή την συμπεριλάβαμε στο δικό μας ερωτηματολόγιο, δεδομένου ότι ο στόχος της έρευνας είναι η μελέτη των απόψεων των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά και με τις τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ.

Δεδομένων των παραπάνω, σχεδιάστηκε και ολοκληρώθηκε ένα νέο ερωτηματολόγιο και συλλέξαμε μετρήσιμα δεδομένα, τα οποία με τη χρήση των Μαθηματικών και της Στατιστικής μπορούν να αναπαρασταθούν με πίνακες και

διαγράμματα. Αξίζει να σημειωθεί, ότι κατά τον σχεδιασμό του ερωτηματολογίου ακολουθήθηκαν κάποιες γενικές αρχές, ώστε να διασφαλιστούν τα ποιοτικά του κριτήρια. Έτσι πάρθηκαν όλα τα απαραίτητα μέτρα προκειμένου να εξασφαλιστεί η ανωνυμία των ατόμων, γιατί θεωρείται ότι με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνουμε μεγαλύτερο βαθμό ειλικρίνειας στις απαντήσεις των ερωτηθέντων. Ακόμα, υπήρξε μέριμνα ώστε το ερωτηματολόγιο να μην είναι μακροσκελές και αποθαρρύνει τους εκπαιδευτικούς, ως προς τη συμπλήρωσή του, αλλά και η επιλογή της σειράς των ερωτημάτων έγινε με κριτήριο την βαθμιαία αυξανόμενη δυσκολία τους. Επίσης, υπήρξε εναλλαγή των ερωτημάτων ανοικτού τύπου με ερωτήματα κλειστού τύπου, προς αποφυγή της κόπωσης των εκπαιδευτικών κατά τη συμπλήρωσή του.

Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε συνολικά οκτώ ερωτήματα, όπου ανά δύο αναφέρονταν σε μία από τις τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ. Όπως φαίνεται και από τον συγκεντρωτικό Πίνακα 4.8. συμπεριλάβαμε δύο ερωτήματα για την καθεμία υποδεξιότητα, για να ελέγξουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια την κατανόηση ή μη της κάθε υποδεξιότητας από τους εκπαιδευτικούς. Αρχικά, είχε προηγηθεί η πιλοτική εφαρμογή του ερωτηματολογίου σε έντυπη μορφή σε τέσσερις εκπαιδευτικούς (μία νηπιαγωγό και τρεις δασκάλους, με πολυετή εκπαιδευτική εμπειρία, χωρίς επιμόρφωση σε θέματα Διδακτικής των ΦΕ). Τα σχόλια και οι παρατηρήσεις των εκπαιδευτικών, έπειτα από την πιλοτική εφαρμογή, ελήφθησαν υπόψη για την ολοκλήρωση του σχεδιασμού της τελικής μορφής του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα). Για παράδειγμα, στο ερώτημα 7 χρειάστηκε να αναδιατυπωθεί η εκφώνηση του ερωτήματος, καθώς οι έννοιες φορτίο-βύθιση-υλικό βάρκας φάνηκε να δυσκολεύουν τους εκπαιδευτικούς, ως προς την κατανόηση του ερωτήματος. Ακόμη, στα ερωτήματα 3, 4, 7 και 8 φάνηκε να διευκολύνει τους εκπαιδευτικούς μια πρόσθετη παρενθετική αναφορά στον πίνακα των επιλογών (βλ. Παράρτημα) κάθε ερωτήματος π.χ. στο μέγεθος του αλεξίπτωτου (μικρό/μεγάλο) ή στο υλικό της βάρκας (ξύλο/μέταλλο) κ.ο.κ., και για αυτόν τον λόγο προστέθηκαν παρενθετικές αναφορές σε αυτά τα ερωτήματα.

Η επιλογή της σειράς εμφάνισης των ερωτημάτων στο ερωτηματολόγιο προέκυψε έπειτα από τη μελέτη της σχετικής βιβλιογραφίας, καθώς φαίνεται ότι οι υποδεξιότητες ΣΧΕ και ΚΑΤ δυσκολεύουν περισσότερο τους μαθητές (Schwichow et al., 2022).

Υποδεξιότητες της ΣΕΜ	Ερωτήματα	Θεματική περιοχή
Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα (ΔΙΑ)	1 (α-β) και 2 (α-β)	τήξη στερεού σώματος- μαγνητισμός
Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων (ΕΡΜ)	3 και 4	κινήσεις σωμάτων (ελεύθερη πτώση)-υλικά σώματα (μάζα)
Σχεδιασμός έγκυρων πειραμάτων (ΣΧΕ)	5 (α-β) και 6 (α-β)	απορρόφηση θερμότητας- ηλεκτρισμός
Κατανόηση του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα (ΚΑΤ)	7 και 8	πλεύση/βύθιση- κινήσεις σωμάτων (τριβή)

**Πίνακας 4.8.** Αντιστοιχία ερωτημάτων του ερευνητικού εργαλείου και υποδεξιότητων της ΣΕΜ.

Το ερωτηματολόγιο, εκτός από την πιλοτική φάση στην οποία δόθηκε σε έντυπη μορφή, διαμοιράστηκε ηλεκτρονικά, μέσω της ηλεκτρονικής πλατφόρμας Google forms και σε ορισμένα ερωτήματα χρειάστηκε να δοθούν επιπλέον διευκρινήσεις στους συμμετέχοντες μέσω ηλεκτρονικού μηνύματος ή προφορικά. Πιο συγκεκριμένα, πέντε Νηπιαγωγοί που συμμετείχαν στην έρευνα χρειάστηκαν επιπλέον πληροφορίες στα ερωτήματα 5 και 6, σχετικά με τη διαφορά του (α) μέρους από το (β) μέρος των ερωτημάτων. Αποσαφηνίσαμε, ότι στο (α) μέρος καλούνται να περιγράψουν τον σχεδιασμό ενός έγκυρου/κατάλληλου πειράματος από έναν μαθητή για να ελέγξει την αρχική του υπόθεση, ενώ στο (β) μέρος θα πρέπει να περιγράψουν τον τρόπο με τον οποίο συλλογίστηκε ο μαθητής για να καταλήξει σε ένα έγκυρο συμπέρασμα και όχι να επαναλάβουν την περιγραφή του πειράματος, όπως αρχικά είχαν αντιληφθεί. Επιπλέον, ένας εκπαιδευτικός χρειάστηκε διευκρινήσεις σχετικά με τη διατύπωση του 7<sup>ου</sup> ερωτήματος, καθώς δυσκολεύονταν να κατανοήσουν τη φράση «*Το φορτίο που μπορεί να μεταφέρει μία βάρκα, λίγο πριν βυθιστεί, επηρεάζεται από το υλικό...*».

Στη συνέχεια παρουσιάζουμε αναλυτικά τα οκτώ ερωτήματα που περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο της έρευνάς μας (βλ. Παράρτημα).

#### 4.3.2.1 Ερωτήματα για την υποδεξιότητα ΔΙΑ (Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα)

##### α) 1<sup>ο</sup> ερώτημα - Τήξη στερεού σώματος

Ο εκπαιδευτικός καλείται (α) να διακρίνει ποιο από τα τέσσερα πειράματα, σχετικά με την τήξη στερεού υλικού, που παρουσιάζονται στον πίνακα του πρώτου ερωτήματος του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα) είναι έγκυρο/κατάλληλο και στη συνέχεια να αιτιολογήσει την επιλογή του, αλλά και (β) να προσδιορίσει τους λόγους για τους οποίους τα υπόλοιπα τρία πειράματα που προτείνονται δεν είναι έγκυρα/κατάλληλα. Πιο συγκεκριμένα:

▪ Στο υποερώτημα 1.α. ο εκπαιδευτικός θα πρέπει, να επιλέξει τον μαθητή που προτείνει το έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, ο οποίος στην περίπτωση αυτή είναι ο **μαθητής 4**.

- Εκτός από την ορθή επιλογή, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να αιτιολογήσει τον λόγο που έκανε τη συγκεκριμένη επιλογή. Θα πρέπει, δηλαδή να αναφέρει ότι ο μαθητής 4 προτείνει ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, διότι διατηρεί σταθερές τις μεταβλητές της «ποσότητας» και του «υλικού», ενώ αλλάζει τη μεταβλητή της «έντασης της πηγής», που είναι και αυτή που εξετάζεται, για να επαληθεύσει την αρχική του υπόθεση: «Ένα σώμα θα λιώσει πιο γρήγορα εάν η ένταση της θερμικής πηγής είναι ισχυρότερη».

- Αξιίζει να σημειωθεί, ότι δε θεωρείται πλήρως ορθή οποιαδήποτε απάντηση που δεν αναφέρει τη σημασία της μεταβολής της έντασης της θερμικής πηγής, αλλά αναφέρεται μόνο στις έννοιες «θερμοκρασία», «θερμότητα» ή «τήξη».

▪ Στο υποερώτημα 1.β. ο εκπαιδευτικός διαπιστώνει ότι οι υπόλοιπες επιλογές εκτός του **μαθητή 4** είναι λανθασμένες.

- Το πείραμα που προτείνει ο **μαθητής 1** δεν είναι έγκυρο, αφού μεταβάλλει τη μεταβλητή «ένταση πηγής» που τον ενδιαφέρει, αλλά ταυτόχρονα μεταβάλλει επιπλέον μία μεταβλητή, τη μεταβλητή «ποσότητα» (σχεδιαστικό λάθος ce-1, βλ. Πίνακα 2.1.).

- Το πείραμα που προτείνει **μαθητής 2** είναι έγκυρο, αλλά όχι κατάλληλο, μιας και κρατάει σταθερή τη μεταβλητή που τον ενδιαφέρει «ένταση πηγής» και μεταβάλλει



τη λάθος μεταβλητή «υλικό», δηλαδή ελέγχει τη λάθος μεταβλητή (σχεδιαστικό λάθος cwn, βλ. Πίνακα 2.1.).

- Το πείραμα που προτείνει ο **μαθητής 3** δεν είναι έγκυρο, αφού μεταξύ των δύο δοκιμών μεταβάλλει την υπό έλεγχο μεταβλητή «ένταση πηγής» και επιπλέον δύο μεταβλητές, τη μεταβλητή «ποσότητα» και τη μεταβλητή «υλικό» (σχεδιαστικό λάθος ce-2, βλ. Πίνακα 2.1.).

-

## β) 2<sup>ο</sup> ερώτημα – Μαγνητισμός

Ο εκπαιδευτικός καλείται (α) να διακρίνει ποιο από τα τέσσερα πειράματα, σχετικά με τον μαγνητισμό, που παρουσιάζονται στον πίνακα του δεύτερου ερωτήματος του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα) είναι έγκυρο/κατάλληλο και στη συνέχεια να αιτιολογήσει την επιλογή του, και (β) να προσδιορίσει τους λόγους για τους οποίους τα υπόλοιπα τρία πειράματα που προτείνονται δεν είναι έγκυρα/κατάλληλα. Πιο συγκεκριμένα:

- Στο υποερώτημα 2.α. ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να επιλέξει το έγκυρο/κατάλληλο πείραμα που προτείνει ο μαθητής, το οποίο στην περίπτωση αυτή είναι το **πείραμα 2**.
- Εκτός από την ορθή επιλογή, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να αιτιολογήσει τον λόγο που έκανε τη συγκεκριμένη επιλογή. Θα πρέπει, δηλαδή να αναφέρει ότι το πείραμα 2 είναι ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, διότι ο μαθητής διατηρεί σταθερές τις μεταβλητές «*σχήμα μαγνήτη*» και «*απόσταση μαγνήτη-συνδετήρα*», ενώ αλλάζει τη μεταβλητή «*μέγεθος μαγνήτη*», που είναι και αυτή που εξετάζεται, για να επαληθεύσει την αρχική του υπόθεση: «*Η δύναμη με την οποία ένας μαγνήτης έλκει έναν συνδετήρα εξαρτάται από το μέγεθος του μαγνήτη*».
- Αξίζει να σημειωθεί, ότι δε θεωρείται πλήρως ορθή οποιαδήποτε απάντηση που δεν αναφέρει τη σημασία της μεταβολής του μεγέθους του μαγνήτη, αλλά αναφέρεται μόνο στις έννοιες «*μαγνήτης*», «*έλξη*» ή «*τραβάει δυνατά*».
- Στο υποερώτημα 2.β. ο εκπαιδευτικός διαπιστώνει ότι όλες οι υπόλοιπες επιλογές εκτός από το **πείραμα 2** είναι λανθασμένες.

- Το **πείραμα 1** που προτείνει ο μαθητής δεν είναι έγκυρο, αφού ταυτόχρονα μεταβάλλονται δύο μεταβλητές το «σχήμα μαγνήτη» και η «απόσταση μαγνήτη-συνδετήρα», χωρίς να αλλάζει η μεταβλητή «μέγεθος μαγνήτη» που τον ενδιαφέρει πραγματικά (σχεδιαστικό λάθος hotat, βλ. Πίνακα 2.1.).
- Το **πείραμα 3** που προτείνει ο μαθητής δεν είναι έγκυρο, αφού μεταξύ των δύο δοκιμών εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή «μέγεθος μαγνήτη», μεταβάλλει και επιπλέον δύο μεταβλητές, τη μεταβλητή «σχήμα μαγνήτη» και τη μεταβλητή «απόσταση μαγνήτη-συνδετήρα» (σχεδιαστικό λάθος ce-2, βλ. Πίνακα 2.1.).
- Το **πείραμα 4** που προτείνει ο μαθητής είναι έγκυρο, αλλά όχι κατάλληλο, αφού μεταξύ των δύο δοκιμών ελέγχει τη λάθος μεταβλητή «απόσταση μαγνήτη-συνδετήρα» και κρατάει σταθερές όλες τις άλλες μεταβλητές «μέγεθος μαγνήτη» και «σχήμα μαγνήτη» (σχεδιαστικό λάθος (cwn), βλ. Πίνακα 2.1.).

#### 4.3.2.2 Ερωτήματα για την υποδεξιότητα EPM (Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων)

##### α) 3<sup>ο</sup> ερώτημα - Κινήσεις σωμάτων (ελεύθερη πτώση)

Ο εκπαιδευτικός καλείται να παρατηρήσει τον πίνακα του τρίτου ερωτήματος του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα), ο οποίος παρουσιάζει το έγκυρο/κατάλληλο πείραμα που σχεδίασε ένας μαθητής με σκοπό να επαληθεύσει την αρχική του υπόθεση: «*Ο χρόνος πτώσης των αλεξίπτωτων επηρεάζεται από το μέγεθός τους*». Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να επιλέξει τις προτάσεις που παρουσιάζουν τα στοιχεία του πειράματος, τα οποία ο μαθητής θεώρησε σημαντικά για να μπορέσει να καταλήξει σε αυτό το σωστό συμπέρασμα. Θα πρέπει, δηλαδή, ο εκπαιδευτικός να επιλέξει **και τις τρεις προτεινόμενες επιλογές**:

- Ότι το μέγεθος των δύο αλεξίπτωτων είναι διαφορετικό (μικρό/μεγάλο).
- Ότι το υλικό των δύο αλεξίπτωτων είναι ίδιο (ύφασμα).
- Ότι το σχήμα των δύο αλεξίπτωτων είναι ίδιο (κυκλικό),

μιας και οι τρεις μεταβλητές πρέπει να ληφθούν υπόψη από τον μαθητή, για τη σωστή ερμηνεία του πειράματος.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι δε θεωρείται πλήρως ορθή οποιαδήποτε διαφορετική απάντηση, στην οποία μπορεί να παραλείπεται κάποια από τις τρεις παραπάνω

επιλογές. Επιπλέον, οποιαδήποτε άλλη απάντηση οδηγεί σε ένα από τα σχεδιαστικά λάθη έγκυρων πειραμάτων (βλ. Πίνακα 2.1.).

#### **β) 4<sup>ο</sup> ερώτημα - Υλικά σώματα (μάζα)**

Ο εκπαιδευτικός καλείται να παρατηρήσει τον πίνακα του τέταρτου ερωτήματος του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα), ο οποίος παρουσιάζει το έγκυρο/κατάλληλο πείραμα που σχεδίασε ένας μαθητής με σκοπό να επαληθεύσει την αρχική του υπόθεση: «Ένα *light* αναψυκτικό είναι ελαφρύτερο από το κανονικό αναψυκτικό». Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να επιλέξει τις προτάσεις που παρουσιάζουν τα στοιχεία του πειράματος, τα οποία ο μαθητής θεώρησε σημαντικά για να μπορέσει να καταλήξει σε αυτό το σωστό συμπέρασμα. Θα πρέπει, δηλαδή, ο εκπαιδευτικός να επιλέξει **και τις τρεις προτεινόμενες επιλογές:**

- Ότι το είδος της λεμονάδας είναι διαφορετικό (κανονική/light).
- Ότι το περιεχόμενο των δύο μπουκαλιών είναι ίδιο (λεμονάδα).
- Ότι το δοχείο που περιέχει τη λεμονάδα είναι ίδιο (πλαστικό μπουκάλι).

μιας και οι τρεις μεταβλητές πρέπει να ληφθούν υπόψη από τον μαθητή, για τη σωστή ερμηνεία του πειράματος.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι δε θεωρείται πλήρως ορθή οποιαδήποτε διαφορετική απάντηση, στην οποία μπορεί να παραλείπεται κάποια από τις τρεις παραπάνω επιλογές. Επιπλέον, οποιαδήποτε άλλη απάντηση οδηγεί σε ένα από τα σχεδιαστικά λάθη έγκυρων πειραμάτων (βλ. Πίνακα 2.1.).

#### **4.3.2.3 Ερωτήματα για την υποδεξιότητα ΣΧΕ (Σχεδιασμός έγκυρων πειραμάτων)**

##### **α) 5<sup>ο</sup> ερώτημα - Απορρόφηση θερμότητας**

Ο εκπαιδευτικός καλείται (α) να περιγράψει ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, το οποίο θα πρέπει να σχεδιάσει ένας μαθητής για να μπορέσει να ελέγξει την αρχική του υπόθεση σχετικά με τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών «χρώμα επιφάνειας» και «θερμοκρασία» (βλ. Παράρτημα) και στη συνέχεια (β) να περιγράψει τον τρόπο με τον

οποίο θα πρέπει να σκεφτεί ο μαθητής, μετά τον σχεδιασμό και την εκτέλεση αυτού του πειράματος, για να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα σχετικά με την αρχική του υπόθεση. Πιο συγκεκριμένα:

- Στο υποερώτημα 5.α. ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να περιγράψει ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, το οποίο θα πρέπει να σχεδιάσει ένας μαθητής για να μπορέσει να ελέγξει την αρχική του υπόθεση: *«Το χρώμα που έχει ένα χαρτόνι επηρεάζει το πόσο θα ζεσταθεί όταν πέφτει επάνω του φως».*

Θα πρέπει να λάβει υπόψη του ότι οι μεταβλητές *«μέγεθος χαρτονιού»*, *«είδος λάμπας πυράκτωσης»*, *«απόσταση από τη λάμπα πυράκτωσης»*, *«είδος θερμομέτρου»*, *«απόσταση χαρτονιού από το θερμόμετρο»* και *«χρόνος έκθεσης»* θα πρέπει να είναι σταθερές και να μεταβάλλεται μόνο η μεταβλητή *«χρώμα χαρτονιού»*.

- Στο υποερώτημα 5.β. ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο θα σκεφτεί ο μαθητής, μετά τον σχεδιασμό και την εκτέλεση του έγκυρου/κατάλληλου πειράματος, για να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα σχετικά με την αρχική του υπόθεση, εάν δηλαδή οι μεταβλητές *«χρώμα χαρτονιού»* και *«θερμοκρασία»* εξαρτώνται η μία από την άλλη.

Πιο συγκεκριμένα θα πρέπει οι εκπαιδευτικός να αναφέρει ότι: *«Εάν η θερμοκρασία στο μαύρο χαρτόνι είναι μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία στο άσπρο χαρτόνι, τότε το χρώμα που έχει ένα χαρτόνι επηρεάζει το πόσο θα ζεσταθεί όταν πέφτει επάνω του φως. Στην αντίθετη περίπτωση, δεν επηρεάζει».*

Στην περίπτωση που δεν καταλήγει στην παραπάνω αιτιολόγηση ή παρόμοια, η απάντησή του δε θεωρείται πλήρως ορθή. Επιπλέον, από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών που δε θεωρούνται πλήρως ορθές και ανήκουν στις κατηγορίες 2 και 0, δύναται να προκύψουν σχεδιαστικά λάθη έγκυρων πειραμάτων (βλ. Πίνακα 2.1.).

## **β) 6<sup>ο</sup> ερώτημα – Ηλεκτρισμός**

Ο εκπαιδευτικός καλείται (α) να περιγράψει ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, το οποίο θα πρέπει να σχεδιάσει ένας μαθητής για να μπορέσει να ελέγξει την αρχική του υπόθεση σχετικά με τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών *«τάση μπαταρίας»* και *«ένταση ηλεκτρικού λαμπτήρα»* (βλ. Παράρτημα) και στη συνέχεια (β) να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να σκεφτεί ο μαθητής, μετά τον σχεδιασμό και την εκτέλεση

αυτού του πειράματος, για να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα σχετικά με την αρχική του υπόθεση. Πιο συγκεκριμένα:

- Στο υποερώτημα 6.α. ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να περιγράψει ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, το οποίο θα σχεδιάσει ένας μαθητής για να μπορέσει να ελέγξει την αρχική του υπόθεση: *«Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας ακτινοβολεί περισσότερο, αν η μπαταρία του κυκλώματος έχει μεγαλύτερη τάση, δηλαδή αν έχει τάση 9V και όχι 3V».*

Θα πρέπει να λάβει υπόψη του ότι οι μεταβλητές «μήκος καλωδίων» και «είδος ηλεκτρικών λαμπτήρων» θα πρέπει να είναι σταθερές και να μεταβάλλεται μόνο η μεταβλητή «τάση μπαταρίας».

- Στο υποερώτημα 6.β. ο εκπαιδευτικός καλείται να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο θα πρέπει να σκεφτεί ο μαθητής, μετά τον σχεδιασμό και την εκτέλεση του έγκυρου/κατάλληλου πειράματος, για να καταλήξει στην επαλήθευση της αρχικής του υπόθεσης, ότι δηλαδή οι μεταβλητές «ένταση ηλεκτρικού λαμπτήρα» και «τάση μπαταρίας» εξαρτώνται η μία από την άλλη. Πιο συγκεκριμένα, θα πρέπει ο εκπαιδευτικός να αναφέρει ότι: *«Εάν οι ηλεκτρικοί λαμπτήρες ακτινοβολούν περισσότερο όταν συνδέονται με μπαταρίες μεγαλύτερης τάσης από ό,τι με μπαταρίες μικρότερης τάσης, τότε η τάση μίας μπαταρίας σε ένα κύκλωμα επηρεάζει την ένταση του ηλεκτρικού λαμπτήρα. Στην αντίθετη περίπτωση, δεν επηρεάζει».*

Στην περίπτωση που δεν καταλήγει στην παραπάνω αιτιολόγηση ή παρόμοια, η απάντησή του δεν θεωρείται πλήρως ορθή. Επιπλέον, από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών που δε θεωρούνται πλήρως ορθές και ανήκουν στις κατηγορίες 2 και 0, δύναται να προκύψουν σχεδιαστικά λάθη έγκυρων πειραμάτων (βλ. Πίνακα 2.1.).

#### **4.3.2.4 Ερωτήματα για την υποδεξιότητα ΚΑΤ (Κατανόηση του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα)**

##### **α) 7<sup>ο</sup> ερώτημα – Πλεύση /Βύθιση**

Ο εκπαιδευτικός καλείται να παρατηρήσει τον πίνακα του έβδομου ερωτήματος του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα), ο οποίος παρουσιάζει ένα μη έγκυρο/κατάλληλο πείραμα που σχεδίασε ένας μαθητής με σκοπό να επαληθεύσει την αρχική του υπόθεση: «*Το φορτίο που μπορεί να μεταφέρει μία βάρκα, λίγο πριν βυθιστεί, επηρεάζεται από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη*». Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να επιλέξει τις προτάσεις που παρουσιάζουν τις λανθασμένες επιλογές που έκανε αρχικά ο μαθητής, κατά τον σχεδιασμό του παραπάνω πειράματος. Θα πρέπει, δηλαδή, ο εκπαιδευτικός να επιλέξει **μόνο τη μία από τις τρεις προτεινόμενες επιλογές:**

- Ότι το σχήμα στις δύο βάρκες είναι διαφορετικό (κυκλικό/μυτερό), καθώς η μεταβλητή «*σχήμα βάρκας*» πρέπει να παραμείνει σταθερή

**και να μην επιλέξει τις άλλες δύο προτεινόμενες επιλογές:**

- Ότι το υλικό στις δύο βάρκες είναι διαφορετικό (ξύλο/μέταλλο).

- Ότι το μέγεθος στις δύο βάρκες είναι ίδιο (μεγάλο),

μιας και η μεταβλητή «*υλικό βάρκας*», ορθώς μεταβάλλεται μεταξύ των δύο δοκιμών, και η μεταβλητή «*μέγεθος βάρκας*», ορθώς παραμένει σταθερή μεταξύ των δύο δοκιμών.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι δε θεωρείται πλήρως ορθή οποιαδήποτε διαφορετική απάντηση ή παράλειψη της ορθής επιλογής. Επιπλέον, οποιαδήποτε άλλη απάντηση οδηγεί σε ένα από τα σχεδιαστικά λάθη έγκυρων πειραμάτων (βλ. Πίνακα 2.1.).

## **β) 8<sup>ο</sup> ερώτημα – Κινήσεις σωμάτων (τριβή)**

Ο εκπαιδευτικός καλείται να παρατηρήσει τον πίνακα του 8<sup>ου</sup> ερωτήματος του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα), ο οποίος παρουσιάζει ένα μη έγκυρο/κατάλληλο πείραμα που σχεδίασε ένας μαθητής με σκοπό να επαληθεύσει την αρχική του υπόθεση: «*Ο χρόνος κίνησης ενός σαλιγκαριού επηρεάζεται από το είδος της επιφάνειας πάνω στην οποία κινείται*». Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να επιλέξει τις προτάσεις που παρουσιάζουν τις λανθασμένες επιλογές που έκανε αρχικά ο μαθητής, κατά τον σχεδιασμό του παραπάνω πειράματος. Θα πρέπει, δηλαδή, ο εκπαιδευτικός να επιλέξει **μόνο τη μία από τις τρεις προτεινόμενες επιλογές:**

- Ότι το μέγεθος των σαλιγκαριών είναι διαφορετικό (μικρό/μεγάλο),

καθώς η μεταβλητή «*μέγεθος σαλιγκαριού*», πρέπει να παραμείνει σταθερή και **να μην επιλέξει τις άλλες δύο προτεινόμενες επιλογές:**

- Ότι το είδος της επιφάνειας είναι διαφορετικό (χορτάρι/πέτρα).
- Ότι το είδος των σαλιγκαριών είναι ίδιο (γυμνοσάλιαγκας), μιας και η μεταβλητή «είδος επιφάνειας», ορθώς μεταβάλλεται μεταξύ των δύο δοκιμών και η μεταβλητή «είδος σαλιγκαριού», ορθώς παραμένει σταθερή μεταξύ των δύο δοκιμών.

Αξίζει να σημειωθεί, ότι δε θεωρείται πλήρως ορθή οποιαδήποτε διαφορετική απάντηση ή παράλειψη της ορθής επιλογής. Επιπλέον, οποιαδήποτε άλλη απάντηση οδηγεί σε ένα από τα σχεδιαστικά λάθη έγκυρων πειραμάτων (βλ. Πίνακα 2.1.).

## 4.4 Η μέθοδος ανάλυσης

### 4.4.1 Στάδια ανάλυσης των δεδομένων

Από το ερωτηματολόγιο συλλέξαμε ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα. Για να διαχειριστούμε τα ποσοτικά δεδομένα που συγκεντρώσαμε εργαστήκαμε με το στατιστικό λογισμικό πακέτο IBM SPSS v.20.0. Στα ποσοτικά δημογραφικά δεδομένα π.χ. φύλο, ειδικότητα, περιοχή υπηρετήσης, ηλικία, προϋπηρεσία, μορφωτικό επίπεδο και επιμόρφωση στη διδασκαλία και μάθηση ΦΕ έγινε μονομεταβλητή ποσοτική ανάλυση για καθεμία μεταβλητή ξεχωριστά (πίνακας συχνοτήτων, διάγραμμα, δείκτης κεντρικής τάσης και δείκτης διασποράς).

Επίσης, η κωδικοποίηση των ποσοτικών δεδομένων των ερωτήσεων κλειστού και ανοιχτού τύπου του ερωτηματολογίου (ερωτήματα 1-8) έδωσε τη δυνατότητα απλής περιγραφικής στατιστικής ανάλυσης (πίνακας συχνοτήτων και σχετικών συχνοτήτων).

Πιο αναλυτικά, για να απαντήσουμε στο πρώτο ερευνητικό υποερώτημα «*Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα (ΔΙΑ), όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ;*» και στο τρίτο ερευνητικό υποερώτημα «*Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τον Σχεδιασμό έγκυρων πειραμάτων (ΣΧΕ), όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ;*», έγινε ανάλυση περιεχομένου των ποιοτικών δεδομένων που προέκυψαν από τις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου για τις υποδεξιότητες ΔΙΑ και ΣΧΕ (ερωτήματα 1-2 και 5-6 αντίστοιχα), ακολουθώντας την παραγωγική διαδικασία, η οποία ξεκινά με τις κατηγορίες έτοιμες από τη βιβλιογραφία και κινείται από «πάνω προς τα κάτω» (top-

down) (Τσιώλης, 2015). Πιο συγκεκριμένα, ακολουθήθηκε η κατηγοριοποίηση της ερευνητικής ομάδας Zoupidis et al. (2021), όπου εμφανίζονται τέσσερις κατηγορίες: κατηγορία 3 (πλήρης κατανόηση της ΣΕΜ), κατηγορία 2 (μερικώς ορθή κατανόηση της ΣΕΜ), κατηγορία 1 (αναφορά στην άποψή τους για το φαινόμενο) και κατηγορία 0 (ασαφής, άσχετη ή καμία απάντηση) (βλ. ενότητα 4.4.2).

