

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ-ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ
ΠΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ
ΓΙΑ ΤΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ»***

ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΗ ΙΩΑΝΝΑ

ΡΟΔΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ-ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ
ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΗ ΙΩΑΝΝΑ

Α.Μ : 4132016017

***«ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ
ΠΟΥ ΥΠΟΣΤΗΡΙΖΕΤΑΙ ΑΠΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ
ΓΙΑ ΤΟ ΕΚΚΡΕΜΕΣ»***

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΣΚΟΥΜΙΟΣ ΜΙΧΑΗΛ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΠΑΝ/ΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ
ΣΟΦΟΣ ΑΛΙΒΙΖΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΠΑΝ/ΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΦΩΚΙΔΗΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ, ΠΑΝ/ΜΙΟ
ΑΙΓΑΙΟΥ

ΡΟΔΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών με τίτλο «Επιστήμες της Αγωγής- Εκπαίδευση με χρήση Νέων Τεχνολογιών» του Παιδαγωγικού τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου υπό την επίβλεψη του Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Σκουμιού Μιχαήλ.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Σκουμιό Μιχαήλ για την επιστημονική του καθοδήγηση και την άψογη συνεργασία καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας. Αναμφισβήτητα οι συμβουλές του και οι παρατηρήσεις του έπαιξαν καθοριστικό ρόλο τόσο στην κατανόηση του περιεχομένου της διπλωματικής όσο και στην ολοκλήρωση της συγγραφής της.

Επιπλέον θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Σοφό Αλιβίζο και τον επίκουρο καθηγητή κ. Φωκίδα Εμμανουήλ, μέλη της συμβουλευτικής επιτροπής, για τις παρατηρήσεις τους και τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ αξίζει στην καθηγήτρια Φυσικής και στη διευθύντρια του σχολείου όπου πραγματοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση, καθώς επίσης και στους μαθητές οι οποίοι δέχτηκαν να συμμετέχουν στην έρευνα.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Ειρήνη και τη Χρυσούλα για τη βοήθειά τους στην εξεύρεση σχολείου για την πραγματοποίηση της διδακτικής παρέμβασης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την ηθική της υποστήριξη, την κατανόηση και τη συμπαράστασή της κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας αλλά και κατά το συνολικό διάστημα της φοίτησής μου.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη.....	12
Abstract.....	14
Κατάλογος Πινάκων.....	8
Κατάλογος Σχημάτων.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	17
1.1 Οριοθέτηση και αναγκαιότητα της εργασίας.....	17
1.2 Σκοπός της εργασίας και ερευνητικά ερωτήματα.....	19
1.3 Η σημασία της εργασίας.....	20
1.4 Δομή της εργασίας.....	21
1.5 Ανακεφαλαίωση.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ.....	23
2.1 Εισαγωγή.....	23
2.2 Μάθηση μέσω επιστημονικών πρακτικών.....	23
2.2.1 Μάθηση τριών διαστάσεων.....	23
2.2.2 Επιστημονικές πρακτικές.....	25
2.3 Επιχειρήματα μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες.....	27
2.3.1 Συστατικά στοιχεία επιχειρήματος.....	27
2.3.2 Αξιολόγηση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών.....	30
2.4 Σχεδίαση διερευνήσεων.....	31
2.5 Το μαθησιακό μοντέλο 5Ε.....	34
2.6 Ανακεφαλαίωση.....	36

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	38
3.1 Εισαγωγή.....	38
3.2 Έρευνες για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το Εκκρεμές.....	38
3.3. Διδακτικές παρεμβάσεις οι οποίες επεξεργάζονται τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το Εκκρεμές.....	44
3.4. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που αφορούν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών.....	46
3.5 Βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που εστιάζονται στη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών.....	49
3.6. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων.....	56
3.7 Σχολιασμός-Πρωτοτυπία της εργασίας.....	62
3.8. Ανακεφαλαίωση.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	64
4.1. Εισαγωγή.....	64
4.2. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα.....	64
4.3. Ερευνητική διαδικασία.....	65
4.4. Συμμετέχοντες.....	66
4.5 Το εκπαιδευτικό υλικό της πειραματικής ομάδας.....	66
4.6 Συλλογή δεδομένων.....	71
4.6.1 Η επιλογή του ερωτηματολογίου ως μέσο συλλογής δεδομένων.....	72
4.6.2 Παρουσίαση του ερωτηματολογίου.....	72
4.7 Ανακεφαλαίωση.....	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	77
5.1 Εισαγωγή.....	77
5.2 Αξιολόγηση των επιχειρημάτων.....	78
5.3 Αξιολόγηση των πρακτικών σχεδίασης διερευνήσεων.....	83
5.4 Στατιστική επεξεργασία.....	89
5.5 Ανακεφαλαίωση.....	90
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	91
6.1 Εισαγωγή.....	91
6.2 Συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών...91	
6.2.1 Επάρκεια ισχυρισμών.....	91
6.2.2 Επάρκεια αποδεικτικών στοιχείων.....	93
6.2.3 Επάρκεια συλλογισμών.....	94
6.2.4 Επάρκεια αντικρούσεων.....	96
6.3 Συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών.....97	
6.3.1 Καταλληλότητα ισχυρισμών.....	97
6.3.2 Καταλληλότητα αποδεικτικών στοιχείων.....	99
6.3.3 Καταλληλότητα συλλογισμών.....	100
6.3.4 Καταλληλότητα αντικρούσεων	101
6.4 Συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων των μαθητών.....102	
6.4.1 Συγκρότηση προτάσεων.....	103

6.4.2 Λεξιλόγιο.....	104
6.4.3 Γλωσσικές συμβάσεις.....	105
6.5 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων των μαθητών.....	107
6.5.1 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική της υποβολής ερωτήματος...107	
6.5.2 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική της διατύπωσης υπόθεσης...108	
6.5.3 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική του εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής	110
6.5.4 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική του εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου.....	111
6.5.5 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική της διατύπωσης πλάνου για έρευνα.....	113
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	115
7.1 Εισαγωγή.....	115
7.2 Κύρια ευρήματα της έρευνας και σχολιασμός τους.....	117
7.2.1 Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών.....	117
7.2.2 Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων.....	120
7.2.3 Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών.....	121

7.2.4 Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων.....	123
7.2.5 Διαφοροποίηση στα μαθησιακά αποτελέσματα -αναφορικά με την ποιότητα των επιχειρημάτων και των πρακτικών σχεδίασης διερεύνησης των μαθητών- ανάμεσα στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις.....	124
7.3 Περιορισμοί της εργασίας και προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.....	126
7.4 Ανακεφαλαίωση.....	127