Για να απαντήσουμε στο δεύτερο ερευνητικό υποερώτημα «*Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων (ΕΡΜ), όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ;*» και στο τέταρτο ερευνητικό υποερώτημα «*Ποιες είναι οι απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την Κατανόηση του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα (ΚΑΤ), όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ;*», ακολουθήθηκε η κατηγοριοποίηση της ερευνητικής ομάδας Schwichow et al. (2022). Πιο συγκεκριμένα, τα ποσοτικά δεδομένα, τα οποία συλλέχθηκαν από τις ερωτήσεις κλειστού τύπου του ερωτηματολογίου για τις υποδεξιότητες ΕΡΜ και ΚΑΤ (ερωτήματα 3-4 και 7-8 αντίστοιχα) κατηγοριοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες: κατηγορία 1 (κατανόηση της υποδεξιότητας της ΣΕΜ) και κατηγορία 0 (μη κατανόηση της υποδεξιότητας της ΣΕΜ) (βλ. ενότητα 4.4.2).

Για να απαντήσουμε στο πέμπτο ερευνητικό υποερώτημα, δηλαδή «*Ποια σχεδιαστικά λάθη των πειραματικών διαδικασιών εντοπίζονται στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ;*» ακολουθήσαμε μια ακόμη κατηγοριοποίηση των ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων που συλλέχθηκαν με τις οκτώ ερωτήσεις κλειστού και ανοικτού τύπου του ερωτηματολογίου. Ο εντοπισμός των σχεδιαστικών λαθών στις ερωτήσεις κλειστού τύπου (3,4,7 και 8) πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια των στοιχείων του Πίνακα 4.11. για την υποδεξιότητα ΕΡΜ και του Πίνακα 4.14. για την υποδεξιότητα ΚΑΤ, ενώ στις ερωτήσεις ανοικτού τύπου, που αφορούσαν τις υποδεξιότητες ΔΙΑ και ΣΧΕ, ακολουθήθηκε διαφορετική διαδικασία. Συγκεκριμένα, έγινε προσπάθεια να ανιχνευτεί οποιοδήποτε σχεδιαστικό λάθος προκύπτει από τις απαντήσεις που κατηγοριοποιήθηκαν στις κατηγορίες 2 (μερικώς ορθή κατανόηση της ΣΕΜ) και 0 (ασαφής, άσχετη ή καμία απάντηση), καθώς δεν εντοπίστηκαν σχεδιαστικά λάθη στις απαντήσεις που κατηγοριοποιήθηκαν στις κατηγορίες 3 (πλήρης κατανόηση της ΣΕΜ) και 1 (αναφορά στην άποψή τους για το φαινόμενο). Στη συνέχεια, κατατάξαμε τα σχεδιαστικά λάθη σε πέντε κατηγορίες: 0α, 0β, 0γ, 0δ και 0ε, οι οποίες αντιστοιχούν με τη σειρά στις πέντε από τις έξι συνολικά κατηγορίες που μπορούν να ανιχνευτούν



σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Schwichow et al., 2022): cwn, ce-1, ce-2, nce και hotat (βλ. Πίνακα 2.1.). Αξίζει να αναφερθεί, πως στην έρευνα των Schwichow et al., (2022), η κατηγορία 0ε (hotat), όπου διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά, εμφανίζεται σε πολύ χαμηλά ποσοστά (5% και 6%) ακόμη και σε μαθητές δημοτικού μόνο στις υποδεξιότητες ΔΙΑ και ΚΑΤ και μάλιστα όχι σε όλες τις τάξεις μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα (μόνο στην class 3). Μπορεί η κατηγορία 0στ (ooe), όπου οι μαθητές σχεδιάζουν μία μόνο πειραματική δοκιμή, να έχει έστω και μικρά ποσοστά (1%, 2% και 6%) και στις τρεις υποδεξιότητες που μελέτησαν στην έρευνά τους οι Schwichow et al., (2022), αλλά αυτή η κατηγορία δε συμπεριλαμβάνεται στους πίνακες με τις κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών της δικής μας έρευνας, καθώς ο σχεδιασμός των ερωτημάτων του ερωτηματολογίου μας είναι τέτοιος που δε δίνει τη δυνατότητα εμφάνισης της κατηγορίας αυτής.

Για να απαντήσουμε στο έκτο ερευνητικό υποερώτημα, δηλαδή «*Ποια είναι η σχέση μεταξύ της συνολικής κατανόησης της μεθόδου ΣΕΜ από τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και i. της προϋπηρεσίας τους, ii. της επιμόρφωσής τους σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ;*», υπολογίσαμε τη μέση επίδοση στην κατανόηση της ΣΕΜ, δηλαδή τον μέσο όρο της κατανόησης των τεσσάρων υποδεξιότητων της ΣΕΜ. Τις τιμές της κάθε υποδεξιότητας τις κατατάξαμε σε δύο κατηγορίες: κατηγορία 1 (κατανόηση της υποδεξιότητας της ΣΕΜ) και κατηγορία 0 (μη κατανόηση της υποδεξιότητας της ΣΕΜ). Προηγουμένως, για λόγους συμμετρίας, οι τέσσερις κατηγορίες των απαντήσεων για τις υποδεξιότητες ΔΙΑ και ΣΧΕ συμπτύχθηκαν σε δύο ως εξής: οι κατηγορίες 0 και 1 συμπτύχθηκαν στην κατηγορία 0 (μη κατανόηση της υποδεξιότητας της ΣΕΜ), ενώ οι κατηγορίες 2 και 3 συμπτύχθηκαν στην κατηγορία 1 (κατανόηση της υποδεξιότητας της ΣΕΜ). Προκειμένου να ελέγξουμε την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ για το σύνολο των ερωτημάτων, υπολογίσαμε τον συντελεστή cronbach's Alpha για το σύνολο των ερωτήσεων. Μετά από αυτόν τον έλεγχο και αφού ο δείκτης  $\alpha$  βρέθηκε ικανοποιητικός και αποδεκτός ( $\alpha=0.58$ ), προχωρήσαμε στον υπολογισμό της μέσης επίδοσης στην κατανόηση της ΣΕΜ για κάθε εκπαιδευτικό.

Για τον βαθμό της συνολικής κατανόησης της ΣΕΜ προέκυψαν δύο κατηγορίες: κατηγορία 1 (κατανόηση της ΣΕΜ) και κατηγορία 0 (μη κατανόηση της ΣΕΜ). Επιπλέον, για τη μεταβλητή προϋπηρεσία προέκυψαν τρεις κατηγορίες: κατηγορία 2 (21 έτη >), κατηγορία 1 (11- 20 έτη) και κατηγορία 0 (έως 10 έτη). Επίσης, για τη μεταβλητή επιμόρφωση σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ προέκυψαν δύο

κατηγορίες: κατηγορία 1 (με επιμόρφωση σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ) και κατηγορία 0 (χωρίς επιμόρφωση σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ). Αναζητώντας στοιχεία για την πιθανή συσχέτιση μεταξύ της συνολικής κατανόησης της ΣΕΜ με i) την προϋπηρεσία και ii) την επιμόρφωση των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ, προχωρήσαμε σε έλεγχο ύπαρξης συσχέτισης με τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Pearson. Αμέσως μετά, προχωρήσαμε σε έλεγχο συσχέτισης με τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Spearman και διαπιστώσαμε πως τα αποτελέσματα και στους δύο ελέγχους ταυτίζονται, οπότε σύμφωνα και με τους Howitt και Cramer (2010), στηριχθήκαμε στα αποτελέσματα του παραμετρικού στατιστικού ελέγχου του Pearson.

#### **4.4.2 Κατηγορίες και παραδείγματα απαντήσεων**

##### **4.4.2.1 Κατηγορίες και παραδείγματα απαντήσεων για την υποδεξιότητα ΔΙΑ (Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα)**

Πιο αναλυτικά, για την υποδεξιότητα ΔΙΑ δόθηκε στους εκπαιδευτικούς η δυνατότητα να απαντήσουν σε δύο ερωτήματα (1 και 2) με δύο υποερωτήματα το καθένα (1.α./1.β. και 2.α./2.β).

##### **α) Κατηγορίες απαντήσεων στα υποερωτήματα 1.α. και 2.α.**

Στα υποερωτήματα αυτά οι εκπαιδευτικοί έπρεπε να επιλέξουν το έγκυρο/κατάλληλο πείραμα από άλλα μη έγκυρα/κατάλληλα πειράματα, και να αιτιολογήσουν την επιλογή τους, στο πλαίσιο δύο διαφορετικών φυσικών φαινομένων: α) σε ένα πείραμα σχετικό με την τήξη στερεού υλικού (υποερώτημα 1.α.) και β) σε ένα πείραμα σχετικό με τον μαγνητισμό (υποερώτημα 2.α.). Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών στα υποερωτήματα 1.α. και 2.α. ομαδοποιήθηκαν σε τέσσερις κατηγορίες απαντήσεων (βλ. Πίνακα 4.9.). Η κατηγορία 0 περιλαμβάνει τις λανθασμένες απαντήσεις ή τις απαντήσεις που δεν έχουν σχέση με το ερώτημα, ενώ η κατηγορία 1 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες δεν υπάρχει καμία επιλογή, αλλά αναφέρεται η ορθή άποψή τους για το φαινόμενο. Η κατηγορία 2 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες υπάρχει σωστή επιλογή με μερικώς ορθή αιτιολόγηση ή

καθόλου αιτιολόγηση, ενώ η κατηγορία 3 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες δίνεται ορθή και πλήρης περιγραφή της ΣΕΜ.

Για παράδειγμα, στο υποερώτημα 1.α. (βλ. Παράρτημα) απαντήσεις όπως «Ο μαθητής 4 προτείνει ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, διότι διατηρεί ίδιες τις μεταβλητές της ποσότητας και του υλικού, ενώ αλλάζει τη μεταβλητή της έντασης της πηγής, που είναι και αυτή που εξετάζεται αν επηρεάζει η ένταση της θερμικής πηγής» εντάχθηκαν στην κατηγορία 3 με τίτλο «*Ορθή περιγραφή της ΣΕΜ*». Απαντήσεις όπως «Ο μαθητής 4 γιατί αλλάζει μόνο τη μεταβλητή που πρέπει» εντάχθηκαν στην κατηγορία 2 με τίτλο «*Μερικώς ορθή περιγραφή της ΣΕΜ*», διότι δεν αναφέρθηκε εάν οι υπόλοιπες μεταβλητές στο πείραμα, π.χ.η ποσότητα ή το υλικό, θα παραμείνουν σταθερές. Απαντήσεις όπως «Η ένταση της θερμικής πηγής επηρεάζει το φαινόμενο» εντάχθηκαν στην κατηγορία 1 με τίτλο «*Αναφορά στην άποψή τους (ορθή)*». Τέλος, απαντήσεις όπως «Ο μαθητής 4 και ίσως ο μαθητής 1, αν η ποσότητα δεν επηρεάζει την τήξη. Είναι σωστοί, γιατί αλλάζουν μόνο την ένταση της θερμικής πηγής» εντάχθηκαν στην κατηγορία 0 με τίτλο «*Λανθασμένη ή καμία επιλογή*».

---

**Τυπικές απαντήσεις εκπαιδευτικών**

---

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων	Υποερώτημα 1.α.	Υποερώτημα 2.α.
3	<b>Σωστή επιλογή με πλήρη αιτιολόγηση</b>	«Ο μαθητής 4 προτείνει ένα έγκυρο πείραμα, διότι διατηρεί ίδιες τις μεταβλητές της ποσότητας και του υλικού, ενώ αλλάζει τη μεταβλητή της έντασης της πηγής, που είναι και αυτή που εξετάζεται αν επηρεάζει η ένταση της θερμικής πηγής».	Το πείραμα 2 φαίνεται να είναι έγκυρο, διότι μόνο σε αυτό, μεταξύ των δύο δοκιμών, αλλάζει η μεταβλητή που θέλει να ελέγξει ο μαθητής (μέγεθος), διατηρώντας ίδιες όλες τις υπόλοιπες μεταβλητές (σχήμα μαγνήτη και απόσταση μαγνήτη-συνδετήρα).

---

2	Σωστή επιλογή με μερικώς ορθή αιτιολόγηση ή καθόλου αιτιολόγηση	«Ο μαθητής 4 γιατί αλλάζει μόνο τη μεταβλητή που πρέπει». «Μόνο ο μαθητής 4».	«Ο 2ος μαθητής γιατί εξετάζει μόνο τη μεταβλητή του μεγέθους».
1	Καμία επιλογή και αναφορά στην άποψή τους (ορθή)	Δεν υπήρξε καμία επιλογή σε αυτήν την κατηγορία, όπως για παράδειγμα θα μπορούσε να είναι η παρακάτω: «Η ένταση της θερμικής πηγής επηρεάζει το φαινόμενο»	Δεν υπήρξε καμία επιλογή σε αυτήν την κατηγορία, όπως για παράδειγμα θα μπορούσε να είναι η παρακάτω: «Οι μαγνήτες έλκουν σιδηρομαγνητικά υλικά».
0	Λανθασμένη ή καμία επιλογή	«Ο μαθητής 4 και ίσως ο μαθητής 1, αν η ποσότητα δεν επηρεάζει την τήξη. Είναι σωστοί, γιατί αλλάζουν μόνο την ένταση της θερμικής πηγής».  «Ο μαθητής 2».	«Πείραμα 2 ίδιο υλικό και απόσταση με ίδιο μέγεθος μαγνήτη. Πείραμα 4 ίδιος μαγνήτης και υλικό με διαφορετική απόσταση».

**Πίνακας 4.9.** Κατηγορίες και παραδείγματα απαντήσεων στα υποερωτήματα 1.α. και 2.α.

### **β) Κατηγορίες απαντήσεων στα υποερωτήματα 1.β. και 2.β.**

Στα υποερωτήματα 1.β. και 2.β. οι εκπαιδευτικοί καλούνταν να αιτιολογήσουν για ποιο λόγο τα υπόλοιπα πειράματα δεν είναι έγκυρα/κατάλληλα, δηλαδή να περιγράψουν τον συλλογισμό πάνω στον οποίο βασίστηκαν, για να απορρίψουν καθένα από τα πειράματα που θεώρησαν μη έγκυρα ή μη κατάλληλα για κάθε προτεινόμενο φαινόμενο. Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών στα υποερωτήματα 1.β. και 2.β. ομαδοποιήθηκαν στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες (βλ. Πίνακα 4.10.). Η κατηγορία 0 περιλαμβάνει τις λανθασμένες απαντήσεις ή τις απαντήσεις που δεν έχουν σχέση με το ερώτημα, ενώ η κατηγορία 1 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες δεν υπάρχει καμία επιλογή, αλλά αναφέρεται η ορθή άποψή τους για το φαινόμενο. Η κατηγορία 2 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες υπάρχει σωστή επιλογή με μερικώς ορθή αιτιολόγηση ή καθόλου αιτιολόγηση, ενώ η κατηγορία 3 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες δίνεται ορθή και πλήρης περιγραφή της ΣΕΜ.

Για παράδειγμα, στο υποερώτημα 2.β. (βλ. Παράρτημα) απαντήσεις όπως «1ος μαθητής: αλλάζει την απόσταση και όχι το μέγεθος του μαγνήτη, 3<sup>ος</sup> μαθητής: αλλάζει τα πάντα, 4<sup>ος</sup> μαθητής: αλλάζει μόνο την απόσταση που δε μας ενδιαφέρει» εντάχθηκαν στην κατηγορία 3 με τίτλο «*Ορθή αιτιολόγηση*». Απαντήσεις όπως «Οι μαθητές 3 και 4, επειδή έχουν αλλάξει και τις δύο μεταβλητές» εντάχθηκαν στην κατηγορία 2 με τίτλο «*Μερικώς ορθή αιτιολόγηση*», είτε γιατί οι εκπαιδευτικοί δεν αναφέρονται και στους τρεις μαθητές, είτε γιατί δεν αναγνωρίζουν όλα τα σχεδιαστικά λάθη των μαθητών. Απαντήσεις όπως «Οι μαγνήτες έλκουν σιδηρομαγνητικά υλικά» εντάχθηκαν στην κατηγορία 1 με τίτλο «*Αναφορά στην άποψή τους (ορθή)*». Τέλος, απαντήσεις όπως «Δεν έχουν την ίδια μάζα» εντάχθηκαν στην κατηγορία 0 με τίτλο «*Ασαφείς, άσχετες ή καμία απάντηση*».

---

**Τυπικές απαντήσεις εκπαιδευτικών**

---

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων	Υποερώτημα 1.β.	Υποερώτημα 2.β.
<b>3</b>	<b>Ορθή αιτιολόγηση</b>	<p>«Πείραμα μαθητή 1: αλλάζει την ένταση πηγής (1 στη δοκιμή 1, και 2 στη δοκιμή 2), αλλά αλλάζει και την ποσότητα (10 γρ. στη δοκιμή 1, 20 γρ. στη δοκιμή 2). Επομένως, δε μπορεί να έχει έγκυρο πείραμα αλλάζοντας 2 μεταβλητές. Θα έπρεπε να αλλάξει μόνο τη μεταβλητή της έντασης της πηγής, που τον ενδιαφέρει.</p> <p>Πείραμα μαθητή 2: φαίνεται πως το πείραμα αυτό θα μπορούσε να είναι έγκυρο αν εξέταζε την επιρροή του υλικού στο γρήγορο λιώσιμο. Όμως, αφού εξετάζεται η ένταση της πηγής, δεν είναι έγκυρο γιατί διατηρεί την ένταση, και την ποσότητα, αλλά αλλάζει το υλικό (σοκολάτα στη δοκιμή 1, πάγο στη δοκιμή 2).</p> <p>Πείραμα μαθητή 3: ο μαθητής, εδώ,</p>	<p>«1ος μαθητής: αλλάζει την απόσταση και όχι το μέγεθος του μαγνήτη</p> <p>3ος μαθητής: αλλάζει τα πάντα.</p> <p>4ος μαθητής: αλλάζει μόνο την απόσταση που δε μας ενδιαφέρει».</p>

---

		αλλάζει και τις 3 μεταβλητές. Επομένως δεν επιχειρεί έγκυρο πείραμα. Θα έπρεπε να διατηρήσει ίδιες τις μεταβλητές της ποσότητας και του υλικού, και να αλλάξει μόνο τη μεταβλητή της έντασης της πηγής».	
<b>2</b>	<b>Μερικώς ορθή αιτιολόγηση</b>	«Γιατί το υλικό και η ποσότητα πρέπει να είναι ίδια ώστε η μόνη μεταβλητή στο πείραμα να είναι η ποσότητα της θερμότητας».  «Μαθητής 2: δεν αλλάζει την ένταση που μας ενδιαφέρει. Μαθητής 3: αλλάζει την ένταση αλλά και την ποσότητα και το υλικό».	«Οι μαθητές 3 και 4, επειδή έχουν αλλάξει και τις δύο μεταβλητές».  «Δεν κρατούσαν σταθερές τις μεταβλητές που δεν ενδιέφεραν να μελετηθούν».
<b>1</b>	<b>Αναφορά στη άποψή τους (ορθή)</b>	«Μόνο η ένταση της θερμικής πηγής επηρεάζει το φαινόμενο»	«Οι μαγνήτες έλκουν μόνο σιδηρομαγνητικά υλικά».
<b>0</b>	<b>Ασαφείς, άσχετες καμία απάντηση.</b>	«Μόνο ο μαθητής 2 δεν ελέγχει την ένταση της πηγής».  «Δεν έχουν ίδια ποσότητα ύλης».	«Δεν έχουν την ίδια μάζα».  «Λόγω μεγέθους του μαγνήτη».

**Πίνακας 4.10.** Κατηγορίες και παραδείγματα απαντήσεων στα υποερωτήματα 1.β. και 2.β.

#### **4.4.2.2 Κατηγορίες και παραδείγματα απαντήσεων για την υποδεξιότητα EPM (Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων)**

Για την υποδεξιότητα EPM δόθηκε στους εκπαιδευτικούς η δυνατότητα να απαντήσουν σε δύο ερωτήματα (3 και 4). Στα ερωτήματα αυτά οι εκπαιδευτικοί έπρεπε να επιλέξουν τις προτάσεις που παρουσιάζουν τα στοιχεία του πειράματος, τα οποία ο μαθητής θεώρησε σημαντικά για να μπορέσει να καταλήξει σε αυτό το σωστό συμπέρασμα, στο πλαίσιο δύο διαφορετικών φυσικών φαινομένων: α) σε ένα πείραμα σχετικό με την ελεύθερη πτώση ενός αλεξιπτώτου (ερώτημα 3) και β) σε ένα πείραμα

σχετικό με τη μάζα ενός light αναψυκτικού (ερώτημα 4). Για τα ερωτήματα 3 και 4 οι επιλογές των εκπαιδευτικών ομαδοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες απαντήσεων. Η κατηγορία 0 περιλαμβάνει τις λανθασμένες επιλογές ενώ η κατηγορία 1 περιλαμβάνει τις επιλογές στις οποίες υπάρχει πλήρης κατανόηση της ΣΕΜ. Για παράδειγμα, στο ερώτημα 3 απαντήσεις στις οποίες οι εκπαιδευτικοί επέλεξαν τις προτάσεις όπου μεταβάλλεται μόνο η υπό έλεγχο μεταβλητή (μέγεθος αλεξίπτωτου) και διατηρούνται σταθερές οι άλλες δύο μεταβλητές (σχήμα και υλικό του αλεξίπτωτου) εντάχθηκαν στην κατηγορία 1. Όλες οι άλλες απαντήσεις εντάχθηκαν στην κατηγορία 0. Επιπλέον, για την κατηγορία 0 προκύπτουν πέντε υποκατηγορίες, εκ των οποίων η καθεμία αναφέρεται σε ένα από τα έξι σχεδιαστικά λάθη. Τα ερωτήματα 3 και 4 ήταν σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0στ (oos), όπου σχεδιάζεται μία μόνο πειραματική δοκιμή, δεν εμφανίζεται σε καμία απάντηση και γι' αυτόν τον λόγο δε συμπεριλαμβάνεται στον Πίνακα 4.11.

Πρόταση	Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 3							
	1 (cvs)	0α (cwn)		0β (ce-1)		0γ (ce-2)	0δ (nce)	0ε (hotat)
Ότι το μέγεθος των δύο αλεξίπτωτων είναι διαφορετικό (μικρό/μεγάλο).	ναι	όχι	όχι	ναι	ναι	ναι	όχι	όχι
Ότι το υλικό των δύο αλεξίπτωτων είναι ίδιο (ύφασμα).	ναι	ναι	όχι	ναι	όχι	όχι	ναι	όχι
Ότι το σχήμα των δύο αλεξίπτωτων είναι ίδιο (μεγάλο).	ναι	όχι	ναι	όχι	ναι	όχι	ναι	όχι
Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 4								
Ότι το είδος της λεμονάδας είναι διαφορετικό (κανονική/light).	ναι	όχι	όχι	ναι	ναι	ναι	όχι	όχι
Ότι το περιεχόμενο των δύο μπουκαλιών είναι ίδιο (λεμονάδα).	ναι	ναι	όχι	ναι	όχι	όχι	ναι	όχι
Ότι το δοχείο που περιέχει τη λεμονάδα είναι ίδιο (πλαστικό μπουκάλι).	ναι	όχι	ναι	όχι	ναι	όχι	ναι	όχι
cvs – Πλήρης κατανόηση της ΣΕΜ. cwn- Ελέγχεται η λανθασμένη μεταβλητή. ce-1- Εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλεται επιπλέον μία. ce-2- Εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλονται επιπλέον δύο. nce- Διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές. hotat – Διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά.								

**Πίνακας 4.11.** Κατηγορίες απαντήσεων στα ερωτήματα 3 και 4

#### 4.4.2.3 Κατηγορίες και παραδείγματα απαντήσεων για την υποδεξιότητα ΣΧΕ (Σχεδιασμός έγκυρων πειραμάτων)

Για την υποδεξιότητα ΣΧΕ δόθηκε στους εκπαιδευτικούς η δυνατότητα να απαντήσουν σε δύο ερωτήματα (5 και 6) με δύο υποερωτήματα το καθένα (5.α./5.β. και 6.α./6.β).

##### α) Κατηγορίες απαντήσεων στα υποερωτήματα 5.α. και 6.α.

Στα υποερωτήματα αυτά οι εκπαιδευτικοί έπρεπε να περιγράψουν ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, το οποίο θα πρέπει να σχεδιάσει ένας μαθητής για να μπορέσει να ελέγξει την αρχική του υπόθεση στο πλαίσιο δύο διαφορετικών φυσικών φαινομένων: α) σε ένα πείραμα σχετικό με τη σχέση ανάμεσα στο χρώμα μιας επιφάνειας και την αύξηση της θερμοκρασίας της (υποερώτημα 5.α.) και β) σε ένα πείραμα σχετικό με τη σχέση ανάμεσα στην ένταση με την οποία ακτινοβολεί ένας λαμπτήρας και την τάση της μπαταρίας με την οποία είναι συνδεδεμένος (υποερώτημα 6.α.). Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών ομαδοποιήθηκαν στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες απαντήσεων (βλ. Πίνακα 4.12.) για τα υποερωτήματα 5.α. και 6.α. Η κατηγορία 0 περιλαμβάνει τις λανθασμένες απαντήσεις ή τις απαντήσεις που δεν έχουν σχέση με το ερώτημα, ενώ η κατηγορία 1 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες δεν υπάρχει καμία περιγραφή, αλλά αναφέρεται η ορθή άποψή τους για το φαινόμενο. Η κατηγορία 2 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες υπάρχει σωστή επιλογή με μερικώς ορθή περιγραφή ή καμία περιγραφή, ενώ η κατηγορία 3 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες δίνεται ορθή και πλήρης περιγραφή της ΣΕΜ.

Για παράδειγμα, στο υποερώτημα 5.α. (βλ. Παράρτημα) απαντήσεις όπως «Ο μαθητής προκειμένου να πραγματοποιήσει το πείραμα, θα πρέπει να λάβει υπόψη του ότι θα πρέπει να είναι διαφορετική μόνο η μεταβλητή του χρώματος του χαρτονιού, ενώ όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές (μέγεθος χαρτονιού, ίδιο μέγεθος λάμπας πυράκτωσης), να είναι ίδιες» εντάχθηκαν στην κατηγορία 3 με τίτλο «*Ορθή περιγραφή της ΣΕΜ*». Απαντήσεις όπως «Θα τοποθετήσει τα δύο χαρτόνια διαφορετικού χρώματος το ένα δίπλα στο άλλο. Το θερμόμετρο κάτω από αυτά και τις λάμπες πυράκτωσης από πάνω σε απόσταση ίδια» εντάχθηκαν στην κατηγορία 2 με τίτλο «*Μερικώς ορθή περιγραφή της ΣΕΜ*», διότι δεν αναφέρθηκε εάν οι υπόλοιπες μεταβλητές στο πείραμα, π.χ. μέγεθος χαρτονιού ή ίδιο μέγεθος λάμπας πυράκτωσης θα παραμείνουν σταθερές. Απαντήσεις όπως «Τα σκουρόχρωμα απορροφούν ακτινοβολία του ήλιου» εντάχθηκαν στην κατηγορία 1 με τίτλο «*Αναφορά στην άποψη*



τους (ορθή)». Τέλος, απαντήσεις όπως «Ο δάσκαλος μάλλον θα το φτιάξει. Ο μαθητής για να το σχεδιάσει και να το κάνει θέλει πάρα πολύ χρόνο» εντάχθηκαν στην κατηγορία 0 με τίτλο «Λανθασμένες, ασαφείς, άσχετες ή καμία απάντηση».

### Τυπικές απαντήσεις εκπαιδευτικών

A/A	Κατηγορίες απαντήσεων	Υποερώτημα 5.α.	Υποερώτημα 6.α.
3	Ορθή περιγραφή της ΣΕΜ.	«Ο μαθητής προκειμένου να πραγματοποιήσει το πείραμα, θα πρέπει να λάβει υπόψη του ότι θα πρέπει να είναι διαφορετική μόνο η μεταβλητή του χρώματος του χαρτονιού, ενώ όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές (μέγεθος χαρτονιού, ίδιο μέγεθος λάμπας πυράκτωσης), να είναι ίδιες»	«Ο μαθητής προκειμένου να πραγματοποιήσει το πείραμα, θα πρέπει να λάβει υπόψη του ότι θα πρέπει να είναι διαφορετική μόνο η μεταβλητή της τάσης της μπαταρίας, ενώ όλες οι υπόλοιπες μεταβλητές (μέγεθος λαμπτήρα, μήκος καλωδίων), να είναι ίδιες».
2	Μερικώς ορθή περιγραφή της ΣΕΜ.	«Θα τοποθετήσει τα δύο χαρτόνια διαφορετικού χρώματος το ένα δίπλα στο άλλο. Το θερμόμετρο κάτω από αυτά και τις λάμπες πυράκτωσης από πάνω σε απόσταση ίδια».	«Πρέπει να φτιάξει δύο κυκλώματα ακριβώς ίδια, αλλά να αλλάζει μόνο η μπαταρία. Έπειτα, αφού συνδέσει τις δύο μπαταρίες, θα παρατηρήσει τότε ανάβει περισσότερο η λάμπα».
1	Αναφορά στην άποψή τους (ορθή).	«Τα σκουρόχρωμα απορροφούν ακτινοβολία του ήλιου».	Δεν υπήρξε καμία επιλογή σε αυτήν την κατηγορία, όπως για παράδειγμα θα μπορούσε να είναι η παρακάτω: «Με μπαταρία τάσης 3V ο λαμπτήρας ίσως δεν ανάψει καθόλου, ενώ με 9V θα ανάψει κανονικά».

<b>0</b>	<b>Λανθασμένες, ασαφείς, άσχετες ή καμία απάντηση.</b>	«Δεν ξέρω. Είναι δύσκολο για το νηπιαγωγείο». «Ο δάσκαλος μάλλον θα το φτιάξει. Ο μαθητής για να το σχεδιάσει και να το κάνει θέλει πάρα πολύ χρόνο»	«Ο μαθητής θα συνδέσει τους λαμπτήρες με τις μπαταρίες μέσω των καλωδίων».
----------	--	---	--

**Πίνακας 4.12.** Κατηγορίες απαντήσεων στα υποερωτήματα 5.α. και 6.α.

### **β) Κατηγορίες απαντήσεων στα υποερωτήματα 5.β. και 6.β.**

Στα υποερωτήματα 5.β. και 6.β. οι εκπαιδευτικοί καλούνταν να περιγράψουν τον συλλογισμό πάνω στον οποίο βασίστηκε ο μαθητής, για να καταλήξει σε συμπέρασμα, σχετικό με την αρχική του υπόθεση. Οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών ομαδοποιήθηκαν στις παρακάτω τέσσερις κατηγορίες απαντήσεων για τα υποερωτήματα 5.β. και 6.β. (βλ. Πίνακα 4.13.). Η κατηγορία 0 περιλαμβάνει τις λανθασμένες απαντήσεις ή τις απαντήσεις που δεν έχουν σχέση με το ερώτημα, ενώ η κατηγορία 1 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες δεν υπάρχει καμία επιλογή, αλλά αναφέρουν την ορθή άποψή τους για το φαινόμενο. Η κατηγορία 2 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες υπάρχει σωστή επιλογή με μερικώς ορθή αιτιολόγηση ή καθόλου αιτιολόγηση, ενώ η κατηγορία 3 περιλαμβάνει τις απαντήσεις στις οποίες δίνεται ορθή και πλήρης περιγραφή της ΣΕΜ.

Για παράδειγμα, στο υποερωτήμα 6.β. (βλ. Παράρτημα) απαντήσεις όπως «Ο μαθητής σκέφτηκε ότι αφού η λάμπα ακτινοβολεί περισσότερο στον λαμπτήρα που έχει μεγαλύτερη μπαταρία, τότε η τάση μιας μπαταρίας επηρεάζει την ακτινοβολία μιας λάμπας ή τη λειτουργία μιας συσκευής» εντάχθηκαν στην κατηγορία 3 με τίτλο «*Ορθή αιτιολόγηση*». Απαντήσεις όπως «Παρατηρώντας την ακτινοβολία στους δύο λαμπτήρες θα καταλάβει ότι το μέγεθος μιας μπαταρίας παίζει σημαντικό ρόλο σε ένα κύκλωμα» εντάχθηκαν στην κατηγορία 2 με τίτλο «*Μερικώς ορθή αιτιολόγηση*», διότι δεν αναφέρονται στη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο δοκιμών. Απαντήσεις όπως «Όσα περισσότερα volt τόσο πιο δυνατό θα είναι το φως εντάχθηκαν στην κατηγορία 1 με τίτλο «*Αναφορά στην άποψή τους (ορθή)*». Τέλος, απαντήσεις όπως «Δεν ξέρω. Είναι δύσκολο για το νηπιαγωγείο. Δεν τα έχω κάνει ποτέ» εντάχθηκαν στην κατηγορία 0 με τίτλο «*Ασαφείς, άσχετες ή καμία απάντηση*».

**Τυπικές απαντήσεις εκπαιδευτικών**

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων	Ερώτημα 5.β.	Ερώτημα 6.β.
<b>3</b>	<b>Ορθή αιτιολόγηση</b>	«Ο μαθητής σκέφτηκε πως αφού το θερμόμετρο ανεβαίνει πιο πολύ όταν είναι στο μαύρο χαρτόνι, τότε σίγουρα μια σκουρόχρωμη επιφάνεια απορροφά περισσότερη θερμότητα από ό,τι μια ανοιχτόχρωμη επιφάνεια».	«Ο μαθητής σκέφτηκε ότι αφού η λάμπα ακτινοβολεί περισσότερο στον λαμπτήρα που έχει μεγαλύτερη μπαταρία, τότε η τάση μιας μπαταρίας επηρεάζει την ακτινοβολία μιας λάμπας ή τη λειτουργία μιας συσκευής».
<b>2</b>	<b>Μερικώς ορθή αιτιολόγηση</b>	«Ο μαθητής θα παρατηρήσει τα θερμόμετρα, δηλαδή θα καταγράφει την άνοδο της θερμοκρασίας σε καθένα από τα θερμόμετρα μετά από 1 sec, 2 sec, 3sec κ.ο.κ. Θα καταλάβει με αυτόν τον τρόπο ότι στο μαύρο χαρτόνι η θερμοκρασία ανεβαίνει πολύ γρήγορα».	«Παρατηρώντας την ακτινοβολία στους δύο λαμπτήρες θα καταλάβει ότι το μέγεθος μιας μπαταρίας παίζει σημαντικό ρόλο σε ένα κύκλωμα».
<b>1</b>	<b>Αναφορά στη άποψή τους (ορθή)</b>	«Τα σκούρα χρώματα απορροφούν περισσότερη θερμότητα».	«Όσα περισσότερα volt τόσο πιο δυνατό θα είναι το φως».
<b>0</b>	<b>Ασαφείς, άσχετες ή καμία απάντηση.</b>	«Έπρεπε να σκεφτεί ότι μόνο το χρώμα θα πρέπει να αλλάζει ώστε να εξετάσει μόνο μία μεταβλητή».	«Δεν ξέρω. Είναι δύσκολο για το νηπιαγωγείο. Δεν τα έχω κάνει ποτέ»  «Δεν ξέρω».

**Πίνακας 4.13.** Κατηγορίες απαντήσεων στα υποερωτήματα 5.β. και 6.β.

#### 4.4.2.4 Κατηγορίες και παραδείγματα απαντήσεων για την υποδεξιότητα ΚΑΤ (Κατανόηση του λόγου που ένα πείραμα δεν είναι έγκυρο)

Για την υποδεξιότητα ΚΑΤ δόθηκε στους εκπαιδευτικούς η δυνατότητα να απαντήσουν σε δύο ερωτήματα (7 και 8). Στα ερωτήματα αυτά οι εκπαιδευτικοί έπρεπε να επιλέξουν τη μεταβλητή εκείνη που θεωρούσαν ότι ο μαθητής έλαβε υπόψη του για να καταλήξει σε σωστό συμπέρασμα, στο πλαίσιο δύο διαφορετικών φυσικών φαινομένων: α) σε ένα πείραμα σχετικό με τη βύθιση μιας βάρκας (ερώτημα 7) και β) σε ένα πείραμα σχετικό με την κίνηση ενός γυμνοσάλιαγκα σε επίπεδη επιφάνεια (ερώτημα 8). Για τα ερωτήματα 7 και 8 οι επιλογές των εκπαιδευτικών ομαδοποιήθηκαν σε δύο κατηγορίες απαντήσεων. Η κατηγορία 0 περιλαμβάνει τις λανθασμένες επιλογές ενώ η κατηγορία 1 περιλαμβάνει τις επιλογές στις οποίες υπάρχει πλήρης κατανόηση της ΣΕΜ. Για παράδειγμα, στο ερώτημα 7 απαντήσεις στις οποίες οι εκπαιδευτικοί επέλεξαν τις προτάσεις όπου μεταβάλλεται μόνο η υπό έλεγχο μεταβλητή (υλικό βάρκας) και διατηρούνται σταθερές οι άλλες δύο μεταβλητές (σχήμα και μέγεθος βάρκας) εντάχθηκαν στην κατηγορία 1. Όλες οι άλλες απαντήσεις εντάχθηκαν στην κατηγορία 0. Επιπλέον, για την κατηγορία 0 προκύπτουν πέντε υποκατηγορίες, εκ των οποίων η καθεμία αναφέρεται σε ένα από τα έξι σχεδιαστικά λάθη. Τα ερωτήματα 7 και 8 ήταν σχεδιασμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0στ (00ε), όπου σχεδιάζεται μία μόνο πειραματική δοκιμή, δεν εμφανίζεται σε καμία απάντηση και γι' αυτόν τον λόγο δε συμπεριλαμβάνεται στον Πίνακα 4.14.

Πρόταση	Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 7							
	1 (cvs)	0α (cww)		0β (ce-1)		0γ (ce-2)	0δ (nce)	0ε (hotat)
Ότι το υλικό στις δύο βάρκες είναι διαφορετικό (ξύλο/μέταλλο).	ναι	όχι	όχι	ναι	ναι	ναι	όχι	όχι
Ότι το σχήμα στις δύο βάρκες είναι διαφορετικό (κυκλικό/μυτερό).	όχι	ναι	όχι	ναι	όχι	ναι	όχι	όχι
Ότι το μέγεθος στις δύο βάρκες είναι ίδιο (μεγάλο).	ναι	ναι	όχι	όχι	ναι	όχι	ναι	όχι
	Κατηγορίες απαντήσεων στο ερώτημα 8							

Ότι το είδος της επιφάνειας διαφορετικό (χορτάρι/πέτρα).	ναι	όχι	όχι	ναι	ναι	ναι	όχι	όχι
Ότι το μέγεθος των σαλιγκαριών διαφορετικό (μικρό/μεγάλο).	όχι	ναι	όχι	ναι	όχι	ναι	όχι	όχι
Ότι το είδος των σαλιγκαριών είναι ίδιο (γυμνοσάλιαγκας).	ναι	ναι	όχι	όχι	ναι	όχι	ναι	όχι
cvs – Πλήρης κατανόηση της ΣΕΜ. cwn- Ελέγχεται η λανθασμένη μεταβλητή. ce-1- Εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλεται επιπλέον μία. ce-2- Εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλονται επιπλέον δύο. nce- Διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές. hotat – Διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά.								

**Πίνακας 4.14.** Κατηγορίες απαντήσεων στα ερωτήματα 7 και 8

#### 4.5 Θέματα εγκυρότητας και αξιοπιστίας

Ξεκινώντας από τη φάση του σχεδιασμού της έρευνας, επιλέχθηκε και εφαρμόστηκε ένα κατάλληλο χρονοδιάγραμμα για την ολοκλήρωσή της. Επίσης, δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στην επιλογή της κατάλληλης μεθοδολογίας για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων. Πιο συγκεκριμένα, στα ποσοτικά δημογραφικά δεδομένα έγινε μονομεταβλητή ποσοτική ανάλυση για καθεμία μεταβλητή ξεχωριστά, στα ποσοτικά δεδομένα των ερωτήσεων κλειστού και ανοιχτού τύπου του ερωτηματολογίου έγινε απλή περιγραφική στατιστική ανάλυση και τέλος για τα ποιοτικά δεδομένα που προέκυψαν από τις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, ακολουθήθηκε η παραγωγική διαδικασία και έγινε ανάλυση περιεχομένου. Προκειμένου να ελέγξουμε την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ για το σύνολο των ερωτημάτων, υπολογίσαμε τον συντελεστή cronbach's Alpha για το σύνολο των ερωτήσεων και έπειτα προχωρήσαμε στον υπολογισμό της μέσης επίδοσης στην κατανόηση της ΣΕΜ για κάθε εκπαιδευτικό. Αναζητώντας στοιχεία για την πιθανή συσχέτιση μεταξύ της συνολικής κατανόησης της ΣΕΜ με i) την προϋπηρεσία και ii) την επιμόρφωση των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών προχωρήσαμε σε έλεγχο ύπαρξης συσχέτισης με τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Pearson και αμέσως μετά με τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Spearman (βλ. 4.4.1).

Συγχρόνως, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην επιλογή των δύο κατάλληλων και έγκυρων ερευνητικών εργαλείων, από τη σύνθεση των οποίων προέκυψε το ερευνητικό εργαλείο για τη συλλογή των δεδομένων (βλ. 4.3.1), με την επιλογή

ερωτήσεων ικανών να συλλάβουν την πολυπλοκότητα των ερευνητικών ερωτημάτων ή την αποφυγή κάθε λογής ασάφειας ή των καθοδηγητικών ερωτήσεων. Χάρη στη βολική δειγματοληψία που προτιμήθηκε κατά το στάδιο της συλλογής των δεδομένων, επιτεύχθηκε η αποφυγή των ποσοστών διαρροής των συμμετεχόντων (βλ. 4.2). Κατά το στάδιο της ανάλυσης των δεδομένων επιλέχθηκε η κατηγοριοποίηση μέσω συγκεκριμένων κατηγοριών, που εντοπίστηκαν στη βιβλιογραφία (βλ. 4.4.1).

## **5<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας και περιλαμβάνει έξι ενότητες. Η πρώτη ενότητα αναφέρεται στα αποτελέσματα για τις απόψεις των εκπαιδευτικών για την υποδεξιότητα ΔΙΑ (βλ. ενότητα 5.1). Η δεύτερη ενότητα αναφέρεται στα αποτελέσματα για τις απόψεις των εκπαιδευτικών για την υποδεξιότητα ΕΡΜ (βλ. ενότητα 5.2). Η τρίτη ενότητα αναφέρεται στα αποτελέσματα για τις απόψεις των εκπαιδευτικών για την υποδεξιότητα ΣΧΕ (βλ. ενότητα 5.3). Η τέταρτη ενότητα αναφέρεται στα αποτελέσματα για τις απόψεις των εκπαιδευτικών για την υποδεξιότητα ΚΑΤ (βλ. ενότητα 5.4). Η πέμπτη ενότητα αναφέρεται στα αποτελέσματα για τα σχεδιαστικά λάθη των πειραματικών διαδικασιών που εμφανίζονται και στις τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ (βλ. ενότητα 5.5). Τέλος, η έκτη ενότητα αναφέρεται στη σχέση του βαθμού κατανόησης της μεθόδου ΣΕΜ με δύο δημογραφικά χαρακτηριστικά i) την προϋπηρεσία των εκπαιδευτικών και ii) την επιμόρφωσή τους στις ΦΕ (βλ. ενότητα 5.6).

### **5.1 Αποτελέσματα για την υποδεξιότητα ΔΙΑ (Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα)**

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων στα υποερωτήματα 1.α., 1.β., 2.α. και 2.β., τα οποία αφορούν στις απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την υποδεξιότητα ΔΙΑ, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο ΣΕΜ, δηλαδή όταν αναπτύσσουν την ικανότητα διάκρισης ενός έγκυρου/κατάλληλου από ένα μη έγκυρο/κατάλληλο πείραμα.

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων	Απαντήσεις εκπαιδευτικών			
		Υποερώτημα 1.α.		Υποερώτημα 2.α.	
		n	%	n	%
3	Σωστή επιλογή με πλήρη αιτιολόγηση	11	13%	12	14,3%
2	Σωστή επιλογή με μερικώς ορθή αιτιολόγηση ή καθόλου αιτιολόγηση	47	56%	56	66,7%
1	Καμία επιλογή και αναφορά στην άποψή τους (ορθή)	0	0%	0	0%
0	Λανθασμένη ή καμία επιλογή	26	31%	16	19%
	<b>Σύνολο:</b>	84	100%	84	100%

**Πίνακας 5.1.** Αποτελέσματα απαντήσεων στα υποερωτήματα 1.α. και 2.α.

- **Υποερώτημα 1.α.:** Σε αυτό το υποερώτημα 58 (69%) από τους 84 εκπαιδευτικούς επέλεξαν σωστά το 4<sup>ο</sup> πείραμα, αλλά μόνο οι 11 (13%) από αυτούς αιτιολόγησαν σωστά την επιλογή τους και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 3. Οι υπόλοιποι 47 (56%) είχαν μερικώς ορθή ή καθόλου αιτιολόγηση, οπότε οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 2. Αξιοσημείωτο είναι ότι στην κατηγορία 1, όπου εντάσσονται οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών που δεν έκαναν καμία επιλογή, αλλά ανέφεραν την ορθή άποψή τους για το φαινόμενο της τήξης στερεού υλικού, δεν υπήρξε καμία απάντηση, ενώ εξίσου σημαντικό στοιχείο αποτελεί το υψηλό ποσοστό (31%), δηλαδή, ότι περίπου ένας στους τρεις εκπαιδευτικούς που συμμετείχαν στην έρευνα επέλεξαν τη λάθος επιλογή ή δεν έκαναν καμία επιλογή και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 0 (βλ. Πίνακα 5.1.).
- **Υποερώτημα 2.α.:** Σε αυτό το υποερώτημα 68 (81%) εκπαιδευτικοί επέλεξαν σωστά το 2<sup>ο</sup> πείραμα, αλλά μόνο οι 12 (14,3%) από αυτούς αιτιολόγησαν σωστά την επιλογή τους, οπότε οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 3. Οι υπόλοιποι 56 (66,7%) είχαν μερικώς ορθή ή καμία αιτιολόγηση, οπότε οι

απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 2. Και σε αυτό το υποερώτημα δεν υπήρξε καμία απάντηση στην κατηγορία 1, όπου εντάσσονται οι απαντήσεις των εκπαιδευτικών που δεν έκαναν καμία επιλογή, αλλά ανέφεραν την ορθή άποψή τους για το φαινόμενο του μαγνητισμού. Επιπλέον, 16 (19%) εκπαιδευτικοί επέλεξαν λάθος πείραμα ή δεν έκαναν καμία επιλογή και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 0 (βλ. Πίνακα 5.1.).

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις μεταξύ των υποερωτημάτων 1.α. και 2.α., παρατηρούμε ότι στο υποερώτημα 2.α., το οποίο αναφέρεται σε ένα πείραμα με μαγνήτες, υπήρχε ελαφρώς υψηλότερο ποσοστό απαντήσεων στην κατηγορία 2 σε σχέση με το υποερώτημα 1.α., το οποίο αναφέρεται σε ένα πείραμα τήξης στερεών υλικών. Επίσης, παρατηρούμε ότι και στα δύο αυτά υποερωτήματα δεν υπήρχε καμία απάντηση στην κατηγορία 1, δηλαδή κανένας εκπαιδευτικός δεν ανέφερε την ορθή άποψή του για το φαινόμενο της τήξης ή του μαγνητισμού. Τέλος, και στα δύο υποερωτήματα υπάρχει ένα αρκετά υψηλό ποσοστό απαντήσεων που εντάχθηκαν στην κατηγορία 0.

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων	Απαντήσεις εκπαιδευτικών			
		Υποερώτημα 1.β.		Υποερώτημα 2.β.	
		n	%	n	%
3	Ορθή αιτιολόγηση	9	10,7%	14	16,7%
2	Μερικώς ορθή αιτιολόγηση	60	71,4%	56	66,7%
1	Αναφορά στη άποψή τους (ορθή)	2	2,4%	1	1,2%
0	Ασαφείς, άσχετες ή καμία απάντηση.	13	15,5%	13	15,5%
	<b>Σύνολο:</b>	84	100%	84	100%

**Πίνακας 5.2.** Αποτελέσματα απαντήσεων στα υποερωτήματα 1.β. και 2.β.



- **Υποερώτημα 1.β.:** Σε αυτό το υποερώτημα 60 (71,4%) εκπαιδευτικοί από τους 84 αιτιολόγησαν μερικώς ορθά για ποιο λόγο απέκλεισαν τα υπόλοιπα μη έγκυρα/κατάλληλα πειράματα και γι'αυτόν τον λόγο οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 2. Από το σύνολο των απαντήσεων οι 13 (15,5%) ήταν ασαφείς, άσχετες ή δεν υπήρξε καμία απάντηση, π.χ. η απάντηση «Δεν ξέρω», οπότε και εντάχθηκαν στην κατηγορία 0. Μόλις 9 (10,7%) εκπαιδευτικοί απάντησαν πλήρως στην ερώτηση και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 3. Στο υποερώτημα αυτό οι απαντήσεις εντάχθηκαν και στις τέσσερις κατηγορίες, μιας και 2 (2,4%) εκπαιδευτικοί δεν αιτιολόγησαν ορθά, αλλά ανέφεραν την άποψή τους για τον συλλογισμό του μαθητή στο φαινόμενο της τήξης ενός στερεού σώματος, η οποία ήταν και ορθή (βλ. Πίνακα 5.2.).
- **Υποερώτημα 2.β.:** Σε αυτό του υποερώτημα οι 56 (66,7%) εκπαιδευτικοί από τους 84 που συμμετείχαν στην έρευνα, αναφερόμενοι στον λόγο που απέκλεισαν τα υπόλοιπα τρία μη έγκυρα/κατάλληλα πειράματα, παρουσίασαν μερικώς ορθή αιτιολόγηση και γι'αυτόν τον λόγο οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 2. Μόλις 14 (16,7%) εκπαιδευτικοί απάντησαν πλήρως στην ερώτηση και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 3. Από το σύνολο των απαντήσεων, οι 13 (15,5%) ήταν ασαφείς, άσχετες ή δεν υπήρξε καμία απάντηση, οπότε και εντάχθηκαν στην κατηγορία 0. Στο υποερώτημα αυτό οι απαντήσεις εντάχθηκαν και στις τέσσερις κατηγορίες, μιας και ένας εκπαιδευτικός (1,2%) δεν αιτιολόγησε ορθά, αλλά ανέφερε την άποψή του για τον συλλογισμό του μαθητή στο φαινόμενο του μαγνητισμού, η οποία ήταν και ορθή (βλ. Πίνακα 5.2.).

Παρατηρώντας την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων στα υποερωτήματα 1.β. και 2.β., όπου οι εκπαιδευτικοί καλούνται να αιτιολογήσουν για ποιο λόγο θεωρούν ως μη έγκυρα/κατάλληλα τα πειράματα που απέρριψαν, αντιλαμβανόμαστε ότι και στις δύο περιπτώσεις πειραμάτων (τήξη και μαγνητισμός) το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπαιδευτικών δίνει απαντήσεις που εντάσσονται στην κατηγορία 2 ή υπάρχει ένα αρκετά υψηλό ποσοστό απαντήσεων οι οποίες εντάσσονται στην κατηγορία 0. Με άλλα λόγια, διαπιστώνουμε ότι οι εκπαιδευτικοί δεν αιτιολογούν επαρκώς ή δεν αιτιολογούν καθόλου στα υποερωτήματα 1.β. και 2.β. Παρ'όλα αυτά, στα υποερωτήματα αυτά εμφανίζεται η κατηγορία 1, δηλαδή υπάρχουν εκπαιδευτικοί,

έστω και σε μικρό ποσοστό, οι οποίοι παρουσιάζουν την ορθή άποψή τους για τα φαινόμενα της τήξης ή του μαγνητισμού, αλλά δεν κάνουν καμία επιλογή.

Επιπρόσθετα, στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα στα ερωτήματα 1 και 2, στις περιπτώσεις που η απάντηση κατηγοριοποιήθηκε στην κατηγορία 0, εμφανίζονται σχεδιαστικά λάθη, τα οποία εντάχθηκαν ως εξής:

- στην κατηγορία 0α (cwn), όπου μεταβάλλεται η λανθασμένη μεταβλητή, 10 από τα 16 (62,5%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 1 και 11 από τα 13 (84,6%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 2,

- στην κατηγορία 0γ (ce-2), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές, 4 από τα 16 (25%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 1 και 1 από τα 13 (7,7%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 2,

-σε μικρότερο βαθμό στην κατηγορία 0β (ce-1), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή, 2 από τα 16 (12,5%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 1 και 1 από τα 13 (7,7%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 2 (βλ. Πίνακα 5.9.).

Τέλος, στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών και στα δύο ερωτήματα για την υποδεξιότητα ΔΙΑ δεν εμφανίζονται καθόλου οι παρακάτω τρεις κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών:

α) η κατηγορία 0δ (nce), όπου διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές,

β) η κατηγορία 0ε (hotat), όπου διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά, καθώς σύμφωνα με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, αυτό το σχεδιαστικό λάθος εμφανίζεται σε πολύ χαμηλά ποσοστά ακόμη και σε μαθητές δημοτικού (Schwichow et al., 2022) (βλ. 4.4.1) και

γ) η κατηγορία 0στ (ooe), όπου σχεδιάζεται μία μόνο πειραματική δοκιμή, καθώς ο σχεδιασμός των ερωτημάτων του ερωτηματολογίου μας είναι τέτοιος που δε δίνει τη δυνατότητα εμφάνισης της κατηγορίας αυτής (βλ. Πίνακα 5.9.).

## **5.2 Αποτελέσματα για την υποδεξιότητα EPM (Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων)**

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων στα ερωτήματα 3 και 4, τα οποία αφορούν στις απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την υποδεξιότητα EPM, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν την μέθοδο

ΣΕΜ, δηλαδή όταν φαίνεται να αναπτύσσουν την ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων από τα αποτελέσματα έγκυρων/κατάλληλων πειραμάτων.

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων	Απαντήσεις εκπαιδευτικών			
		Ερώτημα 3		Ερώτημα 4	
		n	%	n	%
1	(cvs)-Πλήρης κατανόηση της ΣΕΜ.	42	50%	40	47,6%
0	Ελλιπής ή καμία κατανόηση της ΣΕΜ.	42	50%	44	52,4%
	<b>Σύνολο:</b>	84	100%	84	100%

**Πίνακας 5.3.** Αποτελέσματα απαντήσεων στα ερωτήματα 3 και 4

▪ **Ερώτημα 3:** Στο ερώτημα αυτό 42 (50%) εκπαιδευτικοί, δηλαδή οι μισοί εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα, φαίνεται να είναι σε θέση να ερμηνεύουν ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, σχετικό με την ελεύθερη πτώση ενός αλεξίπτωτου, και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 1, οπότε οι απαντήσεις των υπόλοιπων μισών εντάχθηκαν στην κατηγορία 0 (βλ. Πίνακα 5.3.).

Επιπρόσθετα, στις απαντήσεις στο ερώτημα 3 των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα, στις περιπτώσεις που η απάντηση κατηγοριοποιήθηκε στην κατηγορία 0, εμφανίζονται σχεδιαστικά λάθη, τα οποία εντάχθηκαν ως εξής:

-στην κατηγορία 0γ (ce-2) 34 από τα 42 (81%) σχεδιαστικά λάθη όπου, μεταξύ των δύο δοκιμών, εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή (το μέγεθος του αλεξίπτωτου) μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές (το βάρος και το σχήμα του αλεξίπτωτου),

-στην κατηγορία 0α (cwn) 6 από τα 42 (14,3%) σχεδιαστικά λάθη όπου ελέγχεται η λανθασμένη μεταβλητή (το σχήμα ή το βάρος του αλεξίπτωτου) και

-σε μικρότερο βαθμό στην κατηγορία 0β (ce-1) 2 από τα 42 (4.7%) σχεδιαστικά λάθη, όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή (το μέγεθος του αλεξίπτωτου), μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή (το σχήμα ή το βάρος του αλεξίπτωτου) (βλ. Πίνακα 5.4.).

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων ως προς τα σχεδιαστικά λάθη	Απαντήσεις εκπαιδευτικών			
		Ερώτημα 3		Ερώτημα 4	
		n	%	n	%
0α	(cwn)- Ελέγχεται η λανθασμένη μεταβλητή.	6	14,3%	7	15,9%
0β	(ce-1)-Εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή.	2	4,7%	3	6,8%
0γ	(ce-2)- Εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές.	34	81%	32	72,8%
0δ	(nce)-Διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές.	0	0%	2	4,5%
0ε	(hotat) – Διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά.	0	0%	0	0%
	<b>Σύνολο:</b>	42	100%	44	100%

**Πίνακας 5.4.** Αποτελέσματα απαντήσεων ως προς τα σχεδιαστικά λάθη στα ερωτήματα 3 και 4

▪ **Ερώτημα 4:** Στο ερώτημα αυτό 40 (47,6%) εκπαιδευτικοί φαίνεται να είναι σε θέση να ερμηνεύουν ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, σχετικό με το βάρος ενός light αναψυκτικού, και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 1, ενώ οι απαντήσεις των υπόλοιπων 44 (52,4%) εντάχθηκαν στην κατηγορία 0 (βλ. Πίνακα 5.3.).

Επιπρόσθετα, στις απαντήσεις στο ερώτημα 4 των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα, στις περιπτώσεις που η απάντηση κατηγοριοποιήθηκε στην κατηγορία 0, εμφανίζονται σχεδιαστικά λάθη, τα οποία εντάχθηκαν ως εξής:

- στην κατηγορία 0γ (ce-2) 32 από τα 44 (72,8%) σχεδιαστικά λάθη όπου, μεταξύ των δύο δοκιμών, εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή (το είδος της λεμονάδας), μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές (το περιεχόμενο του μπουκαλιού και το είδος του δοχείου),

- στην κατηγορία 0α (cwn) 7 από τα 44 (15,9%) σχεδιαστικά λάθη όπου ελέγχεται η λανθασμένη μεταβλητή (το περιεχόμενο του μπουκαλιού ή το είδος του δοχείου),

-σε μικρότερο βαθμό στην κατηγορία 0β (ce-1) 3 από τα 44 (6,8%) σχεδιαστικά λάθη, όπου μεταβάλλεται η υπό έλεγχο μεταβλητή (το είδος της λεμονάδας), αλλά ταυτόχρονα μεταβάλλεται και ακόμη μία (το περιεχόμενο του μπουκαλιού ή το είδος του δοχείου) και τέλος

-στην κατηγορία 0δ (nce), όπου διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές, εντάχθηκαν 2 από τα 44 (4,5%) σχεδιαστικά λάθη (βλ. Πίνακα 5.4.).

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών μεταξύ των δύο ερωτημάτων, παρατηρούμε ότι τόσο στο ερώτημα 3 όσο και στο ερώτημα 4, μόνο οι μισοί συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικοί απαντούν σωστά οπότε οι απαντήσεις τους εντάσσονται στην κατηγορία 1, δηλαδή φαίνεται πως μόνο οι μισοί από αυτούς μπορούν να ερμηνεύσουν ορθά ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα. Από την άλλη πλευρά, οι υπόλοιποι μισοί εμφανίζουν κάποιο σχεδιαστικό λάθος.

Αξίζει να αναφερθεί, ότι και στα δύο ερωτήματα του ερωτηματολογίου για την υποδεξιότητα EPM, δεν εμφανίζεται κανένα σχεδιαστικό λάθος στην κατηγορία 0ε (hotat), όπου διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά, καθώς σύμφωνα με αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, αυτό το σχεδιαστικό λάθος εμφανίζεται σε πολύ χαμηλά ποσοστά ακόμη και σε μαθητές δημοτικού (Schwichow et al., 2022). Επιπλέον, δεν εμφανίζεται κανένα σχεδιαστικό λάθος στην κατηγορία 0στ (oos), όπου σχεδιάζουν μία μόνο πειραματική δοκιμή, καθώς ο σχεδιασμός των ερωτημάτων του ερωτηματολογίου μας είναι τέτοιος που δε δίνει τη δυνατότητα εμφάνισης της κατηγορίας αυτής (βλ. 4.4.1).

Βέβαια, αρκετοί είναι οι εκπαιδευτικοί που επέλεξαν τις προτάσεις, όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές, εμφανίζοντας το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0γ (ce-2) ή επέλεξαν τις προτάσεις όπου ελέγχεται η λανθασμένη μεταβλητή, εμφανίζοντας το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0α (cwn). Και στα δύο ερωτήματα είναι μικρό το ποσοστό των απαντήσεων των εκπαιδευτικών που εντάσσονται στην κατηγορία 0β (ce-1), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή, ενώ η κατηγορία 0δ (nce), όπου διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές, εμφανίζεται σε δύο μόνο απαντήσεις και μόνο στο 4<sup>ο</sup> ερώτημα.

### 5.3 Αποτελέσματα για την υποδεξιότητα ΣΧΕ (Σχεδιασμός έγκυρων πειραμάτων)

Στη συνέχεια, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων στα υποερωτήματα 5.α., 5.β., 6.α. και 6.β., τα οποία αφορούν στις απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την υποδεξιότητα ΣΧΕ, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν την μέθοδο ΣΕΜ, δηλαδή όταν σχεδιάζουν έγκυρα/κατάλληλα πειράματα, τα οποία μπορούν να δώσουν τεκμήρια για την εξαγωγή συμπεράσματος.