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία.....	128
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία.....	129

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Παράρτημα 1: Ερωτηματολόγιο.....	136
Παράρτημα 2: Φύλλα εργασίας μαθητών.....	144

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 2.1: Βασικά κριτήρια αξιολόγησης επιχειρημάτων (base rubric).....	31
Πίνακας 3.1: Αντιλήψεις μαθητών για τους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση του απλού εκκρεμούς.....	43
Πίνακας 3.2: Έρευνες που εξετάζουν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών.....	48
Πίνακας 3.3: Έρευνες που περιλαμβάνουν διδακτικές παρεμβάσεις με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών.....	51
Πίνακας 3.4: Έρευνες που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων από τους μαθητές.....	58
Πίνακας 4.1: Αντιστοίχιση σταδίου-δραστηριοτήτων-πρακτικών και χρονικής διάρκειας.....	67
Πίνακας 4.2: Αντιστοίχιση ερευνητικών ερωτημάτων και ερωτήσεων ερωτηματολογίου.....	73
Πίνακας 4.3: Αντιστοίχιση ζητημάτων προς διερεύνηση-πιθανών αντιλήψεων των μαθητών και ερωτήσεων.....	75
Πίνακας 4.4: Διαστάσεις της πρακτικής του σχεδιασμού διερεύνησης και αντιστοίχιση με ερωτήσεις.....	76
Πίνακας 5.1: Αντιστοίχιση ερευνητικών ερωτημάτων και πλαισίου ανάλυσης.....	77
Πίνακας 5.2: Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης της δομής των επιχειρημάτων.....	78
Πίνακας 5.3: Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης του περιεχομένου των επιχειρημάτων.....	79
Πίνακας 5.4: Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης των γλωσσικών χαρακτηριστικών των επιχειρημάτων.....	80
Πίνακας 5.5: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 4 (διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος).....	83

Πίνακας 5.6: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 5 (διατύπωση υπόθεσης).....	84
Πίνακας 5.7: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 6 (εντοπισμός ανεξάρτητης μεταβλητής).....	84
Πίνακας 5.8: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 7 (εντοπισμός μεταβλητών ελέγχου).....	85
Πίνακας 5.9: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 8 (διατύπωση πλάνου για έρευνα).....	85
Πίνακας 6.1: Η επάρκεια των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	92
Πίνακας 6.2: Η επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	94
Πίνακας 6.3: Η επάρκεια των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	95
Πίνακας 6.4: Η επάρκεια των αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	96
Πίνακας 6.5: Το περιεχόμενο των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	98
Πίνακας 6.6: Το περιεχόμενο των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	99
Πίνακας 6.7: Το περιεχόμενο των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	101

Πίνακας 6.8: Το περιεχόμενο των αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	102
Πίνακας 6.9: Η συγκρότηση προτάσεων των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	103
Πίνακας 6.10: Η χρήση λεξιλογίου των στα επιχειρήματα των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	104
Πίνακας 6.11: Η χρήση γλωσσικών συμβάσεων στα επιχειρήματα των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	106
Πίνακας 6.12: Τα αποτελέσματα αναφορικά με την πρακτική υποβολής ερωτήματος: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	108
Πίνακας 6.13: Τα αποτελέσματα αναφορικά με την πρακτική διατύπωσης υπόθεσης: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	109
Πίνακας 6.14: Τα αποτελέσματα αναφορικά με την πρακτική του εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	110
Πίνακας 6.15: Τα αποτελέσματα αναφορικά με την πρακτική του εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	112
Πίνακας 6.16: Τα αποτελέσματα αναφορικά με την πρακτική της διατύπωσης πλάνου έρευνας: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.....	113

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 2.1: Το μοντέλο επιχειρήματος του Toulmin.....	29
Σχήμα 2.2: Το μαθησιακό μοντέλο 5E.....	35
Σχήμα 2.3: Αναπαράσταση του θεωρητικού πλαισίου της εργασίας.....	37
Σχήμα 4.1: Πλαίσιο υποστήριξης για τον σχεδιασμό και την διεξαγωγή διερευνήσεων των μαθητών.....	69
Σχήμα 4.2: Μοντελοποίηση επιχειρημάτων.....	71

Περίληψη

Παρόλο που τα τελευταία χρόνια έχει επισημανθεί η σπουδαιότητα της καλλιέργειας επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που επικεντρώνεται στη μελέτη της συμβολής διδακτικών παρεμβάσεων στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων και στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών. Παράλληλα, είναι ιδιαίτερα περιορισμένος ο αριθμός των ερευνών που εξετάζουν συγκριτικά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» με τη συμβολή μιας άλλης διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση», στις πρακτικές των μαθητών. Η παρούσα εργασία επιδιώκει να διερευνήσει τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης που ακολουθεί τη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» για το εκκρεμές με χρήση προσομοιώσεων στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών της Γ' τάξης του Γυμνασίου και στις πρακτικές τους που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων. Επίσης, επιδιώκει να συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα αυτής της διδακτικής παρέμβασης με τα αποτελέσματα μιας άλλης διδακτικής παρέμβασης που ακολουθεί την «παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση» για το εκκρεμές με χρήση των ίδιων προσομοιώσεων. Για τη διδακτική παρέμβαση που στηρίζεται στη «μάθηση μέσω πρακτικών των ΦΕ» συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό που εμπλέκει τους μαθητές με τις πρακτικές της επιχειρηματολογίας και της σχεδίασης και πραγματοποίησης διερευνήσεων το οποίο υλοποιείται με τη βοήθεια του λογισμικού PhET Interactive Simulations. Αυτή η διδακτική παρέμβαση εφαρμόστηκε σε 23 μαθητές οι οποίοι αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα. Επίσης, διαμορφώθηκε μια άλλη διδακτική παρέμβαση που στηρίζεται στην παραδοσιακή προσέγγιση για τη μάθηση κατά την οποία χρησιμοποιήθηκε το ίδιο εκπαιδευτικό λογισμικό. Η παραδοσιακή διδασκαλία εφαρμόστηκε σε 22 μαθητές που αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ενός ερωτηματολογίου και οι απαντήσεις των μαθητών έγιναν αντικείμενο ανάλυσης. Προκειμένου να αξιολογηθούν οι απαντήσεις των μαθητών χρησιμοποιήθηκαν κλίμακες διαβαθμισμένων κριτηρίων οι οποίες κατατάσσουν τις απαντήσεις τους σε επίπεδα. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι είναι εφικτή η βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών και πρακτικών τους που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων, μέσω της εφαρμογής της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση

της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ». Επιπρόσθετα, διαπιστώθηκε ότι αυτή η διδακτική παρέμβαση επέφερε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με τη διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στην «παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση».