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων	Απαντήσεις εκπαιδευτικών			
		Υποερώτημα 5.α.		Υποερώτημα 6.α.	
		n	%	n	%
3	Ορθή περιγραφή της ΣΕΜ.	20	23,8%	15	17,9%
2	Μερικώς ορθή περιγραφή της ΣΕΜ.	48	57,1%	45	53,6%
1	Αναφορά στην άποψή τους (ορθή).	1	1,2%	0	0%
0	Λανθασμένες, ασαφείς, άσχετες ή καμία απάντηση.	15	17,9%	24	28,6%
	<b>Σύνολο:</b>	84	100%	84	100%

Πίνακας 5.5. Αποτελέσματα απαντήσεων στα υποερωτήματα 5.α. και 6.α.

- **Υποερώτημα 5.α.:** Στο ερώτημα αυτό και κατά φθίνουσα σειρά 48 (57,1%) εκπαιδευτικοί περιέγραψαν μερικώς ορθά το πείραμα που θα έπρεπε να σχεδιάσει ο μαθητής, για να καταλήξει σε σωστό συμπέρασμα, σχετικά με την απορρόφηση της θερμότητας από σκουρόχρωμες επιφάνειες. Οι απαντήσεις αυτών εντάχθηκαν στην κατηγορία 2. Μόνο οι 20 (23,8%) από αυτούς περιέγραψαν απόλυτα ορθά το πείραμα, δηλαδή φάνηκε να έχουν πλήρη κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ για την υποδεξιότητα αυτή, και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 3. Οι

υπόλοιποι 15 (17,9%) είχαν λανθασμένες, ασαφείς, άσχετες με τη ΣΕΜ απαντήσεις ή δεν έδωσαν απολύτως καμία απάντηση, οπότε οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 0. Ένας μόνο εκπαιδευτικός ανέφερε την ορθή άποψή του για την απορρόφηση της θερμότητας από τις σκουρόχρωμες επιφάνειες, αλλά δεν περιέγραψε ορθά και τη μέθοδο ΣΕΜ, με αποτέλεσμα η απάντησή του να ενταχθεί στην κατηγορία 1 (βλ. Πίνακα 5.5.).

- **Υποερώτημα 6.α.:** Σε αυτό το ερώτημα και κατά φθίνουσα σειρά 45 (53,6%) εκπαιδευτικοί περιέγραψαν μερικώς ορθά το πείραμα που θα έπρεπε να σχεδιάσει ο μαθητής, για να καταλήξει σε σωστό συμπέρασμα, σχετικά με τη σχέση ανάμεσα στην ένταση με την οποία ακτινοβολεί ένας λαμπτήρας και την τάση της μπαταρίας με την οποία είναι συνδεδεμένος. Οι απαντήσεις αυτών εντάχθηκαν στην κατηγορία 2 και μόλις 15 (17,9%) περιέγραψαν πλήρως τη μέθοδο ΣΕΜ. Επιπλέον, 24 (28,6%) εκπαιδευτικοί έδωσαν λανθασμένες, ασαφείς, άσχετες απαντήσεις ή δεν έδωσαν καμία απάντηση και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 0. Τέλος, στο υποερώτημα αυτό οι απαντήσεις εντάχθηκαν μόνο στις τρεις από τις τέσσερις κατηγορίες, μιας και καμία απάντηση δεν εντάχθηκε στην κατηγορία 1 (βλ. Πίνακα 5.5.).

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων	Απαντήσεις εκπαιδευτικών			
		Υποερώτημα 5.β.		Υποερώτημα 6.β.	
		n	%	n	%
3	Ορθή αιτιολόγηση	11	13,1%	15	17,9%
2	Μερικώς ορθή αιτιολόγηση	39	46,4%	36	42,5%
1	Αναφορά στη άποψή τους (ορθή)	2	2,4%	3	3,6%
0	Ασαφείς, άσχετες ή καμία απάντηση.	32	38,1%	30	35,7%
	<b>Σύνολο:</b>	84	100%	84	100%

**Πίνακας 5.6.** Αποτελέσματα απαντήσεων στα υποερωτήματα 5.β. και 6.β.

- Υποερώτημα 5.β.:** Σε αυτό το υποερώτημα 39 εκπαιδευτικοί (46,4%) περιέγραψαν μερικώς ορθά τον τρόπο με τον οποίο θα συλλογιστεί ο μαθητής για να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα, σχετικά με την απορρόφηση της θερμότητας από τις σκουρόχρωμες επιφάνειες και γι' αυτόν τον λόγο οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 2. Από το σύνολο των απαντήσεων οι 32 (38,1%) ήταν ασαφείς, άσχετες ή δεν υπήρξε καμία απάντηση, οπότε και εντάχθηκαν στην κατηγορία 0. Μόλις 11 (13,1%) εκπαιδευτικοί περιέγραψαν έναν πλήρη συλλογισμό και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 3. Στο υποερώτημα αυτό οι απαντήσεις εντάχθηκαν και στις τέσσερις κατηγορίες, μιας και 2 εκπαιδευτικοί (2,4%) δεν αιτιολόγησαν ορθά, αλλά ανέφεραν την άποψή τους για το φαινόμενο της απορρόφησης της θερμότητας, η οποία ήταν και ορθή, οπότε οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 1 (βλ. Πίνακα 5.6.).
- Υποερώτημα 6.β.:** Σε αυτό το ερώτημα στην κατηγορία 2 εντάχθηκαν οι απαντήσεις 36 (42,5%) εκπαιδευτικών, οι οποίοι περιέγραψαν μερικώς ορθά τον τρόπο με τον οποίο θα συλλογιστεί ο μαθητής για να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα, σχετικά με τη σχέση ανάμεσα στην ένταση του ηλεκτρικού λαμπτήρα και την τάση της μπαταρίας του κυκλώματος. Κατά φθίνουσα σειρά, οι απαντήσεις των υπόλοιπων εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα εντάχθηκαν σε κατηγορίες ως εξής: στην κατηγορία 0 οι απαντήσεις 30 (35,7%) εκπαιδευτικών, οι οποίοι απάντησαν με ασάφεια, έδωσαν άσχετες απαντήσεις ή δεν έδωσαν καμία απάντηση, στην κατηγορία 3 οι απαντήσεις 15 (17,9%) εκπαιδευτικών, οι οποίοι έδωσαν απαντήσεις με πλήρη αιτιολόγηση και υπήρξαν και 3 (3,6%) εκπαιδευτικοί, των οποίων οι απαντήσεις εντάχθηκαν στην κατηγορία 1, μιας και δεν αιτιολόγησαν ορθά, αλλά ανέφεραν την άποψή τους για το φαινόμενο του ηλεκτρισμού, η οποία ήταν και ορθή (βλ. Πίνακα 5.6.).

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών μεταξύ των υποερωτημάτων 5.α. και 6.α., παρατηρούμε ότι τόσο στο υποερώτημα 5.α., το οποίο αναφέρεται σε ένα πείραμα για την απορρόφηση της θερμότητας από σκουρόχρωμες επιφάνειες, όσο και στο υποερώτημα 6.α., που αναφέρεται στη σχέση μεταξύ της έντασης ενός ηλεκτρικού λαμπτήρα και της τάσης μίας μπαταρίας, υπήρχε υψηλό ποσοστό απαντήσεων στην κατηγορία 2, δηλαδή οι εκπαιδευτικοί περιγράφουν μερικώς ορθά τη ΣΕΜ. Αξίζει να σημειωθεί ότι και στα δύο υποερωτήματα, το ποσοστό των απαντήσεων των εκπαιδευτικών που ανήκουν στην κατηγορία 0 είναι αρκετά σημαντικό και μάλιστα στο υποερώτημα 6.α. το ποσοστό αυτό είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό των



απαντήσεων στην κατηγορία 3. Και σε αυτά τα ερωτήματα η κατηγορία 1 εμφανίζεται ελάχιστα ή δεν εμφανίζεται καθόλου.

Παρατηρώντας την κατηγοριοποίηση των απαντήσεων στα υποερωτήματα 5.β. και 6.β., όπου οι εκπαιδευτικοί καλούνται να αιτιολογήσουν με ποιον τρόπο θα σκεφτεί ο μαθητής για να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα, το μεγαλύτερο ποσοστό των εκπαιδευτικών δίνει απαντήσεις οι οποίες εντάσσονται στην κατηγορία 2. Με άλλα λόγια, οι εκπαιδευτικοί δεν αιτιολογούν επαρκώς ή παραλείπουν εντελώς την αιτιολόγηση. Όμως σημαντικό είναι και το ποσοστό των απαντήσεων που εντάσσονται στην κατηγορία 0, μιας και δε δίνουν σωστές ή σαφείς απαντήσεις. Παρ'όλα αυτά, στα ερωτήματα αυτά εμφανίζεται η κατηγορία 1, δηλαδή υπάρχουν εκπαιδευτικοί, έστω και σε μικρό ποσοστό, οι οποίοι παρουσιάζουν την ορθή άποψή τους για τα φαινόμενα της απορρόφησης της θερμότητας ή του ηλεκτρισμού, αλλά δεν κάνουν καμία επιλογή.

Επιπρόσθετα, στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα στα ερωτήματα 5 και 6, στις περιπτώσεις που η απάντηση κατηγοριοποιήθηκε στην κατηγορία 0, εμφανίζονται σχεδιαστικά λάθη, τα οποία εντάχθηκαν ως εξής:

- στην κατηγορία 0δ (nce), όπου διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές, 12 από τα 24 (50%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 5 και 12 από τα 30 (40%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 6,
- στην κατηγορία 0β (ce-1), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή, 8 από τα 24 (33,3%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 5 και 12 από τα 30 (40%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 6,
- σε μικρότερο βαθμό στην κατηγορία 0α (cwn), όπου ελέγχεται η λανθασμένη μεταβλητή, 2 από τα 24 (8,3%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 5 και 5 από τα 30 (16,7%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 6 και
- στην κατηγορία 0γ (ce-2), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές, 2 από τα 24 (8,3%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 5 και 1 από τα 30 (3,3%) σχεδιαστικά λάθη στο ερώτημα 6 (βλ. Πίνακα 5.9.).

#### **5.4 Αποτελέσματα για την υποδεξιότητα ΚΑΤ (Κατανόηση του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα)**

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των απαντήσεων στα ερωτήματα 7 και 8 τα οποία αφορούν στις απόψεις των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης

σχετικά με την υποδεξιότητα ΚΑΤ, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν την μέθοδο ΣΕΜ, δηλαδή όταν κατανοούν τον λόγο για τον οποίο ένα πείραμα δεν είναι έγκυρο/κατάλληλο για την εξαγωγή συμπεράσματος.

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων	Απαντήσεις εκπαιδευτικών			
		Ερώτημα 7		Ερώτημα 8	
		n	%	n	%
1	(cvs)-Πλήρης κατανόηση της ΣΕΜ.	31	36,9%	33	39,3%
0	Ελλιπής ή καμία κατανόηση της ΣΕΜ.	53	63,1%	51	60,7%
	<b>Σύνολο:</b>	84	100%	84	100%

**Πίνακας 5.7.** Αποτελέσματα απαντήσεων στα ερωτήματα 7 και 8

▪ **Ερώτημα 7:** Στο ερώτημα αυτό 31 (36,9%) εκπαιδευτικοί, φαίνεται να είναι σε θέση να κατανοούν τον λόγο για τον οποίο ένα πείραμα δεν είναι έγκυρο/κατάλληλο, και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 1 και οι απαντήσεις των υπόλοιπων 53 (63,1%) εντάχθηκαν στην κατηγορία 0 (βλ. Πίνακα 5.7.).

Επιπρόσθετα, στις απαντήσεις στο ερώτημα 7 των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα, στις περιπτώσεις που η απάντηση κατηγοριοποιήθηκε στην κατηγορία 0, εμφανίζονται σχεδιαστικά λάθη, τα οποία εντάχθηκαν ως εξής:

- στην κατηγορία 0δ (nce) 27 από τα 53 (51%) σχεδιαστικά λάθη, όπου, μεταξύ των δύο δοκιμών, διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές (το υλικό, το σχήμα και το μέγεθος της βάρκας),

- στην κατηγορία 0α (cwn) 26 από τα 53 (49%) σχεδιαστικά λάθη, όπου προτείνεται ο έλεγχος μίας λανθασμένης μεταβλητής (το σχήμα ή το μέγεθος της βάρκας).

Κανένα σχεδιαστικό λάθος δεν εμφανίζεται στην κατηγορία 0β (ce-1), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή και στην κατηγορία 0γ (ce-2), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές (βλ. Πίνακα 5.8.).

Α/Α	Κατηγορίες απαντήσεων ως προς τα σχεδιαστικά λάθη	Απαντήσεις εκπαιδευτικών			
		Ερώτημα 7		Ερώτημα 8	
		n	%	n	%
0α	(cwn)- Ελέγχεται η λανθασμένη μεταβλητή.	26	49%	22	43,1%
0β	(ce-1)-Εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή.	0	0%	0	0%
0γ	(ce-2)- Εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές.	0	0%	3	5,9%
0δ	(nce)-Διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές.	27	51%	26	51%
0ε	(hotat) – Διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά.	0	0%	0	0%
Σύνολο:		53	100%	51	100%

**Πίνακας 5.8.** Αποτελέσματα απαντήσεων ως προς τα σχεδιαστικά λάθη στα ερωτήματα 7 και 8

- **Ερώτημα 8:** Στο ερώτημα αυτό 33 (39,3%) εκπαιδευτικοί φαίνεται να είναι σε θέση να κατανοούν τον λόγο για τον οποίο ένα πείραμα δεν είναι έγκυρο/κατάλληλο, και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 1 και οι απαντήσεις των υπόλοιπων 51 (60,7%) εντάχθηκαν στην κατηγορία 0 (βλ. Πίνακα 5.7.).

Επιπρόσθετα, ως προς τα σχεδιαστικά λάθη που εμφανίζονται στις λανθασμένες απαντήσεις, οι μισοί από αυτούς (51%) επέλεξαν τις προτάσεις, όπου μεταξύ των δύο δοκιμών διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 0δ (nce). Ακόμη, 22 από τους 51 (43,1%) εκπαιδευτικούς

επέλεξαν τις προτάσεις όπου προτείνεται ο έλεγχος μίας λανθασμένης μεταβλητής δηλαδή οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 0α (cwn).

Επιπρόσθετα, στις απαντήσεις στο ερώτημα 8 των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα, στις περιπτώσεις που η απάντηση κατηγοριοποιήθηκε στην κατηγορία 0, εμφανίζονται σχεδιαστικά λάθη, τα οποία εντάχθηκαν ως εξής:

- στην κατηγορία 0δ (nce) 26 από τα 51 (51%) σχεδιαστικά λάθη, όπου, μεταξύ των δύο δοκιμών, διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές (το είδος επιφάνειας, το είδος και το μέγεθος των σαλιγκαριών),

- στην κατηγορία 0α (cwn) 22 από τα 51 (43,1%) σχεδιαστικά λάθη, όπου προτείνεται ο έλεγχος μίας λανθασμένης μεταβλητής (το είδος ή το μέγεθος των σαλιγκαριών),

- στην κατηγορία 0γ (ce-2) 3 από τα 51 (5,9%) σχεδιαστικά λάθη, όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή (το είδος της επιφάνειας), μεταβάλλονται ακόμη δύο μεταβλητές (το είδος και το μέγεθος των σαλιγκαριών).

Παρόμοια με το ερώτημα 7 του ερωτηματολογίου, και στο ερώτημα 8 δεν εμφανίζεται καμία απάντηση στην κατηγορία 0β (ce-1), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή (βλ. Πίνακα 5.8.).

Συγκρίνοντας τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών μεταξύ των δύο ερωτημάτων για την υποδεξιότητα ΚΑΤ, παρατηρούμε ότι τόσο στο ερώτημα 7 όσο και στο ερώτημα 8, το μεγαλύτερο ποσοστό των απαντήσεων των εκπαιδευτικών εντάχθηκε στην κατηγορία 0, δηλαδή φαίνεται πως ένα μεγάλο ποσοστό των εκπαιδευτικών δεν μπορεί να αντιληφθεί τον λόγο για τον οποίο ένα πείραμα δεν είναι έγκυρο/κατάλληλο. Στα ερωτήματα 7 και 8 για την υποδεξιότητα ΚΑΤ δεν εμφανίζονται καθόλου οι παρακάτω τρεις κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών:

α) η κατηγορία 0β (ce-1), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή,

β) η κατηγορία 0ε (hotat), όπου διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά, σύμφωνα και με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, αυτό το σχεδιαστικό λάθος εμφανίζεται σε πολύ χαμηλά ποσοστά ακόμη και σε μαθητές δημοτικού (Schwichow et al., 2022) και

γ) η κατηγορία 0στ (oos), όπου σχεδιάζεται μία μόνο πειραματική δοκιμή, καθώς ο σχεδιασμός των ερωτημάτων του ερωτηματολογίου μας είναι τέτοιος που δε δίνει τη δυνατότητα εμφάνισης της κατηγορίας αυτής (βλ. 4.4.1).

Από τα αποτελέσματα των απαντήσεων των εκπαιδευτικών για την υποδεξιότητα ΚΑΤ, όσον αφορά τα σχεδιαστικά λάθη που αυτοί εμφανίζουν, προκύπτει η

διαπίστωση πως πολλοί εκπαιδευτικοί που δεν κατανοούν την υποδεξιότητα ΚΑΤ, διατηρούν σταθερές όλες τις μεταβλητές μεταξύ των δύο δοκιμών και έτσι οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 0δ (nce) ή ελέγχουν τη λανθασμένη μεταβλητή και οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν στην κατηγορία 0α (cwn). Επίσης, μόνο στο ερώτημα 8 εμφανίζεται η κατηγορία 0γ (ce-2), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές, όμως το ποσοστό αυτό είναι ιδιαίτερα χαμηλό.

### **5.5 Αποτελέσματα για τα σχεδιαστικά λάθη των πειραμάτων για τις τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ**

Παρατηρώντας τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.9. διαπιστώνουμε πως τα περισσότερα σχεδιαστικά λάθη που εντοπίζονται στις απαντήσεις των συμμετεχόντων/ουσών εκπαιδευτικών, εμφανίζονται στην υποδεξιότητα ΚΑΤ, αρκετά σχεδιαστικά λάθη εμφανίζονται στην υποδεξιότητα ΕΡΜ και ακολουθούν κατά φθίνουσα σειρά με λιγότερα σχεδιαστικά λάθη οι υποδεξιότητες ΣΧΕ και ΔΙΑ. Ακόμη, διαπιστώνουμε ότι δύο κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών, η κατηγορία 0ε (hotat), όπου διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά και η κατηγορία 0στ (ooe), όπου σχεδιάζεται μία μόνο πειραματική δοκιμή δεν εμφανίζονται σε καμία απάντηση και στα οκτώ ερωτήματα της παρούσας έρευνας. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί καθώς α) το ερωτηματολόγιο ήταν σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο, ώστε δεν επέτρεπε την εμφάνιση του σχεδιαστικού λάθους της κατηγορίας 0στ (ooe) και επιπλέον β) σύμφωνα και με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών, ένα πολύ μικρό ποσοστό μαθητών δημοτικού εμφανίζει το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0ε (hotat) (Schwichow et al., 2022).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός πως ο αριθμός των εκπαιδευτικών που οδηγούνται σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος είναι διαφορετικός μεταξύ των τεσσάρων υποδεξιοτήτων της ΣΕΜ. Για παράδειγμα, ενώ στις υποδεξιότητες ΔΙΑ και ΚΑΤ εμφανίζεται με αρκετά υψηλό ποσοστό το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0α (cwn) όπου μεταβάλλεται η λανθασμένη μεταβλητή, (μάλιστα για την υποδεξιότητα ΔΙΑ είναι και το πιο συχνό σχεδιαστικό λάθος), δεν εμφανίζεται σε σημαντικό βαθμό αυτό το σχεδιαστικό λάθος και στις άλλες δύο υποδεξιότητες, στην υποδεξιότητα ΕΡΜ και

στην υποδεξιότητα ΣΧΕ. Ακόμη, ενώ στην υποδεξιότητα ΣΧΕ το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0β (ce-1), όπου μεταβάλλεται η υπό έλεγχο μεταβλητή και επιπλέον μία μεταβλητή, εμφανίζεται σε ένα σημαντικό ποσοστό, αυτό το σχεδιαστικό λάθος δε φαίνεται να εντοπίζεται συχνά στις τρεις υπόλοιπες υποδεξιότητες της ΣΕΜ.

Πιο αναλυτικά:

α) Το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0α (cwn), όπου μεταβάλλεται η λανθασμένη μεταβλητή, εμφανίζεται σε υψηλό ποσοστό στην υποδεξιότητα ΚΑΤ και στην υποδεξιότητα ΔΙΑ και σε μικρότερο ποσοστό στις υποδεξιότητες ΕΡΜ και ΣΧΕ.

β) Το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0β (ce-1), όπου μεταβάλλεται η υπό έλεγχο μεταβλητή και επιπλέον μία μεταβλητή, εμφανίζεται σε υψηλό ποσοστό στην υποδεξιότητα ΣΧΕ, σε χαμηλό ποσοστό στις υποδεξιότητες ΔΙΑ και ΕΡΜ και δεν εμφανίζεται καθόλου στην υποδεξιότητα ΚΑΤ.

γ) Το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0γ (ce-2), όπου μεταβάλλονται η υπό έλεγχο μεταβλητή και επιπλέον δύο μεταβλητές, εμφανίζεται σε πολύ υψηλό ποσοστό στην υποδεξιότητα ΕΡΜ, σε μικρό ποσοστό στις υποδεξιότητες ΔΙΑ και ΣΧΕ και ελάχιστα στην υποδεξιότητα ΚΑΤ.

δ) Το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0δ (nce), όπου διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές, εμφανίζεται σε υψηλό ποσοστό στις υποδεξιότητες ΚΑΤ και ΣΧΕ, σε χαμηλό ποσοστό στην υποδεξιότητα ΕΡΜ και δεν εμφανίζεται καθόλου στην υποδεξιότητα ΔΙΑ.

α/α Κατηγορίες απαντήσεων	Σχεδιαστικά λάθη ανά υποδεξιότητα							
	ΔΙΑ		ΕΡΜ		ΣΧΕ		ΚΑΤ	
	Ερ. 1	Ερ. 2	Ερ. 3	Ερ.4	Ερ.5	Ερ.6	Ερ.7	Ερ.8
	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)	n(%)
0α (cwn)- Ελέγχεται η λανθασμένη μεταβλητή.	10(62,5)	11(84,6)	6(14,3)	7(15,9)	2(8,3)	5(16,7)	26(49)	22(43,1)
0β (ce-1)-Εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή.	2(12,5)	1(7,7)	2(4,7)	3(6,8)	8(33,3)	12(40)	0	0

<b>0γ (ce-2)- Εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές.</b>	4(25)	1(7,7)	<b>34(81)</b>	<b>32(72,8)</b>	2(8,3)	1(3,3)	0	3(5,9)
<b>0δ (nce)-Διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές.</b>	0	0	0	2(4,5)	<b>12(50)</b>	<b>12(40)</b>	<b>27(51)</b>	<b>26(51)</b>
<b>0ε (hotat) – Διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά.</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Σύνολο:</b>	<b>16(100)</b>	<b>13(100)</b>	<b>42(100)</b>	<b>44(100)</b>	<b>24(100)</b>	<b>30(100)</b>	<b>53(100)</b>	<b>51(100)</b>

**Πίνακας 5.9.** Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των απαντήσεων για τις υποδεξιότητες ΔΙΑ, EPM, ΣΧΕ και ΚΑΤ ως προς τα σχεδιαστικά λάθη (με bold οι περιπτώσεις που εμφανίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα)

Μια ακόμη διαπίστωση που προκύπτει από τα στοιχεία του Πίνακα 5.9. είναι ότι στις υποδεξιότητες ΔΙΑ και ΚΑΤ εμφανίζονται σε πολύ μικρό ποσοστό τα σχεδιαστικά λάθη των κατηγοριών 0β (ce-1) και 0γ (ce-2), που είναι παρόμοιου τύπου. Με άλλα λόγια, απαντώντας στα ερωτήματα 1, 2, 7 και 8 οι εκπαιδευτικοί που καταλήγουν σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος, δε φαίνεται να επιλέγουν τις απαντήσεις οι οποίες προτείνουν τη μεταβολή της υπό έλεγχο μεταβλητής και επιπλέον μίας μεταβλητής (κατηγορία 0β- ce-1) ή τις απαντήσεις που προτείνουν τη μεταβολή της υπό έλεγχο μεταβλητής και επιπλέον δύο μεταβλητών (κατηγορία 0γ- ce-2 ). Αυτή η διαπίστωση δεν παρατηρείται στις άλλες δύο υποδεξιότητες, καθώς στην υποδεξιότητα EPM το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0γ (ce-2) εμφανίζεται σε πολύ υψηλό ποσοστό, αλλά το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0β (ce-1) εμφανίζεται σε πολύ χαμηλό ποσοστό. Επίσης, στην υποδεξιότητα ΣΧΕ το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0β (ce-1) εμφανίζεται σε υψηλό ποσοστό, σε αντίθεση με το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0γ (ce-2), που το ποσοστό εμφάνισής του είναι πολύ μικρό.

Επιπλέον, αν αποδεχθούμε ότι τα σχεδιαστικά λάθη 0β (ce-1) και 0γ (ce-2) είναι παρόμοιου τύπου, μπορούμε να προχωρήσουμε και σε μία επιπλέον σύγκριση, μεταξύ της ομάδας 0β-0γ και των άλλων δύο κατηγοριών σχεδιαστικών λαθών που εμφανίζονται στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών της έρευνάς μας.

Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε πως στις υποδεξιότητες ΔΙΑ και ΚΑΤ, οι εκπαιδευτικοί οι οποίοι καταλήγουν σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος, επιλέγουν σε υψηλό ποσοστό τις απαντήσεις οι οποίες προτείνουν τον έλεγχο της λανθασμένης

μεταβλητής (κατηγορία 0α) και είναι λίγοι αυτοί που επιλέγουν τις απαντήσεις που προτείνουν τη μεταβολή της υπό έλεγχο μεταβλητής και επιπλέον μίας μεταβλητής (κατηγορία 0β) ή τις απαντήσεις που προτείνουν τη μεταβολή της υπό έλεγχο μεταβλητής και επιπλέον δύο μεταβλητών (κατηγορία 0γ). Από την άλλη πλευρά, στις υποδεξιότητες EPM και ΣΧΕ τα ποσοστά εμφάνισης της κατηγορίας σχεδιαστικού λάθους 0α (cwn) είναι πολύ χαμηλά.

Παρόμοια, συγκρίνοντας τα αποτελέσματα για το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0δ (nce) με την ομάδα σχεδιαστικών λαθών των κατηγοριών 0β-0γ, μπορούμε να πούμε ότι και στις δύο υποδεξιότητες ΣΧΕ και ΚΑΤ οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί επιλέγουν τις απαντήσεις οι οποίες προτείνουν τη διατήρηση σταθερών όλων των μεταβλητών (κατηγορία 0δ- nce). Αντίθετα, στην υποδεξιότητα EPM οι εκπαιδευτικοί δεν επιλέγουν τις απαντήσεις που προτείνουν την κατηγορία 0δ (nce), αλλά προτιμούν τις απαντήσεις που οδηγούν στα σχεδιαστικά λάθη κυρίως της κατηγορίας 0γ (ce-2). Τέλος, στην υποδεξιότητα ΔΙΑ η κατηγορία 0δ (nce) δεν εμφανίζεται καθόλου (βλ. Πίνακα 5.9.).

Κάτι άλλο που αξίζει να αναφερθεί είναι ότι, τόσο στην υποδεξιότητα ΣΧΕ, όσο και στην υποδεξιότητα ΚΑΤ, η κατηγορία σχεδιαστικών λαθών που εμφανίζεται με μεγαλύτερο ποσοστό είναι η ίδια, παρόλο που οι δύο αυτές υποδεξιότητες αξιολογήθηκαν με διαφορετικού τύπου ερωτήματα, σχεδιασμένα από διαφορετικές ερευνητικές ομάδες (ερωτήματα ανοιχτού τύπου της ομάδας Zouridis et al., (2021) για την υποδεξιότητα ΣΧΕ και ερωτήματα κλειστού τύπου της ομάδας Schwichow et al., (2022) για την υποδεξιότητα ΚΑΤ). Παρόμοια διαπίστωση προκύπτει και για τη σημαντική εμφάνιση της κατηγορίας σχεδιαστικού λάθους 0α (cwn) σε άλλες δύο υποδεξιότητες, στην υποδεξιότητα ΔΙΑ και στην υποδεξιότητα ΚΑΤ, οι οποίες αξιολογήθηκαν με διαφορετικού τύπου ερωτήματα, (ερωτήματα ανοιχτού τύπου της ομάδας Zouridis et al., (2021) για την υποδεξιότητα ΔΙΑ και ερωτήματα κλειστού τύπου της ομάδας Schwichow et al., (2022) για την υποδεξιότητα ΚΑΤ). Οπότε, θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε πως ο τύπος και η προέλευση των ερωτημάτων φαίνεται να μην επηρεάζει την εμφάνιση των σχεδιαστικών λαθών στις υποδεξιότητες της ΣΕΜ, κάτι το οποίο θα μπορούσε να ερευνηθεί μελλοντικά.

Επίσης, παρατηρούμε πως, παρότι οι υποδεξιότητες EPM και ΚΑΤ αξιολογήθηκαν με ίδιου τύπου ερωτήματα, σχεδιασμένα από την ίδια ερευνητική ομάδα (ερωτήματα κλειστού τύπου της ομάδας Schwichow et al., (2022), οι κατηγορίες των σχεδιαστικών λαθών που εμφανίζονται στην υποδεξιότητα EPM είναι



κατά φθίνουσα σειρά: 0γ (ce-2), 0α (cwn), 0β (ce-1) και 0δ (nce), για την υποδεξιότητα ΚΑΤ οι κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών εμφανίζονται αντίστροφα και είναι κατά φθίνουσα σειρά: 0δ (nce), 0α (cwn) και 0γ (ce-2). Δηλαδή, ενώ στην υποδεξιότητα ΕΡΜ οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί από αυτούς που κάνουν κάποιο σχεδιαστικό λάθος επιλέγουν τις απαντήσεις που προτείνουν τη μεταβολή της υπό έλεγχο μεταβλητής και επιπλέον δύο μεταβλητών 0γ (ce-2), στην υποδεξιότητα ΚΑΤ οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί από αυτούς που κάνουν κάποιο σχεδιαστικό λάθος επιλέγουν τις απαντήσεις που προτείνουν τη διατήρηση σταθερών όλων των μεταβλητών (nce) ή αυτές που προτείνουν τον έλεγχο της λανθασμένης μεταβολής (cwn), δηλαδή σχεδιάζουν ένα έγκυρο αλλά μη κατάλληλο για την περίπτωση πείραμα.