Abstract

Although the importance of cultivation students' scientific practices have been pointed out over the years, a few studies have been focused to the contribution of teaching interventions to students' practices concerning planning inquiries and their arguments quality. Moreover a limited number of studies compare the contribution of a teaching intervention which is based on teaching approach for science using practices with the contribution of a teaching intervention which is based on traditional teaching approach to students' practices. This master thesis aims at exploring the contribution of a teaching intervention, which is based on science teaching approach using practices for the pendulum with the aid of simulations, to the quality of the 9th grade students' arguments and their practices concerning planning inquiries. Also this study aims at comparing the learning outcomes of this teaching intervention with the learning outcomes of a teaching intervention which is based on traditional learning approach for the pendulum and make use of the same simulations. Appropriate teaching materials were developed for the practices-based teaching intervention which engaged students with argumentation and planning and carrying out inquiries with the aid of the educational software PhET Interactive Simulations. The practices-based teaching intervention applied to 23 students (experimental group), while the traditional teaching intervention applied to 22 students (control group). Data were collected through a questionnaire and rubrics were used in order to evaluate students' answers. It was found that the improvement of the quality of students' arguments and their practices concerning planning inquiries can be achieved through a practices-based teaching approach for science. Also, ascertained that practices-based teaching approach for science have better learning outcomes in comparison to traditional teaching approach for science.

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ - ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Ανάπτυξη και αξιολόγηση εκπαιδευτικού υλικού που υποστηρίζεται από εκπαιδευτικό λογισμικό για το εκκρεμές»

*

«Designing and evaluating of teaching materials supported by educational software for pendulum»

ΚΑΠΟΓΙΑΝΝΗ ΙΩΑΝΝΑ

Επιβλέπων: Σκουμιός Μιχαήλ, Αναπληρωτής Καθηγητής Παν. Αιγαίου

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις

1. Σκουμιός Μιχαήλ, Αναπληρωτής Καθηγητής, Παν. Αιγαίου
2. Σοφός Αλιβίζος, Καθηγητής, Παν. Αιγαίου
3. Φωκίδης Εμμανουήλ, Επίκουρος Καθηγητής, Παν. Αιγαίου

ΡΟΔΟΣ, ΙΟΥΝΙΟΣ 2019

Δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της πρωτότυπης μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, ότι έχω αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες και ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για το συγκεκριμένο Π.Μ.Σ.

Καπογιάννη Ιωάννα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Οριοθέτηση και αναγκαιότητα της εργασίας

Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση στηρίζεται στην ιδέα ότι οι μαθητές έρχονται στο σχολείο έχοντας ήδη αναπτύξει ορισμένες αντιλήψεις που αφορούν τα γεγονότα του φυσικού κόσμου οι οποίες έχουν προκύψει από τις προηγούμενες εμπειρίες τους (NRC, 2000; Driver, Leach, Millar & Scott, 1996; Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). Το σχολείο καλείται να προσφέρει μαθησιακές εμπειρίες που να υποβάλλουν σε δοκιμασία τις προηγούμενες αντιλήψεις των μαθητών, έτσι ώστε να τις αναθεωρούν, οικοδομώντας ενεργητικά νέες γνώσεις μέσα από την αλληλεπίδραση των εμπειριών τους και των σχολικών ερεθισμάτων (NRC, 2000). Η εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών πρέπει συνεπώς να προσφέρει στους μαθητές τη δυνατότητα συμμετοχής σε δραστηριότητες που θα τους δίνουν την ευκαιρία να εξετάζουν τις αντιλήψεις τους και να τις αναθεωρήσουν.

Προκειμένου οι μαθητές να γίνουν στο μέλλον επιστημονικά εγγράμματοι πολίτες θα πρέπει κατά τα σχολικά χρόνια αφενός μεν να αποκτήσουν γνώσεις σχετικά με τις βασικές έννοιες των ΦΕ και αφετέρου να έρθουν σε επαφή με τις πρακτικές των ΦΕ (NRC, 2012). Ο όρος πρακτικές των ΦΕ αναφέρεται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες οι επιστήμονες μελετούν τον φυσικό κόσμο έτσι ώστε να κατασκευάσουν μοντέλα και θεωρίες (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013). Για τον λόγο αυτό η επιτροπή του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας δημιούργησε ένα πλαίσιο μάθησης των ΦΕ στο οποίο περιγράφει αναλυτικά τις επιστημονικές πρακτικές με τις οποίες οι μαθητές θα πρέπει εμπλέκονται και τις θεμελιώδεις ιδέες που θα πρέπει να διδάσκονται κατά τη διάρκεια της σχολικής τους φοίτησης (NRC, 2012). Ανάμεσα σε αυτές τις πρακτικές περιλαμβάνονται η πρακτική της εμπλοκής σε επιχειρηματολογία και η πρακτική της σχεδίασης και πραγματοποίησης διερευνήσεων.

Η πρακτική της επιχειρηματολογίας είναι ιδιαίτερος σημαντική και απαραίτητη για την επιστημονική κοινότητα καθώς όταν οι επιστήμονες διατυπώνουν τις ερμηνείες τους, προτείνουν μοντέλα ή ακόμη και όταν κρίνουν τις ερμηνείες άλλων επιστημόνων καλούνται να δικαιολογήσουν τις απόψεις τους και να υπερασπιστούν τις ιδέες τους στηρίζοντάς τες με επιχειρήματα (Driver, Newton & Osborne, 2000; NRC, 2012). Η εκπαίδευση των ΦΕ συνήθως αγνοεί τα επιχειρήματα πάνω στα οποία στηρίζονται οι επιστημονικές πεποιθήσεις και δίνει έμφαση σε τυποποιημένα επιχειρήματα που αντλεί από τις επιστημονικές αρχές που

έχουν παγιωθεί (Osborne, Erduran & Simon, 2004). Με άλλα λόγια στο σχολικό περιβάλλον δίνεται έμφαση στο τι πρέπει κάποιος να πιστεύει και όχι για ποιο λόγο πρέπει να το πιστεύει. Ωστόσο η συγκεκριμένη στάση αμφισβητείται τα τελευταία χρόνια καθώς έχει τονιστεί η σπουδαιότητα της συμμετοχής των μαθητών σε δραστηριότητες που τους εμπλέκουν με επιχειρηματολογία (NRC, 2012; Driver et al., 2000) και μάλιστα έχει διαπιστωθεί ότι η ικανότητα επιχειρηματολογίας είναι δυνατόν να καλλιεργηθεί στους μαθητές μέσα από κατάλληλα πλαίσια μάθησης (Jimenez Aleixandre & Erduran, 2007; NRC 2012; Driver et al., 2000; Zohar & Nemet, 2002).