### 5.6 Αποτελέσματα για τη σχέση μεταξύ της συνολικής κατανόησης της ΣΕΜ i) με την προϋπηρεσία και ii) με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ

Για να ελέγξουμε τη σχέση που υπάρχει μεταξύ του βαθμού της συνολικής κατανόησης της ΣΕΜ i) με την προϋπηρεσία και ii) με την επιμόρφωση των συμμετεχόντων/ουσών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ, προχωρήσαμε σε έλεγχο συσχέτισης με τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Pearson. Πιο συγκεκριμένα:

<u>Ανεξάρτητες μεταβλητές</u>	<u>Προϋπηρεσία</u>		<u>Επιμόρφωση</u>	
<u>Εξαρτημένη μεταβλητή</u>	r	sig.	r	sig.
<b>Βαθμός κατανόησης της ΣΕΜ</b>	-0.024	0.919	-0.304	0.180

**Πίνακας 5.10.** Πίνακας των τιμών του συντελεστή γραμμικής συσχέτισης του Pearson για την κατανόηση της ΣΕΜ σε σχέση με την προϋπηρεσία και την επιμόρφωση των συμμετεχόντων σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ

#### i) Για τη μεταβλητή προϋπηρεσία εκπαιδευτικού

Εφαρμόστηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση του βαθμού κατανόησης της μεθόδου ΣΕΜ με την προϋπηρεσία των εκπαιδευτικών. Από τα

αποτελέσματα φαίνεται ότι υπάρχει πολύ χαμηλή αρνητική συσχέτιση μεταξύ του βαθμού κατανόησης της ΣΕΜ και της προϋπηρεσίας των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα ( $r=-0.024$ ,  $p=0,919$ ). Προφανώς, η κατανόηση της ΣΕΜ φαίνεται να μην επηρεάζεται από την προϋπηρεσία των εκπαιδευτικών (βλ. Πίνακα 5.10.).

## **ii) Για τη μεταβλητή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ**

Εφαρμόστηκε ανάλυση συσχέτισης για να εξεταστεί η σχέση του βαθμού κατανόησης της μεθόδου ΣΕΜ με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι υπάρχει χαμηλή αρνητική συσχέτιση μεταξύ του βαθμού κατανόησης της ΣΕΜ και της επιμόρφωσης σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ ( $r=-0.304$ ,  $p=0,180$ ). Προφανώς, δεν έχουμε στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ της κατανόησης της ΣΕΜ και της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ, αφού το  $p>.01$  (βλ. Πίνακα 5.10.).

## **6<sup>ο</sup> ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Στο 6ο Κεφάλαιο, που αποτελεί και το τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, περιλαμβάνεται αρχικά η συζήτηση των αποτελεσμάτων, που προέκυψαν από τις φάσεις της έρευνας (υποενότητες 6.1.1 έως 6.1.6) και ακολουθούν τα συμπεράσματα στην ενότητα 6.2. Στη συνέχεια, στην ενότητα 6.3 καταγράφονται οι περιορισμοί και οι προεκτάσεις της έρευνας.

### **6.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων**

Η εργασία αυτή διεξήχθη προκειμένου να ερευνηθούν οι απόψεις και οι δυσκολίες των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα αναφορικά με τη μέθοδο ΣΕΜ, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο.

Η διερεύνηση των απόψεων των εκπαιδευτικών για τη μέθοδο ΣΕΜ έγινε με τη βοήθεια ενός ερωτηματολογίου 8 ερωτημάτων, το οποίο προέκυψε ως σύνθεση των παρακάτω τριών πηγών: α) του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών από το

ΔΕΠΠΣ-ΑΠΣ της Ε' και ΣΤ' τάξης του δημοτικού, β) του ερευνητικού εργαλείου της ομάδας Schwichow et al. (2022), καθώς και γ) του ερευνητικού εργαλείου της ομάδας Zoupidis et al. (2021).

Αναλύοντας τα δεδομένα που προέκυψαν από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στα ερωτήματα του ερωτηματολογίου, διαπιστώθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να κατανοούν σε ένα βαθμό τη μέθοδο ΣΕΜ, όμως υπάρχουν σημαντικές δυσκολίες που εμφανίζονται ως προς την πλήρη κατανόηση και των τεσσάρων υποδεξιότητων της μεθόδου.

### **6.1.1 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για την υποδεξιότητα ΔΙΑ (Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα)**

Παρακάτω συζητάμε τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, για το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, που σχετίζεται με την υποδεξιότητα ΔΙΑ, συγκρίνοντας τα ποσοστά επιτυχίας και τις δυσκολίες των συμμετεχόντων/ουσών, με τα ποσοστά επιτυχίας και τις δυσκολίες που εμφανίζονται σε άλλες αντίστοιχες έρευνες. Επίσης, συζητάμε τα σχεδιαστικά λάθη που κυριαρχούν στις απαντήσεις των συμμετεχόντων/ουσών για την υποδεξιότητα ΔΙΑ.

Από τα αποτελέσματα αντιλαμβάνεται κανείς ότι είναι αρκετοί οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (69% και 81%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.1.) που μπορούν να διακρίνουν έγκυρα/κατάλληλα από μη έγκυρα/κατάλληλα πειράματα, έστω και με μερικώς ορθή ή καθόλου αιτιολόγηση (άθροισμα ποσοστών από κατηγορίες 2 και 3 στον Πίνακα 5.1.). Τα ποσοστά αυτά φαίνεται να είναι περίπου της ίδιας τάξης μεγέθους σε σχέση με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών που αφορούσαν μαθητές δημοτικού (70% και 73%, σε δύο διαφορετικά έργα) (Schwichow et al., 2022) ή μελλοντικούς εκπαιδευτικούς μετά από διδακτική παρέμβαση (61% το άθροισμα των κατηγοριών 2 και 3 για την πειραματική ομάδα) (Zoupidis et al., 2017, Ζουπίδης κ.ά. 2018). Βέβαια, παρατηρούμε πως ο βαθμός κατανόησης της υποδεξιότητας ΔΙΑ διαφέρει μεταξύ των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα, κάτι που εντοπίζεται και σε έρευνες που αναφέρονται σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς (Zoupidis et al., 2017, Ζουπίδης κ.ά. 2018).

Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνάς μας, όπως φαίνονται στον Πίνακα 5.1., πλήρη κατανόηση της υποδεξιότητας ΔΙΑ φαίνεται να έχει μόνο το

13% (υποερώτημα 1.α.) και το 14,3% (υποερώτημα 2.α.) των συμμετεχόντων/ουσών εκπαιδευτικών. Στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) το ποσοστό των μελλοντικών εκπαιδευτικών που κατανοούν πλήρως την υποδεξιότητα ΔΙΑ φτάνει το 14% για την ομάδα ελέγχου και το 57% για την πειραματική ομάδα, σε ένα από τα δύο έργα της έρευνάς τους για την υποδεξιότητα ΔΙΑ μετά τη διδακτική παρέμβαση. Συγκρίνοντας τα ποσοστά των εκπαιδευτικών που κατανοούν μερικώς την υποδεξιότητα αυτή, στην παρούσα έρευνα παρατηρούμε πολύ υψηλά ποσοστά (56% και 66,7%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.1.), σε αντίθεση με την έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) που τα ποσοστά στην κατηγορία μερικής κατανόησης της υποδεξιότητας ΔΙΑ είναι 15,8% για την ομάδα ελέγχου και 4% για την πειραματική ομάδα. Προφανώς, έπειτα από τη διδακτική παρέμβαση στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018), το ποσοστό των μελλοντικών εκπαιδευτικών που κατανοεί πλήρως την υποδεξιότητα ΔΙΑ βελτιώθηκε σημαντικά και μειώθηκε το ποσοστό αυτών που κατανοούν μερικώς την υποδεξιότητα, κάτι το οποίο δεν παρατηρούμε στην παρούσα έρευνα, μιας και δεν υπήρχε διδακτική παρέμβαση για την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ.

Από την άλλη πλευρά, ενώ ορισμένοι εκπαιδευτικοί καταφέρνουν να διακρίνουν έγκυρα/κατάλληλα από μη έγκυρα/κατάλληλα πειράματα, δεν αιτιολογούν επαρκώς τον λόγο της μη εγκυρότητας των πειραμάτων. Οι εκπαιδευτικοί που είναι ικανοί να αιτιολογήσουν πλήρως και με σαφήνεια τον λόγο που ένα πείραμα δεν είναι έγκυρο/κατάλληλο είναι λίγοι (10,7% και 16,7%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.2.), κάτι που ενώ αρχικά παρατηρείται και στους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018), αυτό διαφοροποιείται έπειτα από διδακτική παρέμβαση, αφού το ποσοστό των μελλοντικών εκπαιδευτικών που αιτιολογούν επαρκώς αυξάνεται και φτάνει το 52% για την πειραματική ομάδα Ζουπίδης κ.ά. (2018).

Επίσης, αξίζει να αναφερθεί ότι οι εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας που συμμετείχαν στην παρούσα έρευνα δεν αναφέρουν την άποψή τους για το φαινόμενο στις περιπτώσεις όπου καλούνται να διακρίνουν ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα ανάμεσα σε άλλα μη έγκυρα/κατάλληλα πειράματα, δηλαδή δεν υπάρχουν απαντήσεις στην κατηγορία 1 (βλ. Πίνακα 5.1.), κάτι που εμφανίζεται και στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018). Βέβαια, όταν οι εκπαιδευτικοί καλούνται να αιτιολογήσουν τον λόγο της μη εγκυρότητας των υπόλοιπων μη έγκυρων/κατάλληλων πειραμάτων, εμφανίζονται ορισμένες απαντήσεις στην κατηγορία 1, όμως τα ποσοστά είναι πολύ χαμηλά και στις δύο έρευνες (2,4% και 1,2%, σε δύο διαφορετικά έργα για τους

εκπαιδευτικούς της παρούσας έρευνας (βλ. Πίνακα 5.2.), 1,6% και 3%, σε δύο διαφορετικά έργα για τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι δυσκολίες που παρουσιάζουν οι εκπαιδευτικοί όταν καλούνται να περιγράψουν τον συλλογισμό πάνω στον οποίο βασίστηκαν, για να απορρίψουν καθένα από τα πειράματα που θεώρησαν μη έγκυρα/κατάλληλα. Μάλιστα, αυτές οι δυσκολίες εμφανίζονται και όταν εξετάζονται διαφορετικά φυσικά φαινόμενα π.χ. ο μαγνητισμός ή η τήξη στερεών υλικών. Κατά παρόμοιο τρόπο και οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί φαίνεται να δυσκολεύονται σε σημαντικό βαθμό, όταν καλούνται να αιτιολογήσουν για ποιο λόγο τα υπόλοιπα πειράματα δεν είναι έγκυρα/κατάλληλα και απαντούν ασαφώς ή λανθασμένα ακόμα και μετά τη διδακτική παρέμβαση, με ποσοστά 79% για την ομάδα ελέγχου και 35,8% για την πειραματική ομάδα Ζουπίδης κ.ά. (2018). Παρόλα αυτά, η πειραματική ομάδα παρουσιάζει πολύ υψηλά ποσοστά πλήρους κατανόησης με ποσοστό 52%, έπειτα από διδακτική παρέμβαση. Στην παρούσα έρευνα οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί που καλούνται να αιτιολογήσουν για ποιο λόγο τα υπόλοιπα πειράματα δεν είναι έγκυρα/κατάλληλα και απαντούν ασαφώς ή λανθασμένα είναι μεν λιγότεροι (19% και 15,4% και στα δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.2.), σε σχέση με τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) όμως είναι λιγότεροι και οι εκπαιδευτικοί που οι απαντήσεις τους ανήκουν στην κατηγορία πλήρους κατανόησης (10,7% και 16,7% και στα δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.2.). Προφανώς, η διδακτική παρέμβαση στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) ενίσχυσε θετικά και οδήγησε στην πλήρη κατανόηση της υποδεξιότητας ΔΙΑ από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς, ενώ στη δική μας έρευνα, όπου δεν προηγήθηκε διδακτική παρέμβαση, τα μεγαλύτερα ποσοστά σημειώθηκαν στην κατηγορία της μερικής κατανόησης (71,4% και 66,7% και στα δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.2.).

Σχετικά με τα σχεδιαστικά λάθη που εμφανίζονται στην παρούσα έρευνα στα ερωτήματα για την υποδεξιότητα ΔΙΑ, παρατηρούμε ότι εμφανίζονται οι ίδιες κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών, τόσο με τα σχεδιαστικά λάθη που εντοπίζονται στην έρευνα των Schwichow et al. (2022) για τους μαθητές δημοτικού, όσο και σε αυτά που εντοπίζονται στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) για τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς. Συγκεκριμένα, η κατηγορία που εμφανίζεται με μεγαλύτερο ποσοστό είναι η 0α (cwn) (62,5% και 84,6%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.9). Παρόμοια, παρατηρούμε πως και οι μαθητές δημοτικού, σε ένα από τα δύο έργα για

την υποδεξιότητα ΔΙΑ στην έρευνα των Schwichow et al. (2022), εμφανίζουν αυτή την κατηγορία σχεδιαστικού λάθους σε υψηλό ποσοστό (55%) επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών για αυτή την υποδεξιότητα. Αντίθετα, στο δεύτερο έργο της έρευνάς τους για την υποδεξιότητα ΔΙΑ δεν εμφανίζεται καθόλου αυτή η κατηγορία σχεδιαστικού λάθους. Ακόμη, στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) οι περισσότεροι από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς οδηγούνται στο σχεδιαστικό λάθος 0α (cwn) στην υποδεξιότητα ΔΙΑ.

Επίσης, στην παρούσα έρευνα εμφανίζονται σε μικρότερο βαθμό οι κατηγορίες 0β (ce-1) και 0γ (ce-2) σχεδιαστικών λαθών. Πιο αναλυτικά, οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην παρούσα έρευνα και οδηγήθηκαν σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος μελετώντας την υποδεξιότητα ΔΙΑ, μεταβάλλουν την υπό έλεγχο μεταβλητή και επιπλέον δύο μεταβλητές (κατηγορία 0γ) σε μικρότερο βαθμό (25% και 7,7%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.9.). Στην έρευνα των Schwichow et al. (2022) εμφανίζεται η κατηγορία 0γ (ce-2) σχεδιαστικού λάθους πιο συχνά από την παρούσα έρευνα (33% επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών), αλλά μόνο στο δεύτερο έργο για την υποδεξιότητα ΔΙΑ, καθώς στο πρώτο έργο αυτή η κατηγορία σχεδιαστικού λάθους δεν εμφανίζεται καθόλου.

Τέλος, ορισμένοι εκπαιδευτικοί από αυτούς που καταλήγουν σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος επιλέγουν τις απαντήσεις που οδηγούν στην κατηγορία 0β (ce-1) σχεδιαστικού λάθους, δηλαδή, στη μεταβολή της υπό έλεγχο μεταβλητής και επιπλέον μίας μεταβλητής (12,5% και 7,7%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.9.), ενώ το ποσοστό στους μαθητές δημοτικού στην έρευνα των Schwichow et al. (2022) διαμορφώνεται στο 33% επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών, αλλά μόνο στο δεύτερο έργο για την υποδεξιότητα ΔΙΑ. Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε, ότι προφανώς υπάρχει μία σχέση μεταξύ της κατανόησης της υποδεξιότητας ΔΙΑ και της εμφάνισης ορισμένων κατηγοριών σχεδιαστικών λαθών, κάτι το οποίο μπορεί να διερευνηθεί με περαιτέρω έρευνες.

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε πως τα ποσοστά επιτυχίας και οι δυσκολίες των συμμετεχόντων/ουσών στην παρούσα έρευνα, σχετικά με την υποδεξιότητα ΔΙΑ της ΣΕΜ, και αυτών που εμφανίζονται σε άλλες αντίστοιχες έρευνες δεν παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ τους. Εάν συναθροίσουμε τα ποσοστά των κατηγοριών της μερικής και της πλήρους κατανόησης της εγκυρότητας των έγκυρων/κατάλληλων πειραμάτων, μπορούμε να θεωρήσουμε πως και στις τρεις έρευνες οι περισσότεροι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί (69% και 81%, βλ. Πίνακα 5.1.) της δικής μας έρευνας, οι

περισσότεροι μαθητές δημοτικού (70% και 73%) της έρευνας της ομάδας Schwichow et al. (2022) και οι περισσότεροι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί (61% για την πειραματική ομάδα) της έρευνας των Ζουπίδης κ.ά. (2018) κατανοούν σε μεγάλο βαθμό την εγκυρότητα των έγκυρων/κατάλληλων πειραμάτων.

Από την άλλη πλευρά, το ποσοστό των απαντήσεων των εν ενεργεία εκπαιδευτικών που είναι ικανό να αιτιολογήσει πλήρως την απουσία εγκυρότητας των μη έγκυρων/κατάλληλων πειραμάτων είναι πολύ μικρότερο (13,1% και 17,9%) από το αντίστοιχο των μελλοντικών εκπαιδευτικών (52% για την πειραματική ομάδα), όπως διαμορφώθηκε έπειτα από τη διδακτική παρέμβαση στην οποία συμμετείχαν οι τελευταίοι.

Επιπρόσθετα, το συχνότερο σχεδιαστικό λάθος που κυριαρχεί στις απαντήσεις τόσο των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης όσο και των μαθητών δημοτικού στην έρευνα της ομάδας Schwichow et al. (2022), καθώς και των μελλοντικών εκπαιδευτικών (Ζουπίδης κ.ά., 2018), είναι παρόμοιου τύπου, καθώς και στις τρεις περιπτώσεις επιλέγουν συχνότερα να μεταβάλλουν τη λανθασμένη μεταβλητή.

### **6.1.2 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για την υποδεξιότητα EPM (Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων)**

Σε αυτή την υποενότητα συζητάμε τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, αναφορικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, που σχετίζεται με την υποδεξιότητα EPM, συγκρίνοντας τα ποσοστά επιτυχίας και τις δυσκολίες των συμμετεχόντων/ουσών, με τα ποσοστά επιτυχίας και τις δυσκολίες που εμφανίζονται σε άλλες αντίστοιχες έρευνες. Επίσης, συζητάμε τα σχεδιαστικά λάθη που κυριαρχούν στις απαντήσεις των συμμετεχόντων/ουσών.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μισοί εκπαιδευτικοί (50% και 47,6%, σε δύο διαφορετικά ερωτήματα, βλ. Πίνακα 5.3.) που συμμετείχαν στην έρευνα κατάφεραν να ερμηνεύσουν έγκυρα/κατάλληλα πειράματα, κάτι το οποίο θα μπορούσαμε να δεχθούμε ως ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, καθώς η ικανότητα εξαγωγής συμπεράσματος από τα αποτελέσματα των έγκυρων πειραμάτων οριοθετεί κατά ένα μέρος και την εννοιολογική διάσταση της ΣΕΜ (Toth et al. 2000, όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012). Βέβαια, οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να δυσκολεύονται περισσότερο στην κατανόηση της υποδεξιότητας EPM σε σύγκριση με την κατανόηση της υποδεξιότητας ΔΙΑ (69% και 81%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.1.), κάτι

που έρχεται σε συμφωνία με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών για μαθητές μεγαλύτερων τάξεων του δημοτικού (Schwichow et al., 2022). Η ομάδα των Schwichow et al. (2022) εντόπισε πως μόνο το 30% των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα κατανόησε πλήρως την υποδεξιότητα EPM, σε αντίθεση με την υποδεξιότητα ΔΙΑ, η οποία έγινε πλήρως κατανοητή από μεγαλύτερο αριθμό μαθητών, με ποσοστά 70% και 73%, σε δύο διαφορετικά έργα.

Οι Chen και Klahr (1999) και οι Boudreaux et al. (2008), αναφέρουν ότι ενώ οι περισσότεροι μαθητές ή φοιτητές αντίστοιχα, αντιλαμβάνονται ότι πρέπει να συγκρίνουν με δοκιμές, στις οποίες η υπό έλεγχο μεταβλητή αλλάζει, δεν μπορούν να αντιληφθούν ότι οι υπόλοιπες μεταβλητές πρέπει να παραμείνουν σταθερές. Κατά παρόμοιο τρόπο, στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στα ερωτήματα που αφορούσαν την υποδεξιότητα EPM εμφανίζεται κυρίως το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0γ (ce-2) με ποσοστά 81% και 72,8%, σε δύο διαφορετικά έργα (βλ. Πίνακα 5.4.). Δηλαδή, οι περισσότεροι από τους εκπαιδευτικούς που καταλήγουν σε ένα σχεδιαστικό λάθος μελετώντας την υποδεξιότητα EPM, επιλέγουν τις προτάσεις, όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλονται και άλλες δύο μεταβλητές, δηλαδή δεν κατανοούν ότι μόνο η μεταβλητή που είναι υπό έλεγχο επιτρέπεται να αλλάξει. Αξίζει να αναφερθεί, πως απαντώντας στα ερωτήματα που αφορούσαν την υποδεξιότητα EPM, σχεδόν οι μισοί μαθητές δημοτικού (48%) που οδηγήθηκαν σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος, εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μετέβελαν επιπλέον μία μεταβλητή, δηλαδή οδηγήθηκαν στο σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0β (ce-1) (Schwichow et al., 2022). Αν και πρόκειται για διαφορετική κατηγορία σχεδιαστικού λάθους, σε σχέση με την κατηγορία 0γ (ce-2) της παρούσας έρευνας, μπορούμε να ισχυριστούμε πως δεν είναι ουσιαστική η διαφορά μεταξύ των σχεδιαστικών λαθών που προκύπτουν από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών και των μαθητών, καθώς οι κατηγορίες 0β (ce-1) και 0γ (ce-2) είναι παρόμοιου τύπου (βλ. υποενότητα 5.5).

Τέλος, παρατηρούμε ότι οι εκπαιδευτικοί της έρευνάς μας επαναλαμβάνουν την ίδια λανθασμένη στρατηγική σε διαφορετικά πλαίσια, καθώς αυτή η δυσκολία εμφανίζεται και στα δύο φυσικά φαινόμενα που προτείνονται (ελεύθερη πτώση-υλικά σώματα/μάζα). Ενδεχομένως, οι ελλείψεις αυτές να επηρεάζονται σημαντικά από τις παρανοήσεις των εκπαιδευτικών, σχετικά με τη μέθοδο ΣΕΜ, κάτι το οποίο ισχύει και για τους μαθητές δημοτικού, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας των Schwichow et al. (2022).



Συνοψίζοντας, παρατηρούμε πως τα ποσοστά επιτυχίας και οι δυσκολίες των συμμετεχόντων/ουσών εκπαιδευτικών της παρούσας έρευνας, σχετικά με την υποδεξιότητα EPM της ΣΕΜ, και αυτών που εμφανίζονται σε άλλες αντίστοιχες έρευνες παρουσιάζουν κοινά σημεία, αλλά και ορισμένες σημαντικές διαφορές. Παρατηρούμε, πως τόσο οι μαθητές δημοτικού της έρευνας των Schwichow et al. (2022), όσο και οι εκπαιδευτικοί της παρούσας έρευνας, κατανοούν λιγότερο την υποδεξιότητα EPM σε σχέση με την υποδεξιότητα ΔΙΑ. Βέβαια, μία αξιοσημείωτη διαφορά μεταξύ των δύο ερευνών είναι πως ενώ μόνο το 1/3 περίπου των μαθητών πετυχαίνει πλήρη κατανόηση της υποδεξιότητας EPM, οι μισοί εκπαιδευτικοί της παρούσας έρευνας φαίνεται να κατανοούν πλήρως την υποδεξιότητα αυτή. Επίσης, το συχνότερο σχεδιαστικό λάθος που κυριαρχεί στις απαντήσεις τόσο των μαθητών δημοτικού στην έρευνα της ομάδας Schwichow et al. (2022), όσο και των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι παρόμοιου τύπου, καθώς και στις δύο περιπτώσεις, εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλουν μία ή δύο επιπλέον μεταβλητές αντίστοιχα.

### **6.1.3 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για την υποδεξιότητα ΣΧΕ (Σχεδιασμός έγκυρων πειραμάτων)**

Παρακάτω συζητάμε τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, για το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, που σχετίζεται με την υποδεξιότητα ΣΧΕ, συγκρίνοντας τα ποσοστά επιτυχίας και τις δυσκολίες των συμμετεχόντων/ουσών, με τα ποσοστά επιτυχίας και τις δυσκολίες που εμφανίζονται σε άλλες αντίστοιχες έρευνες. Επίσης, συζητάμε τα σχεδιαστικά λάθη που κυριαρχούν στις απαντήσεις των συμμετεχόντων/ουσών.

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων διαπιστώνουμε πως ένα υψηλό ποσοστό εκπαιδευτικών φαίνεται να είναι ικανό να σχεδιάζει ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα από το οποίο προκύπτουν τεκμήρια για την εξαγωγή συμπεράσματος. Αθροίζοντας τα ποσοστά των απαντήσεων των κατηγοριών της πλήρους και μερικής κατανόησης (80,9% και 71,5%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.5.) φαίνεται να είναι υψηλότερα σε σχέση με τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών που αφορούσαν μελλοντικούς εκπαιδευτικούς (14% για την ομάδα ελέγχου και 28% για την πειραματική ομάδα στο πρώτο έργο για την υποδεξιότητα ΣΧΕ) ακόμη και μετά από διδακτική παρέμβαση (Ζουπίδης κ.ά., 2018).

Βέβαια, παρατηρούμε πως ο βαθμός κατανόησης της υποδεξιότητας ΣΧΕ διαφέρει μεταξύ των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα, κάτι που εντοπίζεται και στην έρευνα που αναφέρεται σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς. Θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε ότι αυτή η θετική εικόνα σχετικά με την κατανόηση της υποδεξιότητας ΣΧΕ που παρουσιάζουν οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνά μας είναι αξιοσημείωτη, καθώς ο σχεδιασμός πειραμάτων, τα οποία είναι έγκυρα/κατάλληλα και μπορούν να δώσουν τεκμήρια για την εξαγωγή συμπεράσματος, είναι σύνθετες διαδικασίες που τίθενται πέρα από την στενή έννοιά τους ως διερευνητικές δεξιότητες και τοποθετούνται στη βαθμίδα των ανώτερων επιστημονικών διαδικασιών (Schwichow et al., 2020). Αξίζει να αναφέρουμε πως στα παραπάνω ποσοστά συμπεριλάβαμε τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών οι οποίες εντάχθηκαν στις κατηγορίες 3 και 2, δηλαδή σε αυτές που είχαμε πλήρη και μερική κατανόηση της υποδεξιότητας ΣΧΕ, αντίστοιχα. Και αυτό γιατί, σύμφωνα και με τους Ζουπίδης et al. (2021), η μερική κατανόηση της ΣΕΜ από τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς της δικής τους έρευνας, μπορεί να οδηγήσει σε σωστές επιλογές, ακόμα κι αν αυτοί δεν είναι πάντα ικανοί για πλήρη αιτιολόγηση.

Πιο αναλυτικά, σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνάς μας, όπως φαίνονται στον Πίνακα 5.5., πλήρη κατανόηση της υποδεξιότητας ΣΧΕ φαίνεται να έχει το 23,8% (υποερώτημα 5.α.) και το 17,9% (υποερώτημα 6.α.) των συμμετεχόντων εκπαιδευτικών. Στο πρώτο έργο για την υποδεξιότητα ΣΧΕ της έρευνας των Ζουπίδης κ.ά. (2018) το ποσοστό των μελλοντικών εκπαιδευτικών που κατανοούν πλήρως την υποδεξιότητα είναι περίπου 6% για την ομάδα ελέγχου και 13% για την πειραματική ομάδα. Συγκρίνοντας τα ποσοστά των εκπαιδευτικών που κατανοούν μερικώς την υποδεξιότητα αυτή, παρατηρούμε πολύ υψηλά ποσοστά στην παρούσα έρευνα (57,1% και 53,6%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.5.), σε αντίθεση με την έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) που τα ποσοστά στην κατηγορία μερικής κατανόησης της υποδεξιότητας ΣΧΕ είναι 8% για την ομάδα ελέγχου και 15% για την πειραματική ομάδα. Επιπλέον, μεταξύ των αποτελεσμάτων της έρευνάς μας και της έρευνας των Ζουπίδης κ.ά. (2018) προκύπτει μια σημαντική ομοιότητα σχετικά με μια άλλη κατηγορία απαντήσεων, την κατηγορία 1, κατά την οποία οι εκπαιδευτικοί δεν απαντούν ορθά αλλά αναφέρουν την ορθή άποψή τους για το φαινόμενο. Στην παρούσα έρευνα αυτή η κατηγορία δεν εμφανίζεται σημαντικά (2,4% και 3,6%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.5.), όπως και στις απαντήσεις των μελλοντικών

εκπαιδευτικών (2% για την ομάδα ελέγχου και 0% για την πειραματική ομάδα) μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η δυσκολία που παρουσιάζουν οι εκπαιδευτικοί όταν καλούνται να περιγράψουν τον συλλογισμό πάνω στον οποίο βασίστηκε ο μαθητής, για να καταλήξει σε συμπέρασμα, σχετικό με την αρχική του υπόθεση. Μάλιστα, αυτές οι δυσκολίες εμφανίζονται και όταν εξετάζονται διαφορετικά φυσικά φαινόμενα π.χ. η απορρόφηση της θερμότητας ή ο ηλεκτρισμός. Φαίνεται πως οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) δυσκολεύονται σε σημαντικό βαθμό όταν καλούνται να περιγράψουν τον συλλογισμό και απαντούν ασαφώς ή λανθασμένα ακόμα και μετά τη διδακτική παρέμβαση (44% για την ομάδα ελέγχου και 30% για την πειραματική ομάδα). Κατά παρόμοιο τρόπο, στην παρούσα έρευνα ο αριθμός των απαντήσεων των εκπαιδευτικών οι οποίες ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι της ίδιας τάξης μεγέθους (38,1% και 35,7% στα δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.6.). Άλλωστε, σύμφωνα με τους Schwichow et al. (2020), η ικανότητα περιγραφής του συλλογισμού που κρύβεται πίσω από τον σχεδιασμό ενός έγκυρου πειράματος, μεταξύ άλλων, επηρεάζεται σημαντικά από τη γνώση επιστημονικού περιεχομένου και αυτή η δυσκολία έχει ανιχνευτεί και σε μαθητές του δημοτικού σχολείου, κυρίως μικρότερων τάξεων. Ακόμη, παρατηρούμε ότι πολλοί εκπαιδευτικοί, στην προσπάθειά τους να απαντήσουν στα υποερωτήματα 5.β. και 6.β., δεν αιτιολογούν επαρκώς, αλλά (α) απλώς περιγράφουν τις μεταβλητές που επηρεάζουν αυτό το σύστημα, στηρίζοντας τις ερμηνείες τους στις δικές τους προσδοκίες για τη συμπεριφορά του συστήματος και (β) εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες στο να τροποποιούν τη σκέψη τους, όταν αντιμετωπίζουν δεδομένα που έρχονται σε σύγκρουση με τις αρχικές τους ιδέες. Βέβαια, δυσκολίες σχετικές με τη δυναμική των αρχικών ιδεών και την εννοιολογική αλλαγή που απαιτείται σε κάθε περίπτωση, αναφέρονται και σε έρευνες στις οποίες οι συμμετέχοντες ήταν μαθητές (Park & Kim, 1998). Ενδεχομένως οι ελλείψεις αυτές να επηρεάζονται σημαντικά από τις παρανοήσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με τη μέθοδο ΣΕΜ, όπως προκύπτει για τους μαθητές σε παρόμοια έρευνα των Schwichow et al. (2022). Σε κάθε περίπτωση, φαίνεται πως για αυτούς τους εκπαιδευτικούς είναι απαραίτητη η υποστήριξη στη μάθηση των βασικών πτυχών του σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων, κάτι που προτείνεται για μαθητές σε σχετική έρευνα (Arnold et al., 2014).