Η συμμετοχή των μαθητών στο σχεδιασμό και την πραγματοποίηση διερευνήσεων από τη μία διευκολύνει την κατανόηση του φυσικού και τεχνητού κόσμου μέσα από την απευθείας αλληλεπίδραση με τον κόσμο αυτό, και από την άλλη προάγει την παραγωγή-συλλογή δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν ως αποδεικτικά στοιχεία για να στηρίξουν τις εξηγήσεις που έχουν δοθεί για τα διάφορα επιστημονικά φαινόμενα ή γεγονότα (Harlen, 2013; NRC, 2000). Ωστόσο οι μαθητές χρειάζονται καθοδήγηση για να αναπτύξουν διερευνητικές δεξιότητες έτσι ώστε να είναι σε θέση να προτείνουν διερευνήσεις που θα οδηγούν σε αξιόπιστα αποτελέσματα (Pollen, 2009; Harlen, 2013). Συγκεκριμένα οι μαθητές θα πρέπει να αντιλαμβάνονται πλήρως το πρόβλημα που καλούνται να ερευνήσουν, ώστε να μπορούν να διατυπώνουν το ερευνητικό ερώτημα, να εκφέρουν μια υπόθεση, να εντοπίζουν και να ελέγχουν τις μεταβλητές του προβλήματος και να σχεδιάζουν το πλάνο της έρευνας που θα πραγματοποιήσουν (Wellnitz, Hartmann & Mayer, 2010; Muller, Hartmann & Mayer, 2010; Hof & Mayer, 2009).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι είναι αναγκαία η ανάπτυξη των πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων και τη συγκρότηση επιχειρημάτων. Η παρούσα εργασία εντάσσεται στο πεδίο ερευνών που μελετούν τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων αφενός στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων και αφετέρου στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών.

Στην εργασία αυτή έχει επιλεγεί η εννοιολογική περιοχή του εκκρεμούς για τους ακόλουθους λόγους: (α) το εκκρεμές σχετίζεται με καταστάσεις τις καθημερινής ζωής, (β) η διδασκαλία του προβλέπεται στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών των ΦΕ και (γ) σειρά ερευνών έχει καταδείξει ότι οι μαθητές έχουν εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνησή του και διαμορφώνουν την τιμή της περιόδου του.

Από την μελέτη της βιβλιογραφίας προέκυψε ότι, υπάρχει μεγάλο πλήθος ερευνών που εξετάζουν τις αντιλήψεις των μαθητών για το εκκρεμές (Inhelder & Piaget, 1958; Stepan, 1994; Czudkova & Musilova, 2000; Sumida, 2005; Kwon, Jeong & Park, 2006; Δόσης, 2006,2014; Masnick, Klahr & Knowles, 2017). Επίσης, αρκετές έρευνες εστιάζονται στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών (Mc Neil & Krajcik, 2007, 2008, 2012; Sadler, 2004; Sandoval & Millwood, 2005; Zohar & Nemet 2002).

Όμως, απουσιάζουν έρευνες οι οποίες να μελετούν τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών» για το εκκρεμές στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων και στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών. Επιπλέον, απουσιάζουν έρευνες που να συγκρίνουν τα μαθησιακά αποτελέσματα- αναφορικά με τις πρακτικές της σχεδίασης διερευνήσεων και της επιχειρηματολογίας- της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών» με τα αποτελέσματα μιας άλλης διδακτικής παρέμβασης η οποία βασίζεται στην παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση.

Αναδύεται λοιπόν η ανάγκη πραγματοποίησης μιας τέτοιας έρευνας η οποία αφενός θα μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης που στηρίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» για το εκκρεμές στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και στην ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων, και αφετέρου θα συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα της παρέμβασης αυτής με τα αποτελέσματα μιας άλλης παρέμβασης που στηρίζεται στην παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση.

1.2 Σκοπός της εργασίας και ερευνητικά ερωτήματα

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης για το εκκρεμές που θα βασίζεται στο πλαίσιο της «μάθησης των Φυσικών Επιστημών μέσω πρακτικών» με χρήση προσομοιώσεων στην ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές της Γ τάξης του Γυμνασίου καθώς και στις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων που αναπτύσσουν. Επιπλέον θα πραγματοποιηθεί σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της διδακτικής παρέμβασης με τα αντίστοιχα μαθησιακά αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης για το εκκρεμές που θα βασίζεται στη παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση με χρήση του ίδιου εκπαιδευτικού λογισμικού.

Πιο αναλυτικά τα ερευνητικά ερωτήματα που θα εξεταστούν είναι τα ακόλουθα:

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών της Γ τάξης του Γυμνασίου;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών της Γ τάξης του Γυμνασίου που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων;

Ερευνητικό ερώτημα 3: Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών της Γ τάξης του Γυμνασίου;

Ερευνητικό ερώτημα 4: Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών της Γ τάξης του Γυμνασίου που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων;

Ερευνητικό ερώτημα 5: Υπάρχει διαφοροποίηση στα μαθησιακά αποτελέσματα -αναφορικά με την ποιότητα των επιχειρημάτων και των πρακτικών σχεδίασης διερεύνησης των μαθητών- ανάμεσα στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις;

1.3 Η σημασία της εργασίας

Η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας συνίσταται στο ότι αυτή μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης για το εκκρεμές που βασίζεται στο πλαίσιο «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και στις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων και κατόπιν συγκρίνει τα αποτελέσματα αυτής της παρέμβασης με τα μαθησιακά αποτελέσματα μιας άλλης διδακτικής παρέμβασης για το εκκρεμές η οποία βασίζεται στην παραδοσιακή προσέγγιση για τη διδασκαλία, ζητήματα για τα οποία δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα.

Η σημασία της εργασίας έγκειται στο γεγονός ότι αναμένεται να μελετήσει κατά πόσο η εφαρμογή μιας διδακτικής παρέμβασης που στηρίζεται στο διδακτικό πλαίσιο της μάθησης ΦΕ μέσω επιστημονικών πρακτικών επηρεάζει τα μαθησιακά αποτελέσματα, αναφορικά με

την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και την ανάπτυξη πρακτικών σχεδιασμού διερευνήσεων, συγκριτικά με την παραδοσιακή διδασκαλία.

Επομένως αναμένεται να συμβάλλει στη διδακτική πράξη, καθώς παρέχει εκπαιδευτικό υλικό το οποίο εμπλέκει τους μαθητές με τις επιστημονικές πρακτικές της επιχειρηματολογίας και της σχεδίασης και πραγματοποίησης διερευνήσεων και το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εκπαιδευτικούς στα πλαίσια της διδασκαλίας τους. Επιπλέον θα προσφέρει στοιχεία αναφορικά με τις δυσκολίες που προκύπτουν όταν ενσωματώνονται στη διδακτική πράξη δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με επιστημονικές πρακτικές και κατ' επέκταση θα συμβάλλει στην βελτιστοποίηση του σχεδιασμού και της εφαρμογής τέτοιου είδους δραστηριοτήτων.

1.4 Δομή της εργασίας

Η εργασία απαρτίζεται από οχτώ κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο οριοθετείται το θέμα της εργασίας, εξηγείται η αναγκαιότητα πραγματοποίησής της και ακολούθως διευκρινίζονται ο σκοπός και τα ερευνητικά της ερωτήματα.

Στο δεύτερο κεφάλαιο πραγματοποιείται η περιγραφή του θεωρητικού πλαισίου της εργασίας όπου εισάγονται οι βασικές η έννοιες της μάθησης των τριών διαστάσεων και του πλαισίου της μάθησης μέσω επιστημονικών πρακτικών. Επιπλέον τονίζεται η σημασία της ικανότητας επιχειρηματολογίας των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, αναφέρονται τα δομικά συστατικά ενός επιχειρήματος καθώς επίσης και παρατίθενται τα κριτήρια αξιολόγησης της ποιότητας των επιχειρημάτων. Τέλος περιγράφεται το πλαίσιο εκπαίδευσης στις ΦΕ που βασίζεται στη διεξαγωγή διερευνήσεων και το διδακτικό μοντέλο 5E.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που αφορούν τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το εκκρεμές και τις δυσκολίες που συναντούν κατά την συγκρότηση επιχειρημάτων, καθώς και τα αποτελέσματα των διδακτικών παρεμβάσεων που στοχεύουν στην αλλαγή των αντιλήψεων για το εκκρεμές και στη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών αντίστοιχα. Επιπλέον παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων και τέλος τεκμηριώνεται η πρωτοτυπία της εργασίας.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία έρευνας και τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας, περιγράφονται τα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας, οι συμμετέχοντες της έρευνας, το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε καθώς και το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε ως μέσο συλλογής των δεδομένων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων και ειδικότερα περιγράφονται οι κλίμακες διαβαθμισμένων κριτηρίων που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση των δεδομένων και παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα εφαρμογής τους.

Στο έκτο κεφάλαιο εμπεριέχονται τα αποτελέσματα της έρευνας και πραγματοποιείται η σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά από την κάθε διδακτική παρέμβαση.

Στο έβδομο κεφάλαιο σχολιάζονται τα αποτελέσματα και εξάγονται τα συμπεράσματα της εργασίας. Επίσης σημειώνονται οι περιορισμοί της έρευνας και γίνονται προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.

Στο τέλος της εργασίας παρουσιάζονται οι βιβλιογραφικές αναφορές και το παράρτημα το οποίο περιέχει το εκπαιδευτικό υλικό και το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκαν.

1.5 Ανακεφαλαίωση

Η παρούσα εργασία εστιάζεται στη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» για το εκκρεμές στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και στις πρακτικές που σχετίζονται με τη σχεδίαση διερευνήσεων. Κατόπιν πραγματοποιείται σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της διδακτικής παρέμβασης με τα αντίστοιχα μαθησιακά αποτελέσματα μιας διδακτικής παρέμβασης που στηρίζεται στην παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση. Τα αποτελέσματα της έρευνας αναμένεται να συμβάλλουν στην ανάπτυξη παρόμοιων δραστηριοτήτων στα πλαίσια της διδακτικής πράξης καθώς και στην εξαγωγή συμπερασμάτων που αφορούν το πεδίο της εκπαιδευτικής έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

2.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο περιέχει το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας χωρισμένο σε 4 ενότητες. Στην πρώτη ενότητα (βλ. ενότητα 2.2) περιγράφεται η έννοια της μάθησης των τριών διαστάσεων και το πλαίσιο της μάθησης μέσω επιστημονικών πρακτικών. Η επόμενη ενότητα αφορά στα επιχειρήματα που διατυπώνουν οι μαθητές στις Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) και συγκεκριμένα αναλύονται τα δομικά συστατικά ενός επιχειρήματος και τα κριτήρια αξιολόγησης της ποιότητας των επιχειρημάτων (βλ. ενότητα 2.3). Το περιεχόμενο της τρίτης ενότητας σχετίζεται με το πλαίσιο εκπαίδευσης στις ΦΕ που βασίζεται στη διεξαγωγή διερευνήσεων από τους μαθητές (βλ. ενότητα 2.4) και στην τελευταία ενότητα γίνεται αναφορά στο διδακτικό μοντέλο 5E το οποίο εντάσσεται στο εν λόγω πλαίσιο (βλ. ενότητα 2.5).

2.2 Μάθηση μέσω επιστημονικών πρακτικών

Η ενότητα αυτή απαρτίζεται από δύο υποενότητες. Στην πρώτη υποενότητα αποσαφηνίζεται η έννοια της «μάθησης τριών διαστάσεων» (βλ. υποενότητα 2.2.1) και στη δεύτερη υποενότητα περιγράφονται αναλυτικά οι επιστημονικές πρακτικές (βλ. υποενότητα 2.2.2).