Από την άλλη πλευρά, παρατηρούμε πως τα ποσοστά σχετικά με τη μερική αιτιολόγηση, δηλαδή με την προσπάθεια των εκπαιδευτικών της έρευνάς μας να

περιγράψουν μερικώς ορθά τον συλλογισμό των μαθητών δημοτικού, όταν οι τελευταίοι σχεδιάζουν ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα είναι αρκετά ικανοποιητικά. Πιο αναλυτικά, αθροίζοντας τα ποσοστά 13,1% της πλήρους κατανόησης και 46,4% της μερικής κατανόησης για το υποερώτημα 5.β., παρατηρούμε ότι το συνολικό ποσοστό φθάνει στο 59,5%. Αντίστοιχα, για το υποερώτημα 6.β. το συνολικό ποσοστό της πλήρους και μερικής κατανόησης φθάνει στο 60,4% (βλ. Πίνακα 5.6.). Παρατηρούμε πως τα ποσοστά αυτά, 59,5% και 60,4% για τους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς είναι πολύ υψηλότερα από τα ποσοστά των μελλοντικών εκπαιδευτικών που διαμορφώθηκαν στο 8% για την ομάδα ελέγχου και 27% για την πειραματική ομάδα (Ζουπίδης κ.ά., 2018), μπορούμε να δεχθούμε ότι και η προσπάθεια των εκπαιδευτικών της έρευνάς μας, να περιγράψουν μερικώς ορθά τον συλλογισμό των μαθητών δημοτικού, όταν οι τελευταίοι σχεδιάζουν ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, είναι αρκετά ικανοποιητική.

Συγκρίνοντας τα ποσοστά των απαντήσεων στην κατηγορία 1, κατά την οποία οι εκπαιδευτικοί δεν απαντούν ορθά αλλά αναφέρουν την ορθή άποψή τους για το φαινόμενο, στα υποερωτήματα που αφορούσαν την αιτιολόγηση (υποερωτήματα 5.β. και 6.β.) τα ποσοστά των εκπαιδευτικών που εμφανίζονται στην κατηγορία 1 στην προσπάθειά τους να περιγράψουν τον συλλογισμό των μαθητών δημοτικού είναι πολύ χαμηλά (2,4% και 3,6% στα δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.6.). Αντίθετα, στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) στο πρώτο έργο για την υποδεξιότητα ΣΧΕ η κατηγορία 1 ήταν αυτή στην οποία εντάχθηκαν οι περισσότερες απαντήσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση τα ποσοστά διαμορφώθηκαν στο 48% για την ομάδα ελέγχου και στο 43% για την πειραματική ομάδα, σαφώς πολύ υψηλότερα από τα ποσοστά των εκπαιδευτικών της δικής μας έρευνας.

Σημαντικές είναι οι δυσκολίες που οδηγούν τους εκπαιδευτικούς σε σχεδιαστικά λάθη και, όπως προκύπτει από την ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνάς μας, στην υποδεξιότητα ΣΧΕ τα περισσότερα λάθη εμφανίζονται στην κατηγορία 0δ (nse) με ποσοστό 50% και 40% επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών, σε δύο διαφορετικά έργα (βλ. Πίνακα 5.9.). Διαπιστώνουμε, δηλαδή, πως σχεδόν οι μισοί από τους εκπαιδευτικούς που οδηγούνται σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος, μελετώντας την υποδεξιότητα ΣΧΕ, επιλέγουν τις προτάσεις οι οποίες προτείνουν τη διατήρηση σταθερών όλων των μεταβλητών του συστήματος. Αξίζει να αναφέρουμε πως σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η δυσκολία αυτή παρατηρείται κυρίως σε μαθητές

μικρότερης ηλικίας (Chen & Klahr 1999, όπως αναφ. στο Ζουπίδης, 2012). Οι απαντήσεις των υπόλοιπων εκπαιδευτικών οι οποίοι εμφανίζουν κάποιο σχεδιαστικό λάθος εντάσσονται κυρίως στην κατηγορία 0β (ce-1), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλεται επιπλέον μία μεταβλητή, με ποσοστά 33,3% και 40%, σε δύο διαφορετικά έργα, αλλά οι υπόλοιπες κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών δεν παρουσιάζουν αξιολογικά ποσοστά εμφάνισης π.χ. στην κατηγορία 0α τα ποσοστά διαμορφώνονται στο 8,3% και 16,7% σε δύο διαφορετικά έργα (βλ. Πίνακα 5.9.). Αναλύοντας τις απαντήσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών στην έρευνα των (Ζουπίδης κ.ά., 2018) διαπιστώνουμε πως οι περισσότεροι από αυτούς οδηγούνται σε σχεδιαστικά λάθη των κατηγοριών 0β (ce-1) και 0γ (ce-2), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλουν ακόμη μία ή ακόμα δύο μεταβλητές. Δεν εμφανίζεται καθόλου η κατηγορία σχεδιαστικού λάθους 0δ (nce), όπου διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές του συστήματος, η οποία εμφανίζεται στη δική μας έρευνα. Αξίζει να αναφερθεί ότι στην έρευνα των Schwichow et al. (2022) δε μελετάται η υποδεξιότητα ΣΧΕ, με αποτέλεσμα να μην προκύπτει η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων της δικής μας έρευνας με τα σχεδιαστικά λάθη των μαθητών δημοτικού σε αυτή την υποδεξιότητα και αρκούμαστε στη σύγκριση των αποτελεσμάτων μας μόνο με τα σχεδιαστικά λάθη των μελλοντικών εκπαιδευτικών της έρευνας των Ζουπίδης κ.ά. (2018).

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε πως τα ποσοστά επιτυχίας και οι δυσκολίες των συμμετεχόντων/ουσών της παρούσας έρευνας, σχετικά με την υποδεξιότητα ΣΧΕ της ΣΕΜ, και αυτών που εμφανίζονται σε άλλες αντίστοιχες έρευνες παρουσιάζουν ελάχιστες αποκλίσεις μεταξύ τους. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί της παρούσας έρευνας, όσο και οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί της έρευνας των Ζουπίδης κ.ά. (2018), είναι σε θέση να σχεδιάσουν ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα που οδηγεί σε συμπέρασμα. Παρόλα αυτά, και στις δύο έρευνες ένα μεγάλο ποσοστό, τόσο των ενεργεία εκπαιδευτικών όσο και των μελλοντικών εκπαιδευτικών, δε φαίνεται να μπορεί να περιγράψει επαρκώς τον συλλογισμό με βάση τον οποίο καταλήγουμε σε συμπέρασμα, λαμβάνοντας δηλαδή υπόψη τα τεκμήρια που προκύπτουν από τον πειραματισμό.

Μια ακόμη σημαντική διαφορά η οποία προκύπτει από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των δύο αυτών ερευνών είναι πως, ενώ στη δική μας έρευνα οι εκπαιδευτικοί δεν αναφέρουν την άποψή τους για το φαινόμενο (κατηγορία απαντήσεων 1, βλ. Πίνακα 5.6.), οι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί στην έρευνα των

Ζουπίδης κ.ά. (2018) στην προσπάθειά τους να περιγράψουν τον συλλογισμό στον οποίο βασίστηκαν οι μαθητές δημοτικού για να σχεδιάσουν ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα, επιλέγουν αυτήν την κατηγορία σε μεγαλύτερο βαθμό από όλες τις άλλες κατηγορίες.

Τέλος, διαπιστώνουμε πως σχεδόν οι μισοί από τους εκπαιδευτικούς της δικής μας έρευνας οι οποίοι οδηγούνται σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος, μελετώντας την υποδεξιότητα ΣΧΕ, επιλέγουν τις προτάσεις οι οποίες προτείνουν τη διατήρηση σταθερών όλων των μεταβλητών του συστήματος, κάτι το οποίο δεν προκύπτει από τα αποτελέσματα της έρευνας των Ζουπίδης κ.ά. (2018) για τους μελλοντικούς εκπαιδευτικούς.

#### **6.1.4 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για την υποδεξιότητα ΚΑΤ (Κατανόηση του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα)**

Σε αυτή την υποενότητα συζητάμε τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, για το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα, με το οποίο μελετάμε τον βαθμό κατανόησης της υποδεξιότητας ΚΑΤ, συγκρίνοντας τα ποσοστά επιτυχίας και τις δυσκολίες των συμμετεχόντων/ουσών, με τα ποσοστά επιτυχίας και τις δυσκολίες που εμφανίζονται σε άλλες αντίστοιχες έρευνες. Επίσης, συζητάμε τα σχεδιαστικά λάθη που κυριαρχούν στις απαντήσεις των συμμετεχόντων/ουσών.

Αξιολογώντας τα αποτελέσματα βρέθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί φαίνεται να δυσκολεύονται να κατανοήσουν αυτή την υποδεξιότητα περισσότερο από κάθε άλλη, καθώς πρόκειται για μια πιο περίπλοκη γνωστική λειτουργία. Σύμφωνα με τον Zimmerman (2007), οι μαθητές δεν αναπτύσσουν μια ολιστική κατανόηση και των τεσσάρων υποδεξιοτήτων της ΣΕΜ και έτσι παρουσιάζουν μια μεγάλη διακύμανση σχετικά με τον βαθμό κατανόησης των τεσσάρων υποδεξιοτήτων της. Η διαπίστωση αυτή ενισχύεται και από τα αποτελέσματα της δικής μας έρευνας, καθώς τα ποσοστά των εκπαιδευτικών που εμφάνισαν πλήρη κατανόηση της υποδεξιότητας ΚΑΤ είναι 36,9% και 39,3%, σε δύο διαφορετικά έργα (βλ. Πίνακα 5.7.). Παρόμοια, οι μαθητές δημοτικού φαίνεται να παρουσιάζουν σημαντικές δυσκολίες και η πλήρης κατανόηση του λόγου που ένα πείραμα δεν είναι έγκυρο είναι μια σημαντική πρόκληση για αυτούς, καθώς το ποσοστό των μαθητών που εμφανίζουν πλήρη κατανόηση της υποδεξιότητας ΚΑΤ είναι μόλις 38% (Schwichow et al., 2022). Αντίθετα, το ποσοστό

κατανόησης των προηγούμενων τριών υποδεξιότητων από τους εκπαιδευτικούς της έρευνάς μας σε σχέση με την υποδεξιότητα ΚΑΤ, είναι πολύ υψηλότερο και στα δύο διαφορετικά έργα για την καθεμία. Πιο συγκεκριμένα, προσθέτοντας τα ποσοστά πλήρους και μερικής κατανόησης, για την υποδεξιότητα ΔΙΑ τα συνολικά ποσοστά διαμορφώνονται στο 69% και 81% (βλ. Πίνακα 5.1.), για την υποδεξιότητα ΕΡΜ 50% και 47,6% (βλ. Πίνακα 5.3.), για την υποδεξιότητα ΣΧΕ 80,9% και 71,5% (βλ. Πίνακα 5.5.) και για την υποδεξιότητα ΚΑΤ 36,9% και 43,1% όπως αναφέραμε παραπάνω (βλ. Πίνακα 5.8.).

Τα αποτελέσματα αυτά θα λέγαμε ότι ήταν αναμενόμενα, μιας και κατά τους Zohar και Peled (2008) η υποδεξιότητα ΚΑΤ αποτελεί μια σύνθετη μεταγνωστική πτυχή της ΣΕΜ και επιπλέον η κατανόηση των υπόλοιπων τριών υποδεξιότητων αποτελεί προϋπόθεση για την επίτευξη της κατανόησής της (Schwichow et al., 2020). Ενώ οι τρεις υποδεξιότητες της ΣΕΜ (ΔΙΑ, ΕΡΜ και ΣΧΕ) αναπτύσσονται καθώς οι μαθητές αλληλεπιδρούν με τα τεκμήρια των πειραματικών διαδικασιών, η κατάκτηση της υποδεξιότητας ΚΑΤ είναι πιο απαιτητική, καθώς οι μαθητές καλούνται να αλληλεπιδράσουν με τα τεκμήρια αλλά και να συλλογιστούν και τη διαδικασία ερμηνείας των τεκμηρίων (Schwichow et al., 2020). Κάτι αντίστοιχο καλούνται να κάνουν και οι εκπαιδευτικοί της παρούσας έρευνας, στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τη μέθοδο ΣΕΜ. Καλούνται, δηλαδή, να επιλέξουν τη μεταβλητή εκείνη που θεωρούν ότι ο μαθητής έλαβε υπόψη του για να καταλήξει σε σωστό συμπέρασμα, και μάλιστα στο πλαίσιο δύο διαφορετικών φυσικών φαινομένων (πλεύση/βύθιση-τριβή). Ειδικότερα, παρατηρούμε ότι οι εκπαιδευτικοί της έρευνάς μας επαναλαμβάνουν την ίδια λανθασμένη στρατηγική σε διαφορετικά πλαίσια, καθώς αυτή η δυσκολία εμφανίζεται και στα δύο φυσικά φαινόμενα που προτείνονται για την υποδεξιότητα ΚΑΤ.

Ένα άλλο αξιολογικό εύρημα από την ανάλυση των αποτελεσμάτων είναι πως οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στην έρευνα και που δεν κατανοούν την υποδεξιότητα ΚΑΤ (63,1% και 60,7%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.7. και Πίνακα 5.8.) εμφανίζουν υψηλό ποσοστό σχεδιαστικών λαθών. Μάλιστα, εντοπίζονται ποσοστά σχεδιαστικών λαθών σε τέτοιο βαθμό, όσο σε καμία από τις άλλες τρεις υποδεξιότητες της ΣΕΜ. Αν, για παράδειγμα, θα θέλαμε να συγκρίνουμε τον αριθμό των σχεδιαστικών λαθών για κάθε υποδεξιότητα ξεχωριστά, θα παρατηρούσαμε πως από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών στο υποερώτημα 1.α. για την υποδεξιότητα ΔΙΑ εμφανίζονται συνολικά 16 σχεδιαστικά λάθη, στο υποερώτημα 3 για την υποδεξιότητα

ΕΡΜ εμφανίζονται 42 σχεδιαστικά λάθη, στο υποερώτημα 5.α. για την υποδεξιότητα ΣΧΕ εμφανίζονται 24 σχεδιαστικά λάθη, ενώ στο ερώτημα 7 για την υποδεξιότητα ΚΑΤ εμφανίζονται συνολικά 53 λάθη (βλ. Πίνακα 5.9.).

Πιο συγκεκριμένα, οι εκπαιδευτικοί της έρευνάς μας, που οδηγούνται σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος, επιλέγουν τις προτάσεις οι οποίες τους οδηγούν κυρίως σε δύο κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών: α) στο σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0δ (nce), δηλαδή στη διατήρηση σταθερών όλων των μεταβλητών του συστήματος που μελετούν (51% και για τα δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.8.) και β) στο σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0α (cwn), δηλαδή στον έλεγχο της λανθασμένης μεταβλητής (49% και 43,1% σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.8.), παρόμοια με τους μαθητές μικρότερης ηλικίας (Chen & Klahr, 1999). Βέβαια, υπάρχουν και οι απαντήσεις που εντάσσονται στο σχεδιαστικό λάθος, όπου μεταβάλλονται όλες οι μεταβλητές (κατηγορία 0γ), αλλά είναι ελάχιστες (5.9%) και εμφανίζονται μόνο σε ένα από τα δύο έργα (βλ. Πίνακα 5.8.).

Αξίζει να σημειωθεί πως προκύπτουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων της δικής μας έρευνας σε σχέση με τα αποτελέσματα της έρευνας των Schwichow et al. (2022), αναφορικά με τα σχεδιαστικά λάθη που προκύπτουν από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών και των μαθητών δημοτικού αντίστοιχα. Ειδικότερα, οι μαθητές δημοτικού στην έρευνα των Schwichow et al. (2022) επιλέγουν τις προτάσεις εκείνες που τους οδηγούν στα σχεδιαστικά λάθη α) της κατηγορίας 0β (ce-1), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλουν επιπλέον μία μεταβλητή (31%), β) της κατηγορίας 0δ (nce), όπου διατηρούν σταθερές όλες τις μεταβλητές του συστήματος (23%), γ) της κατηγορίας 0α (cwn), όπου μεταβάλλουν τη λανθασμένη μεταβλητή (16%) και δ) της κατηγορίας 0γ (ce-2), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλουν επιπλέον δύο μεταβλητές (12%). Παρατηρούμε, δηλαδή, πως στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών της δικής μας έρευνας στο ερώτημα 7, τα σχεδιαστικά λάθη που εμφανίζονται σε μεγαλύτερο ποσοστό είναι των κατηγοριών 0δ (nce), όπου διατηρούν σταθερές όλες τις μεταβλητές του συστήματος (51%) και 0α (cwn), όπου μεταβάλλουν τη λανθασμένη μεταβλητή (49%). Αντίθετα, στην έρευνα των Schwichow et al. (2022), οι απαντήσεις των μαθητών που οδηγούν σε αυτές τις κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών είναι λιγότερες (23% για την κατηγορία 0δ (nce) και 16% για την κατηγορία 0α (cwn). Επίσης, ενώ στη δική μας έρευνα το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0γ (ce-2), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές, δεν εμφανίζεται σχεδόν καθόλου (3% μόνο



σε ένα από τα δύο ερωτήματα για την υποδεξιότητα ΚΑΤ), οι μαθητές δημοτικού εμφανίζουν μεγαλύτερο ποσοστό αυτής της κατηγορίας σχεδιαστικού λάθους (12%) και επιπλέον, εμφανίζουν υψηλό ποσοστό (31%) στην κατηγορία 0β (ce-1), η οποία θα λέγαμε είναι παρόμοιου τύπου με την κατηγορία 0γ (ce-2). Παρόμοια είναι τα ποσοστά των σχεδιαστικών λαθών που προκύπτουν από τις απαντήσεις των εκπαιδευτικών της έρευνάς μας και στο ερώτημα 8 για την υποδεξιότητα ΚΑΤ (βλ. Πίνακα 5.9.).

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε πως τα ποσοστά επιτυχίας και οι δυσκολίες των συμμετεχόντων/ουσών της παρούσας έρευνας, σχετικά με την υποδεξιότητα ΚΑΤ της ΣΕΜ, και αυτών που εμφανίζονται στην έρευνα των Schwichow et al. (2022) δεν παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, πως οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί της παρούσας έρευνας, όπως και οι μαθητές δημοτικού της έρευνας των Schwichow et al. (2022), δεν κατανοούν πλήρως τον λόγο που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα/κατάλληλα.

Επιπλέον, και στις δύο έρευνες εντοπίζονται ποσοστά σχεδιαστικών λαθών σε τέτοιο βαθμό, όσο σε καμία από τις άλλες τρεις υποδεξιότητες της ΣΕΜ. Εντούτοις, προκύπτουν ορισμένες αποκλίσεις ως προς τα σχεδιαστικά λάθη που εμφανίζονται, καθώς στην έρευνα των Schwichow et al. (2022) εμφανίζονται διαφορετικές κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών, σε σχέση με τη δική μας έρευνα. Οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί της έρευνάς μας που οδηγούνται σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος, επιλέγουν τις προτάσεις οι οποίες οδηγούν κυρίως σε δύο κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών: α) στο σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0δ (nce), δηλαδή στη διατήρηση σταθερών όλων των μεταβλητών του συστήματος που μελετούν και β) στο σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0α (cwn), δηλαδή στον έλεγχο της λανθασμένης μεταβλητής, σε αντίθεση με τα αποτελέσματα της έρευνας των Schwichow et al. (2022), όπου οι περισσότεροι μαθητές δημοτικού που καταλήγουν σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος, επιλέγουν τις προτάσεις εκείνες που τους οδηγούν στα σχεδιαστικά λάθη της κατηγορίας 0β (ce-1), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλουν επιπλέον μία μεταβλητή. Τέλος, να σημειώσουμε ότι στη δική μας έρευνα η κατηγορία σχεδιαστικού λάθους 0β (ce-1) δεν εμφανίζεται καθόλου στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών για την υποδεξιότητα ΚΑΤ (βλ. Πίνακα 6.1.).

### 6.1.5 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για τα σχεδιαστικά λάθη έγκυρων πειραμάτων

Σε αυτή την υποενότητα συζητάμε τα σχεδιαστικά λάθη που κυριαρχούν στις απαντήσεις των συμμετεχόντων/ουσών της παρούσας έρευνας και τα συγκρίνουμε με αυτά που έχουν καταγραφεί στην έρευνα των Schwichow et al. (2022) και στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018).

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνάς μας, οι κατηγορίες, αλλά και η συχνότητα των σχεδιαστικών λαθών που εμφανίζονται στην κάθε υποδεξιότητα είναι διαφορετικές. Ειδικότερα, α) στην υποδεξιότητα ΔΙΑ εμφανίζεται συχνότερα το σχεδιαστικό λάθος 0α (cwn), όπου ελέγχεται η λανθασμένη μεταβλητή, β) στην υποδεξιότητα EPM το σχεδιαστικό λάθος 0γ (ce-2), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλονται επιπλέον δύο μεταβλητές και γ) στις υποδεξιότητες ΣΧΕ και ΚΑΤ εμφανίζεται το σχεδιαστικό λάθος 0δ (nce), όπου διατηρούνται σταθερές όλες οι μεταβλητές, με διαφορετικά όμως ποσοστά (βλ. Πίνακα 5.9.).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν όσα προκύπτουν από τη σύγκριση των σχεδιαστικών λαθών στις τρεις έρευνες (σε μαθητές δημοτικού των Schwichow et al. (2022), σε μελλοντικούς εκπαιδευτικούς των Ζουπίδης κ.ά. (2018) και σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς της παρούσας έρευνας), καθώς παρατηρούμε πως υπάρχουν ομοιότητες, αλλά και σημαντικές αποκλίσεις σε ορισμένες υποδεξιότητες της ΣΕΜ. Ειδικότερα, μεταξύ των παραπάνω ερευνών:

	Schwichow et al. (2022)	Ζουπίδης κ.ά. (2018)	Παρούσα έρευνα
<b>ΔΙΑ</b>	(cwn) 55%	(cwn) πλειοψηφία	(cwn) 62,5%, 84,6%
<b>EPM</b>	(ce-2) 48% (ce-1) 17%	-	(ce-2) 81%, 72,8%
<b>ΣΧΕ</b>	-	(ce-2) & (ce-1) πλειοψηφία (cwn) ελάχιστες	(nce) 50%, 40% (ce-1) 33,3%, 40%
<b>ΚΑΤ</b>	(ce-1) 31% (nce) 23%	-	(nce) 51%, 51% (cwn) 49%, 43,1%

---

**ΔΙΑ:** Διάκριση έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα, **ΕΡΜ:** Ερμηνεία έγκυρων πειραμάτων,

**ΣΧΕ:** Σχεδιασμός έγκυρων πειραμάτων, **ΚΑΤ:** Κατανόηση του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα, **ce-1, ce-2:** σχεδιάζουν πολλαπλά μη έγκυρα πειράματα, όπου, εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλουν επιπλέον μία ή δύο μεταβλητές αντίστοιχα, **cwn:** σχεδιάζουν έγκυρα πειράματα για μια λανθασμένη ανεξάρτητη μεταβλητή, **nce:** Διατηρούν σταθερές όλες οι μεταβλητές.

---

**Πίνακας 6.1.** Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των σχεδιαστικών λαθών για τις υποδεξιότητες ΔΙΑ, ΕΡΜ, ΣΧΕ και ΚΑΤ

α) Στην υποδεξιότητα ΔΙΑ δεν παρατηρούμε σημαντικές διαφορές σχετικά με τα σχεδιαστικά λάθη, ως προς τα ποσοτικά και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους. Πιο αναλυτικά για αυτή την υποδεξιότητα, το συχνότερο σχεδιαστικό λάθος είναι της κατηγορίας 0α (cwn), όπου μεταβάλλεται η λανθασμένη μεταβλητή και σε αυτό οδηγούνται: α) οι περισσότεροι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί με ποσοστό που διαμορφώνεται στο 62,5% και στο 84,6% επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών για αυτή την υποδεξιότητα, σε δύο διαφορετικά έργα, β) πολλοί μαθητές με ποσοστό 55% επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών για αυτή την υποδεξιότητα και γ) οι περισσότεροι μελλοντικοί εκπαιδευτικοί.

β) Στην υποδεξιότητα ΕΡΜ παρατηρούμε την εμφάνιση παρόμοιου τύπου κατηγοριών σχεδιαστικών λαθών, τις κατηγορίες 0β (ce-1) και 0γ (ce-2), όπου εκτός από τη μεταβαλλόμενη μεταβλητή οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές δημοτικού μεταβάλλουν επιπλέον μία ή επιπλέον δύο μεταβλητές. Βέβαια, προκύπτει μια διαφορά ως προς τον βαθμό εμφάνισης των σχεδιαστικών λαθών, ανάμεσα στη δική μας έρευνα και στην έρευνα των Schwichow et al. (2022), με το ποσοστό εμφάνισης των σχεδιαστικών λαθών στη δική μας έρευνα να είναι μεγαλύτερο,. Να υπενθυμίσουμε πως για την υποδεξιότητα ΕΡΜ μπορούμε να προχωρήσουμε σε σύγκριση μόνο μεταξύ των δύο ερευνών, των Schwichow et al. (2022) και της δικής μας έρευνας, καθώς η υποδεξιότητα αυτή δε μελετάται στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018). Πιο αναλυτικά: α) το συχνότερο σχεδιαστικό λάθος για τους εκπαιδευτικούς της έρευνάς μας είναι της κατηγορίας 0γ (ce-2) με το ποσοστό να διαμορφώνεται στο 81% και 72,8% επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών για την υποδεξιότητα ΕΡΜ, σε δύο διαφορετικά έργα και β) το συχνότερο σχεδιαστικό λάθος για τους μαθητές δημοτικού είναι της κατηγορίας 0β (ce-1) με ποσοστό 48% επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών για αυτήν την υποδεξιότητα. Σε μικρότερο αλλά σημαντικό βαθμό, στις απαντήσεις των μαθητών εμφανίζεται το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0γ (ce-2) με ποσοστό 17%. Εντούτοις, θα μπορούσαμε να πούμε πως δεν

παρατηρούμε σημαντικές διαφορές ως προς τα σχεδιαστικά λάθη που εμφανίζουν οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές δημοτικού, καθώς οι κατηγορίες 0β (ce-1) και 0γ (ce-2) είναι παρόμοιου τύπου.

γ) Συγκρίνοντας τα σχεδιαστικά λάθη που προέκυψαν από τις απαντήσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) και των εκπαιδευτικών της δικής μας έρευνας στην υποδεξιότητα ΣΧΕ, παρατηρούμε πως εμφανίζονται διαφορετικές κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών. Υπενθυμίζουμε ότι η υποδεξιότητα ΣΧΕ δεν ελέγχεται στην έρευνα των Schwichow et al. (2022). Πιο αναλυτικά, στην παρούσα έρευνα εμφανίζονται δύο κατηγορίες σχεδιαστικών λαθών για την υποδεξιότητα ΣΧΕ: α) η κατηγορία 0β (ce-1), όπου εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή μεταβάλλουν επιπλέον μία μεταβλητή, με ποσοστό 49% και 43,1% επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών και β) η κατηγορία 0δ (nce), και μάλιστα με ποσοστό 51% επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών και στα δύο διαφορετικά έργα, όπου οι εκπαιδευτικοί διατηρούν σταθερές όλες τις μεταβλητές του συστήματος. Αντίθετα, τα σχεδιαστικά λάθη που προέκυψαν από τις απαντήσεις των μελλοντικών εκπαιδευτικών στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) για την υποδεξιότητα ΣΧΕ εντάχθηκαν κατά κύριο λόγο στις κατηγορίες 0β (ce-1) και 0γ (ce-2), καθώς εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλουν επιπλέον μία ή επιπλέον δύο μεταβλητές και ελάχιστα σχεδιαστικά λάθη στην κατηγορία 0α (cwn), όπου ελέγχουν τη λανθασμένη μεταβλητή.

δ) Στην υποδεξιότητα ΚΑΤ εμφανίζονται σημαντικές διαφορές, καθώς περίπου οι μισοί εκπαιδευτικοί της έρευνάς μας που καταλήγουν σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος, διατηρούν όλες τις μεταβλητές σταθερές (κατηγορία 0δ- nce) και σχεδόν όλοι οι υπόλοιποι μεταβάλλουν τη λανθασμένη μεταβλητή, δηλαδή οδηγούνται στο σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0α (cwn). Πιο αναλυτικά, οι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό το σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0δ (nce) με ποσοστό 51% και στα δύο διαφορετικά έργα, και επιπλέον το σχεδιαστικό λάθος 0α (cwn) με ποσοστό 49% και 43,1% επί του συνόλου των σχεδιαστικών λαθών. Αντίθετα, οι μαθητές δημοτικού στην έρευνα των Schwichow et al. (2022), κατά κύριο λόγο οδηγούνται στο σχεδιαστικό λάθος της κατηγορίας 0β (ce-1) με ποσοστό 31%, καθώς εκτός από την υπό έλεγχο μεταβλητή, μεταβάλλουν επιπλέον μία μεταβλητή (βλ. Πίνακα 6.1.).