2.2.1 «Μάθηση τριών διαστάσεων»

Τις τελευταίες δεκαετίες το ενδιαφέρον των εκπαιδευτών των Φυσικών Επιστημών έχει στραφεί στη διαμόρφωση ενός πλαισίου που θα βελτιώνει τον επιστημονικό εγγραμματισμό (scientific literacy) των μαθητών και θα τους προετοιμάζει για να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις του 21^{ου} αιώνα. Ο επιστημονικός εγγραμματισμός είναι η ικανότητα ενός ανθρώπου να καταλαβαίνει, να συζητά, να κρίνει και να παίρνει αποφάσεις που αφορούν ζητήματα της καθημερινότητάς του και της κοινωνίας στην οποία ανήκει όντας εξοικειωμένος με τις βασικές αρχές των διαφόρων επιστημονικών κλάδων (NRC 1996,2012 ; OECD, 1999; AAAS, 1990,1993). Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι οι επιστημονικά

εγγράμματοι πολίτες θα πρέπει αφενός να γνωρίζουν το περιεχόμενο των επιστημονικών εννοιών στις οποίες αναφέρονται και αφετέρου τις διαδικασίες μέσα από τις οποίες οι έννοιες αυτές έχουν προκύψει. Τα σχολεία δεν χρειάζεται να διδάσκουν ολόενα και περισσότερες θεωρίες αλλά αντιθέτως να εστιάσουν μόνο σε όσες είναι απαραίτητες για να επιτευχθεί ο επιστημονικός εγγραμματισμός και να εμβαθύνουν πάνω σε αυτές (AAAS, 1990).

Η επιτροπή του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας (NRC, National Research Council) το 1996, έχοντας σημειώσει την ανάγκη της κοινωνίας για επιστημονικό εγγραμματισμό, προχώρησε στη δημιουργία ενός νέου πλαισίου διδασκαλίας των ΦΕ. Το πλαίσιο αυτό περιλάμβανε τις απαραίτητες προδιαγραφές που θα έπρεπε να πληρούν τα προγράμματα σπουδών, το εκπαιδευτικό σύστημα, το διδακτικό περιεχόμενο, η επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών και η διδασκαλία των ΦΕ ώστε να συμβάλλουν στον επιστημονικό εγγραμματισμό και επιπλέον περιείχε συγκεκριμένα κριτήρια αξιολόγησης της προόδου των μαθητών προς την κατεύθυνση αυτή. Μετά από 16 χρόνια το NRC (2012) παρουσίασε ένα νέο βελτιωμένο πλαίσιο λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του προηγούμενου πλαισίου κατά τα προηγούμενα χρόνια καθώς και τα αποτελέσματα άλλων εκτεταμένων ερευνών (AAAS 1993; Luft, Bell & Gess-Newsome, 2008). Το νέο πλαίσιο βασίζεται στην «μάθηση τριών διαστάσεων» (three dimensional learning) η οποία σκιαγραφεί το περίβλημα των βασικών γνώσεων και των επιστημονικών πρακτικών με τις οποίες θα πρέπει να είναι εξοικειωμένοι οι μαθητές όταν τελειώνουν το σχολείο.

Διάσταση 1^η: Η πρώτη διάσταση περιέχει τις επιστημονικές πρακτικές (practices) που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες ώστε να ανακαλύπτουν και να κατασκευάζουν νέα μοντέλα και θεωρίες που περιγράφουν τον φυσικό κόσμο. Η επιλογή του όρου «πρακτικές» έναντι του όρου «δεξιότητες» έγινε προκειμένου να τονιστεί ότι η διεξαγωγή επιστημονικής έρευνας απαιτεί από μεριάς του εμπλεκόμενου τόσο τις απαραίτητες εκτελεστικές δεξιότητες όσο και συγκεκριμένη γνώση σχετικά με την κάθε πρακτική (NRC, 2012). Οι επιστημονικές πρακτικές είναι οι εξής: διατύπωση ερωτημάτων, ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων, ανάλυση και η ερμηνεία δεδομένων, χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, συγκρότηση εξηγήσεων, εμπλοκή σε επιχειρηματολογία, απόκτηση-αξιολόγηση-ανταλλαγή πληροφοριών.

Διάσταση 2^η: Η δεύτερη διάσταση αφορά στις εγκάρσιες έννοιες (crosscutting concepts) που διατρέχουν όλους τους επιστημονικούς κλάδους και επομένως αποτελούν τον συνδετικό

κρίκο μεταξύ όλων των επιστημών (NRC, 2012). Οι έννοιες αυτές είναι τα μοτίβα, η σχέση αιτίου-αποτελέσματος, κλίμακες-αναλογίες-ποσότητες, συστήματα και μοντέλα, ενέργεια και ύλη, δομή και λειτουργία, σταθερότητα-μεταβολή. Παρά το γεγονός ότι οι ιδέες ετούτες είναι σημαντικές και απαραίτητες για την κατανόηση του περιεχομένου και της οργανωτικής δομής των ΦΕ αναμένεται συνήθως να γίνουν εμμέσως αντιληπτές από τους μαθητές δίχως να τους διδαχθούν μέσα από κάποιο επεξηγηματικό πλαίσιο.

Διάσταση 3^η: Η Τρίτη διάσταση περιλαμβάνει τις θεμελιώδεις ιδέες (core ideas) ανά επιστημονικό κλάδο στις οποίες θα πρέπει να εστιάζεται το πρόγραμμα σπουδών. Για να θεωρείται μία ιδέα ως θεμελιώδης θα πρέπει να πληροί τουλάχιστον δύο από εξής τέσσερα κριτήρια (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013):

- i. Να έχει ευρεία σημασία για πολλούς επιστημονικούς κλάδους ή να είναι μια θεμελιώδης ιδέα που σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο επιστημονικό πεδίο.
- ii. Να αποτελεί σημαντικό εργαλείο κατανόησης ή διερεύνησης πολύπλοκων ιδεών και να μπορεί να αξιοποιηθεί στην επίλυση προβλημάτων.
- iii. Να σχετίζεται με τα ενδιαφέροντα και τις εμπειρίες των μαθητών ή να συνδέεται με προσωπικές και κοινωνικές ανησυχίες που απαιτούν επιστημονικές ή τεχνολογικές γνώσεις.
- iv. Να είναι ιδέες που μπορούν να διδαχθούν και να γίνουν αντιληπτές από τους μαθητές όλων των βαθμίδων εκπαίδευσης με σταδιακή κλιμάκωση του βαθμού εμβάθυνσης και πολυπλοκότητας.

Παρόλο που οι τρεις διαστάσεις είναι δυνατόν να περιγραφούν ως έννοιες ανεξάρτητες η μία από την άλλη, κατά την εφαρμογή τους σε ένα διδακτικό περιεχόμενο είναι άρρηκτα συνδεδεμένες και μόνο ως σύνολο οδηγούν στο επιθυμητό μαθησιακό αποτέλεσμα.

2.2.2 Επιστημονικές πρακτικές

Οι επιστημονικές πρακτικές είναι ένα σύνολο μεθόδων και διαδικασιών που ακολουθούν οι επιστήμονες στα πλαίσια της καθημερινής τους απασχόλησης. Υπάρχουν συνολικά 8 πρακτικές τις οποίες θα πρέπει οι μαθητές να γνωρίζουν και να είναι ικανοί να χρησιμοποιούν (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013):

- 1) *Υποβολή ερωτημάτων*: η πρακτική ετούτη σχετίζεται με την διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων τα οποία έχουν προκύψει είτε από περιέργεια είτε από

κάποια θεωρία ή μοντέλο που έχουν διδαχθεί οι μαθητές και είναι δυνατόν να απαντηθούν συλλέγοντας τα κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία.

- 2) *Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων*: Τα μοντέλα είναι μέσα αναπαράστασης που βοηθούν τους επιστήμονες στην ερμηνεία του φυσικού κόσμου και στην πρόβλεψη γεγονότων. Οι δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με την πρακτική αυτή σχετίζονται με την εφαρμογή, την αξιολόγηση, την τροποποίηση και την ανάπτυξη μοντέλων από τους ίδιους έτσι ώστε να εξηγήσουν γεγονότα ή να επιλύσουν ένα πρόβλημα.
- 3) *Σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων*: Η πρακτική αυτή χρησιμοποιείται για να απαντηθούν τα ερευνητικά ερωτήματα. Οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν από μόνοι τους την έρευνα που θα υλοποιήσουν, επιλέγοντας τον τρόπο με τον οποίο θα ελέγξουν και θα μετρήσουν τις διάφορες μεταβλητές ούτως ώστε να προκύψουν αξιόπιστα δεδομένα. Η πρακτική αυτή ενδέχεται να ενσωματώνει πολλά στοιχεία από τις υπόλοιπες πρακτικές.
- 4) *Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων*: Η πρακτική της ανάλυσης και της ερμηνείας δεδομένων σχετίζεται με την ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να εντοπίζουν μοτίβα και συσχετίσεις σε δεδομένα που απεικονίζονται σε έναν πίνακα, ένα γράφημα ή έχουν προκύψει ύστερα από στατιστική ανάλυση.
- 5) *Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης*: Τα μαθηματικά και οι σύνθετοι υπολογισμοί είναι εξαιρετικά χρήσιμα εργαλεία για τους μαθητές προκειμένου να υπάρξει ένα μέτρο σύγκρισης των διαφόρων μεγεθών που εξετάζουν και του τρόπου με τον οποίο αυτά συσχετίζονται μεταξύ τους.
- 6) *Συγκρότηση εξηγήσεων*: Οι μαθητές χρησιμοποιούν αυτή την πρακτική όταν καλούνται να διατυπώσουν ερμηνείες σχετικά με ένα φαινόμενο που παρατήρησαν ή όταν θέλουν να κάνουν μια πρόβλεψη για μελλοντικά γεγονότα.
- 7) *Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία*: Η επιχειρηματολογία είναι η διαδικασία με την οποία οι μαθητές συλλέγοντας αποδεικτικά στοιχεία και διατυπώνοντας συλλογισμούς θα φτάσουν στη διατύπωση ενός ισχυρισμού.

- 8) *Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών*: οι δραστηριότητες που βασίζονται σε αυτή την πρακτική καλλιεργούν την ικανότητα των μαθητών να διαβάζουν, να αναπαριστούν και να παράγουν επιστημονικά κείμενα με στόχο να επικοινωνήσουν τις πληροφορίες που έχουν συγκεντρώσει με ξεκάθαρο και πειστικό τρόπο.

Οι επιστημονικές πρακτικές είναι αλληλένδετες και στις περισσότερες περιπτώσεις χρειάζεται είτε να χρησιμοποιηθούν με τη σειρά δύο ή περισσότερες πρακτικές είτε να εισχωρήσει η μία πρακτική μέσα στην άλλη (NGSS Lead States, 2013).

2.3 Επιχειρήματα μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες

Η ενότητα αυτή είναι χωρισμένη στην υποενότητα 2.3.1 η οποία εστιάζει στα συστατικά στοιχεία του επιχειρήματος και στην υποενότητα 2.3.2 όπου εισάγονται τα κριτήρια αξιολόγησης της ποιότητας του επιχειρήματος.

2.3.1. Συστατικά στοιχεία επιχειρήματος

Η ικανότητα επιχειρηματολογίας είναι στενά συνδεδεμένη με τις ΦΕ καθώς οι επιστήμονες στα πλαίσια της εργασίας τους εκθέτουν ιδέες, αναπτύσσουν θεωρίες ή κάνουν προβλέψεις βασισμένοι σε επιχειρήματα που δικαιολογούν και επεξηγούν αναλυτικά τον συλλογισμό που τους οδήγησε σε συγκεκριμένα συμπεράσματα. Η επιστημονική πρακτική της διατύπωσης επιχειρημάτων είναι απαραίτητο να ενσωματωθεί στην εκπαίδευση και τη διδασκαλία των ΦΕ, καθώς οι μαθητές προκειμένου να οδηγηθούν στον επιστημονικό εγγραμματισμό πρέπει αφενός να γνωρίζουν τις βασικές έννοιες της επιστήμης και αφετέρου τον τρόπο με τον οποίο το περιεχόμενο αυτό διαμορφώνεται και εξελίσσεται (Jimenez Aleixandre & Erduran, 2007; Erduran & Jimenez Aleixandre, 2012; NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013).

Στο σχολείο συνήθως οι ΦΕ παρουσιάζονται από μια θετικιστική σκοπιά ως ένα διδακτικό αντικείμενο το οποίο έχει σωστές και λάθος απαντήσεις που έχουν παγιωθεί και είναι αδιάσειστες. Ωστόσο οι επιστήμονες δεν βλέπουν υπό το πρίσμα αυτό την επιστήμη καθώς τη θεωρούν ως μια ατέρμονη διαδικασία ανακάλυψης. Η επιχειρηματολογία είναι πολύ σημαντική για εκείνους διότι πρέπει να είναι βέβαιοι για τα αποτελέσματα που θα παρουσιάσουν τα οποία θα γίνουν αντικείμενο κριτικής (Driver et al., 2000).

Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί δείχνουν ότι η ικανότητα της επιχειρηματολογίας είναι δυνατόν να διδαχθεί στους μαθητές μέσα από κατάλληλες δραστηριότητες και μοντελοποίηση της διαδικασίας (Jimenez Aleixandre & Erduran, 2007; NRC 2012; Driver et al.,2000).