Ένα άλλο στοιχείο που έχει ενδιαφέρον είναι η επιρροή που είχε στην κατανόηση της ΣΕΜ η πληροφόρηση την οποία έλαβαν οι εκπαιδευτικοί για την εγκυρότητα ή όχι

των πειραμάτων. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας των Schwichow et al. (2022), μεταξύ άλλων, προκύπτει ότι οι μαθητές οι οποίοι είχαν προηγουμένως ενημερωθεί για τη μη εγκυρότητα των πειραμάτων, εμφάνισαν καλύτερες επιδόσεις στην κατανόηση της υποδεξιότητας ΚΑΤ, σε σχέση με παλαιότερες έρευνες στις οποίες οι μαθητές δεν είχαν καμία προηγούμενη πληροφόρηση (Schwichow et al., 2016). Οφείλουμε όμως να επισημάνουμε, πως σύμφωνα με τα αποτελέσματα της δικής μας έρευνας, η πληροφόρηση δε φάνηκε να επηρεάζει θετικά την κατανόηση των υποδεξιοτήτων ΕΡΜ και ΚΑΤ της ΣΕΜ, καθώς οι εκπαιδευτικοί της έρευνάς μας, παρότι γνώριζαν εκ των προτέρων για την εγκυρότητα ή τη μη εγκυρότητα των πειραμάτων, εμφάνισαν αρκετά σχεδιαστικά λάθη στην υποδεξιότητα ΕΡΜ (50% και 50,2%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.4.) και κυρίως στην υποδεξιότητα ΚΑΤ (63% και 60,7%, σε δύο διαφορετικά έργα, βλ. Πίνακα 5.8.). Προφανώς, αυτό ενισχύει τη διαπίστωση ότι ο βαθμός δυσκολίας για την κατανόηση της κάθε υποδεξιότητας είναι διαφορετικός, ακόμη και στους εν ενεργεία εκπαιδευτικούς και πιθανόν η πληροφόρηση να μην επηρεάζει πάντοτε θετικά την κατανόηση της ΣΕΜ.

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε πως οι εκπαιδευτικοί που συμμετέχουν στην έρευνα παρουσιάζουν μια μεγάλη διακύμανση σχετικά με τα σχεδιαστικά λάθη έγκυρων/κατάλληλων πειραμάτων στις τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ. Οφείλουμε επίσης να επισημάνουμε, ότι οι κατηγορίες, αλλά και η συχνότητα των σχεδιαστικών λαθών που εμφανίζονται στην κάθε υποδεξιότητα είναι διαφορετικές, στοιχείο που εμφανίζεται και σε άλλες έρευνες (Schwichow et al., 2022· Ζουπίδης κ.ά., 2018). Τέλος, από το σύνολο των εκπαιδευτικών που οδηγούνται σε κάποιο σχεδιαστικό λάθος στην υποδεξιότητα ΣΧΕ, σχεδόν οι μισοί εκπαιδευτικοί επιλέγουν τις προτάσεις εκείνες, με τις οποίες διατηρούν σταθερές όλες τις μεταβλητές. Επίσης, για την υποδεξιότητα ΚΑΤ περίπου οι μισοί εκπαιδευτικοί επιλέγουν τις προτάσεις εκείνες με τις οποίες διατηρούν σταθερές όλες τις μεταβλητές και σχεδόν όλοι οι υπόλοιποι επιλέγουν τις προτάσεις με τις οποίες μεταβάλλουν τη λανθασμένη μεταβλητή (βλ. Πίνακα 5.9.). Σε αυτή την περίπτωση, η πιθανότητα να υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ των δύο παραπάνω υποδεξιοτήτων ΣΧΕ και ΚΑΤ σχετικά με το είδος των σχεδιαστικών λαθών που προκύπτουν σε καθεμία από αυτές, είναι κάτι το οποίο μπορεί να διερευνηθεί σε μελλοντική έρευνα.

### **6.1.6 Συζήτηση των αποτελεσμάτων για τη σχέση μεταξύ του βαθμού κατανόησης της ΣΕΜ i) με την προϋπηρεσία και ii) με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ**

Στην τελευταία υποενότητα συζητάμε τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, σχετικά με τη σχέση μεταξύ του βαθμού κατανόησης της ΣΕΜ τόσο με την προϋπηρεσία όσο και με την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ.

Έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα ευρήματα των ελέγχων που έγιναν μεταξύ των δημογραφικών χαρακτηριστικών των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα και του βαθμού συνολικής κατανόησης της μεθόδου ΣΕΜ. Αξιολογώντας τα αποτελέσματα της έρευνάς μας για το έκτο ερευνητικό ερώτημα, φάνηκε ότι τα δημογραφικά στοιχεία προϋπηρεσία και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ δεν σχετίζονται σημαντικά με την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ, κάτι το οποίο δεν ήταν αναμενόμενο.

Πιο συγκεκριμένα, όλες οι συσχετίσεις που έγιναν μεταξύ του βαθμού κατανόησης της ΣΕΜ και της προϋπηρεσίας των συμμετεχόντων/ουσών εκπαιδευτικών έδειξαν ότι η διδακτική εμπειρία από μόνη της δεν μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ. Ενδεχομένως, παρότι οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί υπηρετούν αρκετά χρόνια στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, οι προηγούμενες εμπειρίες τους σε αυθεντικά περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης στις ΦΕ να ήταν ελάχιστες και αυτό να είναι ένας από τους λόγους που η προϋπηρεσία δεν επηρέασε θετικά την κατανόηση της ΣΕΜ από αυτούς.

Η απουσία συσχέτισης ανάμεσα στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ και στην κατανόηση της μεθόδου δεν ήταν αναμενόμενη, καθώς, σύμφωνα με τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που προηγήθηκε, η ρητή διδασκαλία της μεθόδου (Chen & Klahr, 1999· Toth et al., 2000), η παροχή πληροφόρησης και καθοδήγησης και η προσαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού (Schwichow et al., 2020) είναι ορισμένοι μόνο από τους παράγοντες που επηρεάζουν σημαντικά την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ. Επιπλέον, στην έρευνα των Ζουπίδης κ.ά. (2018) παρατηρείται σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ έπειτα από τη διδακτική παρέμβαση. Άρα, με βάση τα παραπάνω, θα περίμενε κανείς να υπάρχει θετική συσχέτιση ανάμεσα στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ και στην κατανόηση της ΣΕΜ. Πιθανόν, αυτό

μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι οι περισσότεροι από αυτούς είχαν επιμορφωθεί σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ ευκαιριακά, κυρίως μέσω παρακολούθησης σχετικών ημερίδων και σεμιναρίων (ενδοσχολικών και εξωσχολικών) και ίσως μια μακροχρόνια, συστηματική και μεθοδική επιμόρφωση, όπως ένας κύκλος μεταπτυχιακών σπουδών, να ενίσχυε την κατανόηση της ΣΕΜ, κάτι το οποίο θα μπορούσε να διερευνηθεί μελλοντικά.

Συνοψίζοντας, παρατηρούμε πως τα δημογραφικά στοιχεία προϋπηρεσία και επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ δεν σχετίζονται σημαντικά με την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ από τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σε αυτήν την μελέτη, κάτι το οποίο δεν ήταν αναμενόμενο. Συγκεκριμένα, οι συσχετίσεις που διερευνήθηκαν έδειξαν ότι η διδακτική εμπειρία από μόνη της δεν μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ. Επιπλέον, παρότι από τη βιβλιογραφική επισκόπηση προκύπτει πως παρατηρείται σημαντική βελτίωση στην κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ έπειτα από τη διδακτική παρέμβαση Ζουπίδης κ.ά. (2018), δεν υπάρχει θετική συσχέτιση ανάμεσα στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ και στην κατανόηση της ΣΕΜ. Στη διαμόρφωση αυτών των αποτελεσμάτων πιθανόν να συνετέλεσε η απουσία εμπλοκής των εν ενεργεία εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα σε αυθεντικά περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ και η ευκαιριακή επιμόρφωσή τους σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ.

## **6.2 Συμπεράσματα**

Η παρούσα εργασία επιχειρεί να δώσει εμπειρικά στοιχεία αναφορικά με τις απόψεις και δυσκολίες των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα για την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ, όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο. Όπως αναφέρθηκε εκτενώς στο 1ο Κεφάλαιο της εργασίας, αν και συναντάται στη βιβλιογραφία μία πληθώρα ερευνών, που αφορούν την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ από μαθητές σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, εντούτοις δεν υπάρχουν αρκετές μελέτες για τους εκπαιδευτικούς της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Μελετώντας, επομένως, τα αποτελέσματα της δικής μας έρευνας, καταλήγουμε σε ορισμένα συμπεράσματα, τα οποία παραθέτουμε παρακάτω.

Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας φαίνεται πως, παρόμοια με άλλες έρευνες, οι περισσότεροι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί είναι σε θέση να κατανοήσουν τις υποδεξιότητες της *Διάκρισης έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα* (ΔΙΑ), της *Ερμηνείας έγκυρων πειραμάτων* (ΕΡΜ) και του *Σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων* (ΣΧΕ), αλλά είναι λιγότεροι αυτοί που μπορούν να κατανοήσουν την υποδεξιότητα της *Κατανόησης του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα* (ΚΑΤ). Φυσικά, η διαπίστωση αυτή ήταν αναμενόμενη, καθώς η υποδεξιότητα της *Κατανόησης του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα* (ΚΑΤ) αποτελεί μία σύνθετη μεταγνωστική πτυχή της ΣΕΜ και ενδεχομένως η κατανόηση των τριών προηγούμενων πτυχών της ΣΕΜ να αποτελεί βασική προϋπόθεση για την κατανόησή της. Ακόμη, διαπιστώνουμε πως το επίπεδο κατανόησης μιας επιμέρους υποδεξιότητας της ΣΕΜ, για παράδειγμα της *Διάκρισης έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα* (ΔΙΑ), δε σχετίζεται με τον βαθμό ανάπτυξης μιας άλλης υποδεξιότητας. Ενώ θα περίμενε κανείς πως η πληροφόρηση της εγκυρότητας ή της μη εγκυρότητας ενός πειράματος μπορεί να επηρεάσει θετικά την κατανόηση των υποδεξιοτήτων ΕΡΜ και ΚΑΤ αντίστοιχα, εντούτοις οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί οδηγούνται σε περισσότερα σχεδιαστικά λάθη στις δύο αυτές υποδεξιότητες από ό,τι στις άλλες δύο στις οποίες δεν είχαν προηγουμένως ενημερωθεί για την εγκυρότητα ή όχι των πειραμάτων που μελετούνταν. Καταλήγουμε, λοιπόν, στο συμπέρασμα πως στην παρούσα έρευνα η πληροφόρηση, δεν έχει θετική επιρροή στην ανάπτυξη των συγκεκριμένων δύο υποδεξιοτήτων.

Πιο αναλυτικά, ένα σημαντικό στοιχείο της έρευνάς μας είναι ότι, καθώς δεν προηγήθηκε διδακτική παρέμβαση, οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί, ενώ είναι σε θέση να διακρίνουν ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα από άλλα μη έγκυρα/κατάλληλα πειράματα, δεν είναι σε θέση να αιτιολογήσουν πλήρως για ποιο λόγο απορρίπτουν ένα πείραμα ως μη έγκυρο/κατάλληλο. Από τα παραπάνω, διαπιστώνουμε πως οι εκπαιδευτικοί της έρευνάς μας είναι μερικώς ικανοί ως προς τη κατανόηση της υποδεξιότητας της *Διάκρισης έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα* (ΔΙΑ). Προφανώς, η παραγωγή αιτιωδών συλλογισμών θεωρείται υψηλή δεξιότητα επιστημονικού συλλογισμού, την οποία φαίνεται πως ορισμένοι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί δεν έχουν κατακτήσει πλήρως.

Επιπρόσθετα, παρατηρούμε πως οι μισοί εν ενεργεία εκπαιδευτικοί είναι σε θέση να ερμηνεύουν έγκυρα/κατάλληλα πειράματα, βάσει των τεκμηρίων που τους παρουσιάζονται. Πρόκειται για ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, καθώς η ικανότητα εξαγωγής συμπερασμάτων από τα αποτελέσματα έγκυρων πειραμάτων οριοθετεί κατά



ένα μέρος και την εννοιολογική διάσταση της ΣΕΜ. Φυσικά, θα περίμενε κανείς να είναι περισσότεροι οι εκπαιδευτικοί που έχουν τη δυνατότητα να ερμηνεύουν έγκυρα/κατάλληλα πειράματα, αφού είχε προηγηθεί πληροφόρηση για την εγκυρότητα των πειραμάτων, αλλά φαίνεται πως επηρεάζονται σημαντικά από τις παρανοήσεις τους σχετικά με τη μέθοδο ΣΕΜ και δεν εμφανίζουν καλύτερες επιδόσεις από τους μαθητές δημοτικού, ως προς την κατανόηση της υποδεξιότητας της *Ερμηνείας έγκυρων πειραμάτων* (EPM).

Αξίζει να αναφερθεί, πως οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί της παρούσας έρευνας είναι σε θέση να σχεδιάσουν ένα έγκυρο/κατάλληλο πείραμα που οδηγεί σε συμπέρασμα. Πρόκειται για ένα πολύ θετικό στοιχείο, μιας και ο *Σχεδιασμός έγκυρων/κατάλληλων πειραμάτων* (ΣΧΕ), τα αποτελέσματα των οποίων μπορούν να οδηγήσουν σε συμπέρασμα, είναι μια σύνθετη διαδικασία. Παρόλα αυτά, αρκετοί από αυτούς δε φαίνεται να μπορούν να περιγράψουν επαρκώς τον συλλογισμό στον οποίο βασίστηκε ο μαθητής για να καταλήξει σε συμπέρασμα σχετικό με την αρχική του υπόθεση, καθώς η η κατάκτηση της ικανότητας περιγραφής του συλλογισμού που κρύβεται πίσω από τον σχεδιασμό ενός έγκυρου/κατάλληλου πειράματος θεωρείται μια δύσκολη διαδικασία και αυτή η δυσκολία έχει ανιχνευτεί και σε μαθητές του δημοτικού σχολείου. Ακόμη, διαπιστώνουμε πως πολλοί εκπαιδευτικοί, στην προσπάθειά τους να περιγράψουν τον συλλογισμό, απλώς περιγράφουν τις μεταβλητές που επηρεάζουν αυτό το σύστημα, κι αυτό γιατί στηρίζουν τις ερμηνείες τους στις δικές τους προσδοκίες για τη συμπεριφορά του συστήματος.

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός, πως οι εκπαιδευτικοί της έρευνάς μας, αδυνατούν να αιτιολογήσουν επαρκώς τη μη εγκυρότητα των πειραμάτων, γεγονός που ήταν αναμενόμενο, μιας και η κατανόηση της υποδεξιότητας *Κατανόηση του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα* (ΚΑΤ) αποτελεί μια σύνθετη μεταγνωστική πτυχή της ΣΕΜ. Επίσης, διαπιστώνουμε πως, ακόμη κι αν οι εκπαιδευτικοί είναι ενήμεροι για τη μη εγκυρότητα των πειραμάτων, φαίνεται να δυσκολεύονται να κατανοήσουν αυτή την υποδεξιότητα περισσότερο από κάθε άλλη, καθώς πρόκειται για μια πιο περίπλοκη γνωστική λειτουργία. Με άλλα λόγια, καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως η ενημέρωση για την εγκυρότητα/καταλληλότητα ενός πειράματος, δεν αποτελεί ικανή συνθήκη για την ανάπτυξη της συγκεκριμένης υποδεξιότητας. Άλλωστε, η κατανόηση της ΣΕΜ δεν αναπτύσσεται ολιστικά, και επιπλέον η κατάκτηση των τριών άλλων υποδεξιοτήτων (ΔΙΑ, EPM και ΣΧΕ) ενδεχομένως να

αποτελεί βασική προϋπόθεση για την κατανόηση της υποδεξιότητας της *Κατανόησης του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα* (ΚΑΤ).

Ακόμη συμπεραίνουμε πως οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί οδηγούνται σε σχεδιαστικά λάθη και στις τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ, κάτι που ενισχύει την άποψη της εμφάνισης παρανοήσεων σχετικά με τη ΣΕΜ ακόμη και σε ενήλικες. Βέβαια, μεταξύ των τεσσάρων υποδεξιότητων της ΣΕΜ εμφανίζονται διαφορές που εντοπίζονται τόσο στα ποσοτικά όσο και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των σχεδιαστικών λαθών. Με άλλα λόγια, οι κατηγορίες αλλά και η συχνότητα των σχεδιαστικών λαθών που εμφανίζονται στην κάθε υποδεξιότητα είναι διαφορετικές, κι αυτό γιατί, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η κατανόηση της ΣΕΜ δεν αναπτύσσεται ολιστικά. Ακόμη, είναι χρήσιμο να τονιστεί πως δεν εμφανίζονται καθόλου τα σχεδιαστικά λάθη δύο κατηγοριών που εντοπίσαμε στη βιβλιογραφική επισκόπηση.

Πιο συγκεκριμένα, η κατηγορία 0ε (hotat), όπου διατηρείται σταθερή μία μεταβλητή κάθε φορά, αφού αυτό το σχεδιαστικό λάθος εμφανίζεται σε πολύ χαμηλά ποσοστά ακόμη και σε μαθητές δημοτικού και η κατηγορία 0στ (oos), όπου σχεδιάζεται μία μόνο πειραματική δοκιμή, καθώς ο σχεδιασμός των ερωτημάτων του ερωτηματολογίου μας είναι τέτοιος που δε δίνει τη δυνατότητα εμφάνισης της κατηγορίας αυτής. Παρατηρούμε, επίσης, πως τα συχνότερα σχεδιαστικά λάθη που κυριαρχούν στις απαντήσεις των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι παρόμοιου τύπου με τα σχεδιαστικά λάθη των μαθητών δημοτικού και των μελλοντικών εκπαιδευτικών για την υποδεξιότητα της *Διάκρισης έγκυρων από μη έγκυρα πειράματα* (ΔΙΑ), καθώς και των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και των μαθητών δημοτικού για την υποδεξιότητα της *Ερμηνείας έγκυρων πειραμάτων* (ΕΡΜ). Αντίθετα, παρουσιάζονται σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των κατηγοριών των σχεδιαστικών λαθών που προκύπτουν για τις άλλες δύο υποδεξιότητες της ΣΕΜ, δηλαδή για την υποδεξιότητα του *Σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων* (ΣΧΕ) και κυρίως για την υποδεξιότητα της *Κατανόησης του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα* (ΚΑΤ). Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, οι υποδεξιότητες του *Σχεδιασμού έγκυρων πειραμάτων* (ΣΧΕ) και κυρίως της *Κατανόησης του λόγου που ορισμένα πειράματα δεν είναι έγκυρα* (ΚΑΤ) είναι πιο σύνθετες μεταγνωστικές πτυχές της ΣΕΜ, αλλά δε γνωρίζουμε εάν αυτό επηρεάζει την εμφάνιση των διαφορετικών κατηγοριών των σχεδιαστικών λαθών μεταξύ των μαθητών και των εν ενεργεία εκπαιδευτικών ή μεταξύ των μελλοντικών και των εν ενεργεία εκπαιδευτικών. Προφανώς, η σχέση μεταξύ των σχεδιαστικών λαθών που κυριαρχούν και άλλων

παραγόντων π.χ. της ηλικίας ή της εκπαιδευτικής εμπειρίας, αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο που πρέπει να διερευνηθεί.

Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο που προκύπτει είναι πως, παρότι οι συμμετέχοντες/ουσες εκπαιδευτικοί υπηρετούν αρκετά χρόνια στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, οι προηγούμενες εμπειρίες τους σε αυθεντικά περιβάλλοντα διδασκαλίας και μάθησης στις ΦΕ ήταν ελάχιστες και ίσως αυτός να είναι ένας από τους λόγους που η προϋπηρεσία δεν επηρέασε θετικά την κατανόηση της ΣΕΜ από αυτούς. Ενδεχομένως, και η ευκαιριακή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε θέματα διδασκαλίας και μάθησης ΦΕ, οδηγεί σε παρόμοια συμπεράσματα. Ίσως μια μακροχρόνια, συστηματική και μεθοδική επιμόρφωση, όπως ένας κύκλος μεταπτυχιακών σπουδών, να ενίσχυε την κατανόηση της ΣΕΜ, κάτι το οποίο θα μπορούσε να διερευνηθεί μελλοντικά. Παράλληλα, θεωρούμε ότι τα αποτελέσματα της έρευνας αυτής ενισχύουν την άποψη ότι η εκπαίδευση/επιμόρφωση των εκπαιδευτικών σε ζητήματα κατανόησης των επιστημονικών πρακτικών με στόχο την ενσωμάτωσή τους στη διδασκαλία και μάθηση των ΦΕ είναι σημαντική και απαραίτητη.

### **6.3 Περιορισμοί της έρευνας-Προεκτάσεις της έρευνας**

Έχοντας ολοκληρώσει την έρευνα για το υπό μελέτη θέμα αναφορικά με τις απόψεις των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ όταν μαθητές δημοτικού εφαρμόζουν τη μέθοδο, θα πρέπει να αναφερθούν και οι περιορισμοί που εντοπίστηκαν κατά τη διεξαγωγή της έρευνας.

Σε όλα τα στάδια της παρούσας μελέτης, από τον σχεδιασμό μέχρι την ερμηνεία των δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων, δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη διασφάλιση της εγκυρότητας της έρευνας.

Ωστόσο, υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί στην εν λόγω έρευνα, οι οποίοι δεν επιτρέπουν τη γενίκευση των αποτελεσμάτων. Ένας βασικός περιορισμός είναι ότι ο αριθμός των συμμετεχόντων/ουσών εκπαιδευτικών είναι μικρός και διδάσκει σε σχολεία κυρίως στην περιφέρεια της Κοζάνης. Επομένως, υπάρχει μεγάλη πιθανότητα οι συμμετέχοντες εκπαιδευτικοί να μην έχουν την ίδια διάρθρωση με αυτή του γενικού πληθυσμού και για τον λόγο αυτό να θεωρηθεί μεροληπτικό. Επιπρόσθετοι περιορισμοί μπορούν να θεωρηθούν ο τρόπος με τον οποίο διεξήχθη η δειγματοληψία, καθώς επιλέχθηκε ένα βολικό δείγμα για την υλοποίηση της έρευνας, καθώς και ο τρόπος διάθεσης του ερωτηματολογίου. Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να τονιστεί και

η πιθανή αδυναμία ορισμένων εκπαιδευτικών να απαντήσουν στα ερωτήματα του ερευνητικού εργαλείου λόγω των περιορισμένων ψηφιακών γνώσεων, καθώς το ερωτηματολόγιο διαμοιράστηκε ηλεκτρονικά.

Τέλος και σύμφωνα με τα ζητήματα που συζητήθηκαν στην παρούσα έρευνα, προκύπτουν οι παρακάτω προτάσεις οι οποίες θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη σε περίπτωση που άλλες ερευνητικές ομάδες θα είχαν την πρόθεση να μελετήσουν την κατανόηση της μεθόδου ΣΕΜ από τους εκπαιδευτικούς. Ακόμη, τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των σχεδιαστικών λαθών που προκύπτουν από τις απαντήσεις των εν ενεργεία εκπαιδευτικών είναι μία παράμετρος που παρουσιάζει ενδιαφέρον για περαιτέρω μελέτη. Θα μπορούσε, για παράδειγμα να διερευνηθεί σε μεγαλύτερο βάθος το είδος και ο βαθμός εμφάνισης των σχεδιαστικών λαθών κατά την διαπραγμάτευση κάθε μίας από τις τέσσερις υποδεξιότητες της ΣΕΜ, και με αυτόν τον τρόπο να ελεγχθεί η σχέση που προκύπτει μεταξύ των τεσσάρων υποδεξιοτήτων της ΣΕΜ και των σχεδιαστικών λαθών που εμφανίζονται σε καθεμιά. Επιπλέον, μια άλλη παράμετρος η οποία θα παρουσίαζε ενδιαφέρον για περαιτέρω μελέτη είναι η πιθανή συσχέτιση μεταξύ μιας μακροχρόνιας, συστηματικής και μεθοδικής επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και του βαθμού κατανόησης της μεθόδου από αυτούς.

## Βιβλιογραφικές αναφορές

### Ελληνόγλωσσες

Ζουπίδης, Α. (2012). *Διδασκαλία και μάθηση με τη χρήση μοντέλων φυσικών επιστημών και τεχνολογίας: εφαρμογή στα φαινόμενα της πλεύσης και της βύθισης* [Διδακτορική Διατριβή, Παιδαγωγική Σχολή Φλώρινας του Πανεπιστημίου Δυτ. Μακεδονίας]. Φλώρινα. Ανακτήθηκε στις 10/3/2021, από <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/28076>

Ζουπίδης, Α., Στράγγας, Α., και Καριώτογλου, Π. (2018). Η επίδραση της ρητής διδασκαλίας της Στρατηγικής Ελέγχου Μεταβλητών στην κατανόηση της μεθόδου από φοιτήτριες Νηπιαγωγούς. Στο Μ. Καλογιαννάκης, *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στην Προσχολική Εκπαίδευση: Προκλήσεις και προοπτικές*, σελ. 197-214. Gutenberg. ISBN 978-960-01-1927-5.

Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική γνώση περιεχομένου φυσικών επιστημών*. Γράφημα. ISBN 13-9789608909007

Τσιώλης, Γ. (2015). Ανάλυση ποιοτικών δεδομένων: διλήμματα, δυνατότητες, διαδικασίες. Στο Γ. Πυργιωτάκης & Χρ. Θεοφιλίδης (επιμ.), *Ερευνητική Μεθοδολογία στις Κοινωνικές Επιστήμες και στην Εκπαίδευση. Συμβολή στην επιστημολογική θεωρία και την ερευνητική πράξη*, σελ. 473-498 Πεδίο.

Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Πατάκη. ISBN 13-9789601643083

### Ξενόγλωσσες

Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N.G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D. and Tuan, H.-I. (2004), Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. <https://doi.org/10.1002/sce.10118>

Aktamis, H., & Ergin, O. (2008). The effect of scientific process skills education on students' scientific creativity, science attitudes and academic achievements. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*.

Aktamiş, H., Hiğde, E., Özden, B. (2016). Effects of the Inquiry-Based Learning Method on Students' Achievement, Science Process Skills and Attitudes towards Science: A Meta-Analysis Science. *Journal of Turkish Science Education (TUSED)*, 13(4). doi:[10.12973/tused.10183a](https://doi.org/10.12973/tused.10183a)

Anderson, D. S., & Piazza, J. A. (1996). Changing beliefs: Teaching and learning mathematics in constructivist preservice classrooms. *Action in Teacher Education*, 18(2), 51-62.

Appleton, K. (2002). Science Activities That Work: Perceptions of Primary School Teachers. *Research in Science Education*, 32(3), 393–410. <https://doi.org/10.1023/A:1020878121184>

Arnold, J. C., Kremer, K., & Mayer, J. (2014). Understanding Students' Experiments—What kind of support do they need in inquiry tasks? *International Journal of Science Education*, 36(16), 2719–2749. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.930209>

Artayasa, I. P., Susilo, H., Lestari, U. & Indriwati, S. E. (2017). The effectiveness of the three levels of inquiry in improving teacher training students' science process skills. *Journal of Baltic Science Education*, 16(6), 908–918. doi:[10.33225/jbse/17.16.908](https://doi.org/10.33225/jbse/17.16.908)

Avsec, S., & Kocijancic, S. (2016). A path model of effective technology-intensive inquiry-based learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(1), 308-320. <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.1.308>

Barron, B., & Darling-Hammond, L. (2008). Teaching for meaningful learning: A review of research on inquiry-based and cooperative learning. Στο: L. Darling-Hammond et al. (Eds.), *Powerful learning: What we know about teaching for understanding*, σελ. 11-70. Jossey-Bass.

Bell, R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying inquiry instruction. *The Science Teacher*, 72(7), 30-33.

Beck, J., Gobert, J., Heffernan, N., & Pedro, M. S. (2009). Comparing Pedagogical Approaches for Teaching the Control of Variables Strategy. Στο: N.A. Taatgen & H. vanRijn (Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, σελ. 1294-1299. Ανακτήθηκε στις 20/03/2022, από <https://escholarship.org/uc/item/80k0n9tm>

Bhattacharyya, S., Volk, T., & Lumpe, A. (2009). The Influence of an Extensive Inquiry-Based Field Experience on Pre-Service Elementary Student Teachers' Science Teaching Beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, 20(3), 199–218. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9129-8>

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

Boudreaux, A., Shaffer, P., Heron, P., & McDermott, L. (2008). Student understanding of control of variables: Deciding whether or not a variable influences the behavior of a system. *American Journal of Physics*, 76(2), 163–170. [doi:10.1119/1.2805235](https://doi.org/10.1119/1.2805235)

Bransky, J., Hadass, R., & Lubezky, A. (1992). Reasoning Fallacies in Preservice Elementary School Teachers. *Research in Science & Technological Education*, 10(1), 83–92. <https://doi.org/10.1080/0263514920100107>

Buchanan, S., Harlan, M. A., Bruce, C. S., & Edwards, S. L. (2016). Inquiry based learning models, information literacy, and student engagement: A literature review. *School Libraries Worldwide*, 22(2), 23-39. [doi: 10.14265.22.2.03](https://doi.org/10.14265.22.2.03)

Buck, L. B., Bretz, S. L., & Towns, M. H. (2008). Characterizing the level of inquiry in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 38(1), 52-58.

Buehl, M.M., Beck, J.S., (2014). The relationship between teachers' beliefs and teachers' practices. Στο: H. Fives & M.G. Gill (Eds.), *International Handbook of Research on Teachers' Beliefs*, σελ. 66-84.

Bullock, M., & Ziegler, A. (1999). Scientific reasoning: Developmental and individual differences. Στο: F. E. Weinert & W. Schneider (Eds.), *Individual development from 3 to 12: Findings from the Munich longitudinal study*, σελ. 38–54. Cambridge University Press.

Bybee R.W. (2006). Scientific Inquiry And Science Teaching. Στο: Flick L.B., Lederman N.G. (Eds). *Scientific Inquiry and Nature of Science. Science & Technology Education Library*, 25. Springer.

[https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5814-1_1)

Capps, D., Barbara A., Crawford & Constatas M. (2012). A Review of Empirical Literature on Inquiry Professional Development: Alignment with Best Practices and a Critique of the Findings. *Journal of Science Teacher Education*, 23 (3), 291-318

<https://doi.org/10.1007/s10972-012-9275-2>

Ceberio, M., Almudí, J. M., & Franco, Á. (2016). Design and Application of Interactive Simulations in Problem-Solving in University-Level Physics Education. *Journal of Science Education and Technology*, 25(4), 590–609.

<https://doi.org/10.1007/s10956-016-9615-7>

Chapman, O. (2011). Elementary school teachers' growth in inquiry-based teaching of mathematics. *ZDM The International Journal on Mathematics*, 43(6-7), 951-963.

[doi:10.1007/s11858-011-0360-3](https://doi.org/10.1007/s11858-011-0360-3)

Chen, Z., & Klahr, D. (1999). All other things being equal: Acquisition and transfer of the control of variables strategy. *Child Development*, 70(5), 1098–1120.

<https://doi.org/10.1111/1467-8624.00081>

Cheung, D. (2008). Facilitating chemistry teachers to implement inquiry-based laboratory work. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 6(1), 107-130. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9102-y>

Crawford, B.A. (2007), Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613-642. <https://doi.org/10.1002/tea.20157>

Davis, E. (2003) Prompting middle school science students for productive reflection: generic and directed prompts. *Journal of the Learning Sciences*, 12(1), 91–142. [http://dx.doi.org/10.1207/S15327809JLS1201\\_4](http://dx.doi.org/10.1207/S15327809JLS1201_4)



Dean, D. Jr., & Kuhn, D. (2007). Direct instruction vs. discovery: The long view. *Science Education*, 91(3), 384–397. doi:10.1002/sce.20194.

de Jong & van Joolingen W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201. <https://doi.org/10.3102/00346543068002>

Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5), 481–490. <https://doi.org/10.1080/0950069890110501>

Duggan, S., & Gott, R. (2002). What sort of science education do we really need? *International Journal of Science Education*, 24(7), 661–679. <https://doi.org/10.1080/09500690110110133>

Duit, R., & Treagust, D. (1998). Learning in science: From behaviourism towards social constructivism and beyond. Στο: B. Fraser & K. Tobin (Eds.), *International handbook of science education*, σελ. 3–25. Kluwer. doi:10.1007/978-94-011-4940-2\_1

Duschl, R. A., & Bybee, R. W. (2014). Planning and carrying out investigations: an entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. *International Journal of STEM Education*, 1(12). <https://doi.org/10.1186/s40594-014-0012-6>

Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. National Academies Press. ISBN 0-309-66069-6

Duschl, R. (2008). Science education in three-part harmony: Balancing conceptual, epistemic, and social learning goals. *Review of Research in Education*, 32(1), 268-291. <https://doi.org/10.3102/0091732X07309371>

Edelsbrunner, P. A., Schalk, L., Schumacher, R., & Stern, E. (2018). Variable control and conceptual change: A large-scale quantitative study in elementary school. *Learning and Individual Differences*, 66, 38–53. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.02.003>

Erbaş, A. K., & Yenmez, A. A. (2011). The effect of inquiry-based explorations in a dynamic geometry environment on sixth grade students' achievements in polygons.

*Computers & Education*, 57(4), 2462-2475.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.002>

Fielding-Wells, J., & Makar, K. (2012). Developing primary students' argumentation skills in inquiry-based mathematics classrooms. Στο: van Aalst, J., Thompson, K., Jacobson, M. J., & Reimann, P. (Eds.), *The future of learning: Proceedings of the 10th International Conference of the Learning Sciences 2 Short Papers, Symposia, and Abstracts*, σελ. 149-153. International Society of the Learning Sciences

Fitzgerald, A., Dawson, V., & Hackling, M. (2013). Examining the Beliefs and Practices of Four Effective Australian Primary Science Teachers. *Research in Science Education*, 43(3), 981–1003. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9297-y>

Forbes, C. T., & Davis, E. A. (2010). Curriculum design for inquiry: Preservice elementary teachers' mobilization and adaptation of science curriculum materials. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(7), 820–839. <https://doi.org/10.1002/tea.20379>

Forbes, C., Lange, K., Möller, K., Biggers, M., Laux, M., & Zangori, L. (2014). Explanation-Construction in Fourth-Grade Classrooms in Germany and the USA: A cross-national comparative video study. *International Journal of Science Education*, 36(14), 2367-2390. <https://doi.org/10.1080/09500693.2014.923950>

Ford, M. E. (1992). *Motivating humans: Goals, emotions, and personal agency beliefs*. Sage Publication. ISBN 0803945299, 9780803945296

Furman Shaharabani, Y. & Tal, T. (2017). Teachers' Practice a Decade After an Extensive Professional Development Program in Science Education. *Research in Science Education* 47(5), 1031. [doi:10.1007/s11165-016-9539-5](https://doi.org/10.1007/s11165-016-9539-5)

Furtak, E. M., & Alonzo A. C. (2009). The Role of Content in Inquiry-Based Elementary Science Lessons: An Analysis of Teacher Beliefs and Enactment. *Research in Science Education*, 40(3), 425-449 [doi:10.1007/s11165-009-9128-y](https://doi.org/10.1007/s11165-009-9128-y)

Furtak EM, Seidel T, Iverson H, Briggs DC. (2012). Experimental and Quasi-Experimental Studies of Inquiry-Based Science Teaching: A Meta-Analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329. <https://doi.org/10.3102/0034654312457206>

Gotwals, A., & Birmingham, D. (2015). Eliciting, Identifying, Interpreting, and Responding to Students' Ideas: Teacher Candidates' Growth in Formative Assessment Practices. *Research in Science Education*, 46, 365-388. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9461-2>

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E. and Smith, C.L. (1991), Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 799-822. <https://doi.org/10.1002/tea.3660280907>

Harlen, W. (1998). *Assessment in the inquiry classroom: Issues in Policy and Practice*. Global Network of Science Academies (IAP) Science Education Programme (SEP) ISBN: 978-1-291-33214-8

Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>

Howitt, D., & Cramer, D. (2011). *Στατιστική με το SPSS 16. Με εφαρμογές στην Ψυχολογία και τις Κοινωνικές Επιστήμες*. 4η αγγλική έκδοση. Κλειδάριθμος.

Irwanto, Saputro, A. D., Rohaeti, E., Prodjosantoso, A. K. (2019). Using Inquiry-Based Laboratory Instruction to Improve Critical Thinking and Science Process Skills among Preservice Elementary Teachers skills. *Eurasian Journal of Education Research*, 80(8), 151-170. [doi10.14689/ejer.2019.80.8](https://doi.org/10.14689/ejer.2019.80.8)

Jones, M. G., Jones, B., & Hargrove, T. (2003). *The unintended consequences of high stakes testing*. Rowman and Littlefield. ISBN 13 978-0742526273

Keselman, A. (2003). Supporting inquiry learning by promoting normative understanding of multivariable causality. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(9), 898–921. <https://doi.org/10.1002/tea.10115>

Kim, M., & Tan, A.-L. (2011). Rethinking Difficulties of Teaching Inquiry-Based Practical Work: Stories from elementary pre-service teachers. *International Journal of Science Education*, 33(4), 465–486. <https://doi.org/10.1080/09500691003639913>

Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102\\_1](https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1)

Klahr, D., & Nigam, M. (2004). The equivalence of learning paths in early science instruction. *Psychological Science*, *15*(10), 661–667.

[doi:10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x](https://doi.org/10.1111/j.0956-7976.2004.00737.x)

Kuhn, D., (2016). What Do Young Science Students Need to Learn About Variables? *Science Education*, *100*(2), 392–403. <https://doi.org/10.1002/sc.21207>

Kuhn, D., & Pease, M. (2008). What needs to develop in the development of inquiry skills?. *Cognition and Instruction*, *26*(4), 512-559. [doi:10.1080/07370000802391745](https://doi.org/10.1080/07370000802391745)

Lee, K., Nicoll, G., & Brooks, D. (2004). A comparison of inquiry and worked example web-based instruction using physlets. *Journal of Science Education and Technology*, *13*(1), 81–88. [doi:10.1023/B:JOST.0000019640.07432.2b](https://doi.org/10.1023/B:JOST.0000019640.07432.2b)

Liang, L. L., & Richardson, G. M. (2009). Enhancing prospective teachers' science teaching efficacy beliefs through scaffolded, student-directed inquiry. *Journal of Elementary Science Education*, *21*(1), 51–66. <https://doi.org/10.1007/BF03174715>

Lorch, R. F., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C., & Freer, B. D. (2010). Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms: Contributions of explicit instruction and experimentation. *Journal of Educational Psychology*, *102*(1), 90–101. <https://doi.org/10.1037/a0017972>

Lorch Jr., R. F., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C., & Freer, B. D. (2012). “Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms: Contributions of explicit instruction and experimentation”: Correction to Lorch et al. (2010). *Journal of Educational Psychology*, *104*(3), 553–553. <https://doi.org/10.1037/a0029514>

Maaß, K., & Artigue, M. (2013). Implementation of inquiry-based learning in day-to-day teaching: a synthesis. *ZDM: The International Journal on Mathematics*, *45*(6), 779-795. [doi:10.1007/s11858-013-0528-0](https://doi.org/10.1007/s11858-013-0528-0)

Mansour, N. (2013). Consistencies and inconsistencies between science teachers' beliefs and practices. *International Journal of Science Education*, *35*(7), 1230- 1275. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.743196>

Maxwell, O., Lambeth, T. & Cox, T. (2015). Effects of using inquiry-based learning on science achievement for fifth-grade students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, *16* (1), 1-31.

Moseley, C., Ramsey, S. J., & Ruff, K. (2004). Science buddies: An authentic context for developing preservice teachers' understandings of learning, teaching, and scientific inquiry. *Journal of Elementary Science Education*, 16(2), 1–17. <https://doi.org/10.1007/BF03173642>

National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science standards*. Washington. The National Academies Press.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on a conceptual framework for new K-12 science education standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. The National Academies Press.

NGSS Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. The National Academies Press.

Oliveira, A. W. (2010). Developing Elementary Teachers' Understandings of Hedges and Personal Pronouns in Inquiry-Based Science Classroom Discourse. *Journal of Science Teacher Education*, 21(1), 103–126. <https://doi.org/10.1007/s10972-009-9157-4>

Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307–322. [doi: 10.3102/00346543062003307](https://doi.org/10.3102/00346543062003307)

Park, J., & Kim, I. (1998). A nalysis of students' responses to contradictory results obtained by simple observation or controlling variables. *Research in Science Education* 28, 365–376. <https://doi.org/10.1007/BF02461569>

Park Rogers, M. A., & Abell, S. K. (2008). The design, enactment, and experience of inquiry-based instruction in undergraduate science education: A case study. *Science Education*, 92(4), 591–607. <https://doi.org/10.1002/sce.20247>

Puntambekar, S., & Kolodner, J. L. (2005). Toward implementing distributed scaffolding: Helping students learn science from design. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 185–217. <https://doi.org/10.1002/tea.20048>

Riesen, S. A. N. van, Gijlers, H., Anjewierden, A., & Jong, T. de. (2018). The influence of prior knowledge on experiment design guidance in a science inquiry

context. *International Journal of Science Education*, 40(11), 1327–1344. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1477263>

Riggs, I. M., & Enochs, L. G. (1990). Toward the development of an elementary teacher's science teaching efficacy belief instrument. *Science Education*, 74(6), 625–637. <https://doi.org/10.1002/sce.3730740605>

Ropohl, M., & Rönnebeck, S. (2019). Making learning effective – quantity and quality of pre-service teachers' feedback. *International Journal of Science Education*, 41(15), 2156–2176. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1663452>

Ross, J. A. (1988). Controlling variables: a meta-analysis of studies. *Review of Educational Research*, 58(4), 405–437. <https://doi.org/10.3102/0034654305800440>

Ruffman, T., Perner, J., Olson, D., & Doherty, M. (1993). Reflecting on Scientific Thinking: Children's Understanding of the Hypothesis-Evidence Relation. *Child Development*, 64(6), 1617-1636. <https://doi.org/10.2307/1131459>

Sadeh, I. & Zion, M. (2012). Which Type of Inquiry Project Do High School Biology Students Prefer: Open or Guided? *Research in Science Education*, 42 (5), 831-848. doi: 10.1007/s11165-011-9222-9

Schauble, L. (1990). Belief revision in children: The role of prior knowledge and strategies for generating evidence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49(1), 31–57. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-0965\(90\)90048-D](http://dx.doi.org/10.1016/0022-0965(90)90048-D).

Science SCASS States. (2018). *Using Crosscutting Concepts to Prompt*. CCSSO Science SCASS Committee on Classroom Assessment.

Schwichow, M., Zimmerman, C., Croker, S., & Härtig, H. (2016). What students learn from hands-on activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 980–1002. <https://doi.org/10.1002/tea.21320>

Schwichow, M., Osterhaus, C., & Edelsbrunner, P. A. (2020). The relation between the control-of-variables strategy and content knowledge in physics in secondary school. *Contemporary Educational Psychology*, 63, 101923. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101923>

Schwichow, M., Brandenburger, M., & Wilbers, J. (2022). Analysis of experimental design errors in elementary school: How do students identify, interpret,

and justify controlled and confounded experiments? *International Journal of Science Education*, 44(1), 91–114. <https://doi.org/10.1080/09500693.2021.2015544>

Schwarz, C. (2009). Developing preservice elementary teachers' knowledge and practices through modeling-centered scientific inquiry. *Science Education*, 93(4), 720–744. <https://doi.org/10.1002/sce.20324>

Shapiro, B. L. (1996). A case study of change in elementary student teacher thinking during an independent investigation in science: Learning about the “face of science that does not yet know.” *Science Education*, 80(5), 535–560. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199609\)80:5<535::AID-SCE3>3.0.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199609)80:5<535::AID-SCE3>3.0.CO;2-C)

Sharpe, T. (2006). ‘Unpacking’ scaffolding: Identifying discourse and multimodal strategies that support learning. *Language and Education*, 20(3), 211-231. <https://doi.org/10.1080/09500780608668724>

Siler, S. A., & Klahr, D. (2012). Detecting, classifying, and remediating: children's explicit and implicit misconceptions about experimental design date of original version. Στο: R.W. Proctor, & E. J. Capaldi (Eds.), *Psychology of science: Implicit and explicit processes*. σελ. 137-180. Oxford University Press.

Tilakaratnea, C.T.K. & Ekanayakeb, T.M.S.S.K.Y. (2017). Achievement level of Science Process Skills of Junior Secondary Students: Based on a Sample of Grade Six and Seven Students from Sri Lanka. *International Journal of Environmental and Science Education*, 12(9), 2089-2108.

Thompson, K. W. and Dow, M. J., 2017. Co-Teaching to Improve Control Variable Experiment Instruction in Physical Sciences Education. *Electronic Journal of Science Education*, 21(5) 36-52.

Toth, E. E., Klahr, D., & Chen, Z. (2000). Bridging research and practice: A research-based classroom intervention for teaching experimentation skills to elementary school children. *Cognition and Instruction*, 18, 423–459. [https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1804\\_1](https://doi.org/10.1207/S1532690XCI1804_1)

Triona, L. M., & Klahr, D. (2003). Point and click or grab and heft: comparing the influence of physical and virtual instructional materials on elementary school students' ability to design experiments. *Cognition and Instruction*, 21(2), 149–173. [https://doi.org/10.1207/S1532690XCI2102\\_02](https://doi.org/10.1207/S1532690XCI2102_02)



Tseng, C.H., Tuan, H.L., & Chin, C.C. (2013). How to help teachers develop inquiry teaching: perspectives from experienced science teachers. *Research in Science Education*, 43(2), 809-825. <https://doi.org/10.1007/s11165-012-9292-3>

Tschirgi, J. E. (1980). Sensible reasoning: A hypothesis about hypotheses. *Child Development*, 51(1), 1–10. <https://doi.org/10.2307/1129583>

Van Zee, E. (2006). Teaching “science teaching” through inquiry. Στο: K. Appleton (Ed.), *Elementary science teacher education. International perspectives on contemporary issues and practice*, σελ. 239 – 258. Routledge. ISBN 9780805842920

Varma, T., Volkmann, M., & Hanuscin, D. (2009). Preservice elementary teachers’ perceptions of their understanding of inquiry and inquiry-based science pedagogy: Influence of an elementary science education methods course and a science field experience. *Journal of Elementary Science Education*, 21(4), 1–22. <https://doi.org/10.1007/BF03182354>

Voet M, De Wever B. Teachers’ Adoption of Inquiry-Based Learning Activities: The Importance of Beliefs About Education, the Self, and the Context. *Journal of Teacher Education*, 70(5), 423-440. <https://doi.org/10.1177/0022487117751399>

Wallace, C. S., & Kang, N. H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of research in science teaching*, 41(9), 936-960. <https://doi.org/10.1002/tea.20032>

Wheatley, K. F. (2002). The potential benefits of teacher efficacy doubts for educational reform. *Teaching and Teacher Education*, 18(1), 5–22. [https://doi.org/10.1016/S0742-051X\(01\)00047-6](https://doi.org/10.1016/S0742-051X(01)00047-6)

White, B. Y., & Frederiksen, J. R. (1998). Inquiry, modeling, and metacognition: Making science accessible to all students. *Cognition and instruction*, 16(1), 3-118. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci1601_2)

Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice? *Science Education*, 87(1), 112–143. <https://doi.org/10.1002/sci.10044>

Yılmaz, H., & Çavaş, P. H. (2008). The Effect of the Teaching Practice on Pre-service Elementary Teachers’ Science Teaching Efficacy and Classroom Management



Beliefs. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 4(1), 45-54. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75305>

Zimmerman, C. (2007, June). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172–223. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dr.2006.12.001>

Zohar, A., & David, A. B. (2008). Explicit teaching of meta-strategic knowledge in authentic classroom situations. *Metacognition and Learning*, 3(1), 59–82. <https://doi.org/10.1007/s11409-007-9019-4>

Zohar, A., & Peled, B. (2008). The effects of explicit teaching of metastrategic knowledge on low- and high-achieving students. *Learning and Instruction*, 18(4), 337–353. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.07.001>

Zoupidis, A., Strangas, A., & Kariotoglou, P. (2017). The Influence of Explicit Instruction in Understanding the Control of Variables Strategy: the Case of Preschool Students. Στο: B. C. Dimov (Eds.), *Education Across Borders: Education and Research Across Time and Space*, σελ. 412–418. ISBN 978-9989-100-51-2

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

## Παράρτημα

### Ερωτηματολόγιο

#### ΕΡΩΤΗΜΑ 1

Τέσσερις μαθητές, ανεξάρτητα ο καθένας από τους άλλους, προσπαθούν να ελέγξουν εάν η παρακάτω υπόθεση είναι αληθής: «ένα σώμα θα λιώσει πιο γρήγορα εάν η ένταση της θερμικής πηγής είναι ισχυρότερη, π.χ. εάν η ένταση στο μάτι της κουζίνας είναι στο 2 και όχι στο 1» ή αλλιώς «το πόσο γρήγορα θα λιώσει ένα σώμα εξαρτάται από τη θερμότητα που μεταφέρεται στο σώμα από μια θερμική πηγή». Ο καθένας από τους μαθητές προτείνει διαφορετικό πείραμα όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα:

	Μαθητής 1		Μαθητής 2		Μαθητής 3		Μαθητής 4	
Μεταβλητή	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2
Ποσότητα	10 γρ.	20 γρ.	10 γρ.	10 γρ.	10 γρ.	20 γρ.	10 γρ.	10 γρ.
Υλικό	Σοκολάτα	Σοκολάτα	Σοκολάτα	Πάγος	Σοκολάτα	Πάγος	Πάγος	Πάγος
Ένταση	1	2	1	1	1	2	1	2

- 1α. Ποιος ή ποιοι από τους μαθητές νομίζετε ότι προτείνουν έγκυρο και κατάλληλο πείραμα; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
- 1β. Για ποιο λόγο νομίζετε ότι καθένα από τα πειράματα που προτείνουν οι υπόλοιποι μαθητές δεν είναι έγκυρο και κατάλληλο;

#### ΕΡΩΤΗΜΑ 2

Ένας μαθητής υποθέτει ότι: «η δύναμη με την οποία ένας μαγνήτης έλκει έναν συνδετήρα εξαρτάται από το μέγεθος του μαγνήτη» ή αλλιώς «εάν ένας μαγνήτης είναι μεγάλος τότε η μαγνητική δύναμη με την οποία έλκει τον συνδετήρα είναι μεγάλη, ενώ εάν είναι μικρός τότε η μαγνητική δύναμη είναι μικρή». Ο μαθητής χρησιμοποίησε μαγνήτες από το ίδιο υλικό και σιδερένιους συνδετήρες ίδιου μεγέθους,

προτείνοντας τέσσερα διαφορετικά πειράματα, όπως φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	Πείραμα 1		Πείραμα 2		Πείραμα 3		Πείραμα 4	
<b>Μεταβλητή</b>	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2	Δοκιμή 1	Δοκιμή 2
<b>Μέγεθος μαγνήτη</b>	μεγάλο	μεγάλο	μεγάλο	μικρό	μεγάλο	μικρό	μεγάλο	μεγάλο
<b>Σχήμα μαγνήτη</b>	ράβδος	πέταλο	ράβδος	ράβδος	ράβδος	πέταλο	ράβδος	ράβδος
<b>Απόσταση από τον μαγνήτη</b>	5 εκ.	10 εκ.	10 εκ.	10 εκ.	5 εκ.	10 εκ.	5 εκ.	10 εκ.

- 2α. Ποιο ή ποια από τα πειράματα που πρότεινε ο μαθητής νομίζετε ότι είναι έγκυρο ή έγκυρα και κατάλληλα; Δικαιολογήστε την απάντησή σας.
- 2β. Για ποιο λόγο νομίζετε ότι καθένα από τα υπόλοιπα πειράματα που προτείνει ο μαθητής δεν είναι έγκυρο και κατάλληλο;

### ΕΡΩΤΗΜΑ 3

Ένας μαθητής υπέθεσε ότι «ο χρόνος πτώσης των αλεξιπτώτων επηρεάζεται από το μέγεθός τους» ή αλλιώς ότι «τα μικρά αλεξιπτώτα πέφτουν πιο γρήγορα από τα μεγάλα αλεξιπτώτα». Για να ελέγξει την υπόθεση αυτή πραγματοποίησε το παρακάτω πείραμα:

	1 <sup>ο</sup> αλεξίπτωτο	2 <sup>ο</sup> αλεξίπτωτο
<b>Μέγεθος (μικρό ή μεγάλο)</b>	μεγάλο	μικρό
<b>Σχήμα (κυκλικό ή μακρόστενο)</b>	κυκλικό	κυκλικό
<b>Υλικό (πλαστικό ή ύφασμα)</b>	ύφασμα	ύφασμα
<b>Χρόνος πτώσης</b>	15''	10''

Ο μαθητής κατέληξε σωστά στο συμπέρασμα ότι η υπόθεση που έκανε ήταν αληθής. Ποιο ή ποια στοιχεία του πειράματος νομίζετε ότι θεώρησε σημαντικά ο μαθητής για να καταλήξει σε αυτό το σωστό συμπέρασμα;

Ότι το μέγεθος των δύο αλεξιπτώτων είναι διαφορετικό (μικρό/μεγάλο).	Ναι		Όχι	
Ότι το υλικό των δύο αλεξιπτώτων είναι ίδιο (ύφασμα).	Ναι		Όχι	
Ότι το σχήμα των δύο αλεξιπτώτων είναι ίδιο (μεγάλο).	Ναι		Όχι	

#### ΕΡΩΤΗΜΑ 4

Ένας μαθητής υπέθεσε ότι «ένα **light αναψυκτικό** είναι ελαφρύτερο από το κανονικό αναψυκτικό». Για να ελέγξει την υπόθεση αυτή πραγματοποίησε το παρακάτω πείραμα:

	1 <sup>ο</sup> αναψυκτικό	2 <sup>ο</sup> αναψυκτικό
Αναψυκτικό (λεμονάδα ή πορτοκαλάδα)	λεμονάδα	λεμονάδα
Δοχείο (πλαστικό ή μεταλλικό)	πλαστικό	πλαστικό
Είδος (κανονική ή light)	κανονική	Light
Βάρος	440 γρ.	430 γρ.

Ο μαθητής κατέληξε σωστά στο συμπέρασμα ότι η υπόθεση που έκανε ήταν αληθής. Ποιο ή ποια στοιχεία του πειράματος νομίζετε ότι θεώρησε σημαντικά ο μαθητής για να καταλήξει σε αυτό το σωστό συμπέρασμα;

Ότι το είδος της λεμονάδας είναι διαφορετικό (κανονική/light).	Ναι		Όχι	
Ότι το περιεχόμενο των δύο μπουκαλιών είναι ίδιο (λεμονάδα).	Ναι		Όχι	
Ότι το δοχείο που περιέχει τη λεμονάδα είναι ίδιο (πλαστικό μπουκάλι).	Ναι		Όχι	

## ΕΡΩΤΗΜΑ 5

Ένας μαθητής αναρωτιέται εάν η παρακάτω υπόθεση είναι αληθής: **«Το χρώμα που έχει ένα χαρτόνι επηρεάζει το πόσο θα ζεσταθεί όταν πέφτει πάνω του φως»** ή αλλιώς **«Τα μαύρα χαρτόνια ζεσταίνονται περισσότερο από τα άσπρα χαρτόνια όταν πέφτει πάνω τους φως»**.

5α. Να περιγράψετε το πείραμα που θα έπρεπε να σχεδιάσει ο μαθητής ώστε να ελέγξει την παραπάνω υπόθεση. Έχει στη διάθεσή του μαύρα και άσπρα χαρτόνια διαφόρων διαστάσεων, θερμόμετρα και λάμπες πυράκτωσης διαφόρων μεγεθών. Μας ενδιαφέρει ο τρόπος που θα ελέγξει την παραπάνω υπόθεση και όχι αν η υπόθεση είναι ή δεν είναι αληθής.

5β. Εάν ο μαθητής αυτός πραγματοποιούσε το πείραμα που περιγράψατε, πώς νομίζετε ότι θα έπρεπε να σκεφτεί για να συμπεράνει εάν η αρχική υπόθεση είναι αληθής ή όχι;

## ΕΡΩΤΗΜΑ 6

Ένας μαθητής αναρωτιέται εάν η παρακάτω υπόθεση είναι αληθής: **«Ένας ηλεκτρικός λαμπτήρας ακτινοβολεί περισσότερο, αν η μπαταρία του κυκλώματος έχει μεγαλύτερη τάση, δηλαδή εάν έχει τάση 9V και όχι 3V»**.

6α. Να περιγράψετε το πείραμα που θα έπρεπε να σχεδιάσει και να πραγματοποιήσει ο μαθητής ώστε να ελέγξει την παραπάνω υπόθεση; Έχει στη διάθεσή του ηλεκτρικούς λαμπτήρες διαφόρων μεγεθών, μπαταρίες διαφόρων τάσεων και καλώδια διαφόρων μηκών. Μας ενδιαφέρει ο τρόπος που θα ελέγξει την παραπάνω υπόθεση και όχι αν η υπόθεση είναι ή δεν είναι αληθής.

6β. Εάν ο μαθητής αυτός πραγματοποιούσε το πείραμα που περιγράψατε, πώς νομίζετε ότι θα έπρεπε να σκεφτεί για να συμπεράνει εάν η αρχική υπόθεση είναι αληθής ή όχι.

## ΕΡΩΤΗΜΑ 7

Ένας μαθητής υπέθεσε ότι «το φορτίο που μπορεί να μεταφέρει μία βάρκα, λίγο πριν βυθιστεί, επηρεάζεται από το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένη» Για να ελέγξει την υπόθεση αυτή πρότεινε το παρακάτω πείραμα:

	1 <sup>η</sup> βάρκα	2 <sup>η</sup> βάρκα
<b>Σχήμα (κυκλικό ή μυτερό)</b>	κυκλικό	μυτερό
<b>Μέγεθος (μικρό ή μεγάλο)</b>	μεγάλο	μεγάλο
<b>Υλικό (ξύλο ή μέταλλο)</b>	ξύλινη	μεταλλική
<b>Φορτίο</b>	10 βόλοι	10 βόλοι

Αργότερα, ο μαθητής σωστά συνειδητοποίησε ότι με το συγκεκριμένο πείραμα δεν μπορεί να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα. Ποια ή ποιες νομίζετε ότι ήταν οι λανθασμένες επιλογές που έκανε αρχικά ο μαθητής, κατά τον σχεδιασμό του παραπάνω πειράματος.

Ότι το υλικό στις δύο βάρκες είναι διαφορετικό (ξύλο/μέταλλο).	Ναι	Όχι	
Ότι το σχήμα στις δύο βάρκες είναι διαφορετικό (κυκλικό/μυτερό).	Ναι	Όχι	
Ότι το μέγεθος στις δύο βάρκες είναι ίδιο (μεγάλο).	Ναι	Όχι	

## ΕΡΩΤΗΜΑ 8

Ένας μαθητής υπέθεσε ότι «Ο χρόνος κίνησης ενός σαλιγκαριού επηρεάζεται από το είδος της επιφάνειας πάνω στην οποία κινείται». Για να ελέγξει την υπόθεση αυτή πρότεινε το παρακάτω πείραμα:

	1 <sup>ο</sup> σαλιγκάρι	2 <sup>ο</sup> σαλιγκάρι
<b>Μέγεθος (μικρό ή μεγάλο)</b>	μεγάλο	μικρό

Επιφάνεια (χορτάρι ή πέτρα)	χορτάρι	πέτρα
Είδος σαλιγκαριού* (κοινό σαλιγκάρι ή γυμνοσάλιαγκας)	γυμνοσάλιαγκας	γυμνοσάλιαγκας
Χρόνος κίνησης	5΄	5΄
*Σημ. Είδος σαλιγκαριού: Το κοινό σαλιγκάρι έχει κέλυφος, ενώ ο γυμνοσάλιαγκας δεν έχει κέλυφος.		

Αργότερα, ο μαθητής σωστά συνειδητοποίησε ότι με το συγκεκριμένο πείραμα δεν μπορεί να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα. Ποια ή ποιες νομίζετε ότι ήταν οι λανθασμένες επιλογές που έκανε αρχικά ο μαθητής, κατά τον σχεδιασμό του παραπάνω πειράματος;

Ότι το είδος της επιφάνειας είναι διαφορετικό (χορτάρι/πέτρα).	Ναι	Όχι	
Ότι το μέγεθος των σαλιγκαριών είναι διαφορετικό (μικρό/μεγάλο).	Ναι	Όχι	
Ότι το είδος των σαλιγκαριών είναι ίδιο (γυμνοσάλιαγκας).	Ναι	Όχι	