Ένα πλαίσιο ανάλυσης των συστατικών στοιχείων του επιχειρήματος προτάθηκε από τον Toulmin (2003). Το συγκεκριμένο πλαίσιο ορίζει 4 βασικά συστατικά που συνθέτουν ένα επιχείρημα τα οποία είναι:

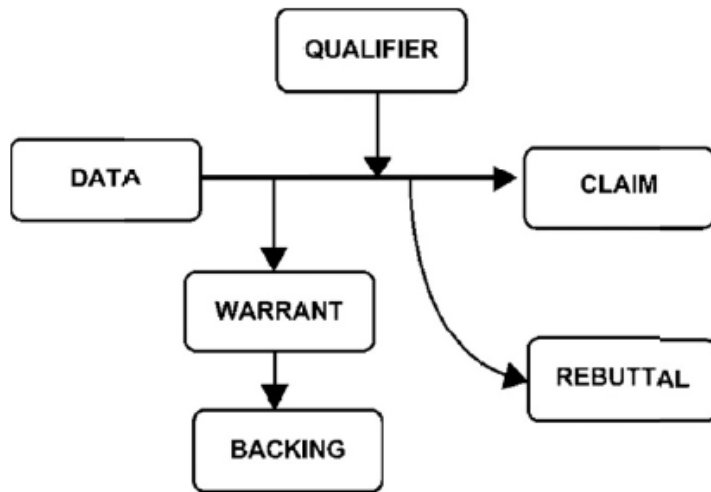
1. Ο «ισχυρισμός» (claim): είναι η δήλωση η οποία απαντά στο ερώτημα που έχει τεθεί.
2. Τα «δεδομένα» (data): είναι τα γεγονότα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό.
3. Οι «εγγυήσεις» (warrants): είναι τα στοιχεία (επιστημονικές αρχές, κανόνες) που δικαιολογούν τη σύνδεση ανάμεσα στα δεδομένα και τον ισχυρισμό.
4. Οι «υποστηρίξεις» (backings): είναι οι διαπιστεύσεις που εξηγούν τους λόγους για τους οποίους οι εγγυήσεις είναι αξιόπιστες.

Ωστόσο τα πιο σύνθετα επιχειρήματα περιέχουν και 2 ακόμη συστατικά.

5. Τις «πιστοποιήσεις» (qualifiers): δηλαδή τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ο ισχυρισμός θεωρείται αληθής.
6. Τις «αντικρούσεις» (rebuttals): που υποδεικνύουν τις περιπτώσεις στις οποίες τα δεδομένα και οι εγγυήσεις δεν οδηγούν στον ισχυρισμό.

Το μοντέλο του Toulmin είναι εξαιρετικό εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αξιολογήσει τη δομή των επιχειρημάτων και να οδηγήσει σε ποσοτικές πληροφορίες σε σχέση με την ύπαρξη των συστατικών τους. Εντούτοις δεν περιέχει κριτήρια αξιολόγησης για την ορθότητα του περιεχομένου τους (Driver et.al, 2000; Erduran, Simon & Osborne, 2004). Επιπλέον αντιμετωπίζει την επιχειρηματολογία σαν διαδικασία αποκομμένη από το συγκεκριμένο και δεν λαμβάνει υπόψη τους διαλόγους και τις αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα μεταξύ των ατόμων που επιχειρηματολογούν (Nielsen, 2013; Driver et.al, 2000).

Σχήμα 2.1: Το μοντέλο επιχειρήματος του Toulmin.



Πηγή: Erduran & Jimenez Aleixandre, 2012.

Μια σύντομη εκδοχή του πλαισίου ανάλυσης των συστατικών του επιχειρήματος του Toulmin παρουσίασαν οι McNeill, Lizotte, Krajcik και Marx (2006) στην προσπάθειά τους να απλουστεύσουν την εφαρμογή του κατά την μαθησιακή διαδικασία. Σύμφωνα με αυτό τα συστατικά στοιχεία ενός επιχειρήματος είναι τα εξής:

1. Ο «ισχυρισμός» (claim), που είναι η απάντηση στο ερώτημα ή στο πρόβλημα που έχει διατυπωθεί, ακριβώς όπως και στο μοντέλο του Toulmin.
2. Τα «αποδεικτικά στοιχεία» (evidence), τα οποία είναι αντίστοιχα με τα «δεδομένα» του Toulmin. Τα αποδεικτικά στοιχεία μπορεί να έχουν προκύψει μέσα από διερεύνηση, παρατήρηση, γραπτό κείμενο ή ακόμη και από επανεξέταση παλαιότερων δεδομένων. Τα δεδομένα θα πρέπει να είναι επαρκή και κατάλληλα ώστε να υποστηρίζουν τον ισχυρισμό.
3. Ο «συλλογισμός» (reasoning), ο οποίος αποτελεί την λογική πορεία που ακολουθήσαμε και τις αρχές στις οποίες στηριχθήκαμε ώστε τα αποδεικτικά στοιχεία να μας οδηγήσουν στον ισχυρισμό. Ο «συλλογισμός» είναι αντίστοιχος με τις εγγυήσεις και τις υποστηρίξεις του μοντέλου του Toulmin.

Στην πορεία προτάθηκε η προσθήκη του συστατικού της «αντίκρουσης» (rebuttal) η οποία εξηγεί γιατί ένας εναλλακτικός «ισχυρισμός» είναι λανθασμένος (McNeill & Krajcik, 2012).

2.3.2 Αξιολόγηση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών

Για την αξιολόγηση της ποιότητας ενός επιχειρήματος δεν αρκεί η ύπαρξη των συστατικών του καθώς είναι απαραίτητο να υπάρχει παράλληλα και μια κλίμακα που θα καθορίζει τον βαθμό στον οποίο το κάθε συστατικό είναι κατάλληλο και επαρκές. Για να θεωρείται ένα συστατικό κατάλληλο θα πρέπει να σχετίζεται με το ερευνητικό ερώτημα και να ανταποκρίνεται στον σκοπό για τον οποίο υπάρχει στη δομή του επιχειρήματος. Επαρκές είναι το συστατικό που δηλώνεται με ολοκληρωμένο τρόπο έτσι ώστε να αναφερθούν όλες οι πληροφορίες που οδηγούν στο συμπέρασμα ότι «ισχυρισμός» είναι ορθός. Στο μοντέλο των McNeill et al. (2006) υπάρχει μια τέτοιου είδους κλίμακα (βλ. Πίνακα 2.1) η οποία εξυπηρετεί στην ποσοτικοποίηση της ποιότητας των επιχειρημάτων που διατυπώνονται από τους μαθητές. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα σύνολο βασικών κανόνων (base rubric) οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζονται ανάλογα με το θεματικό περιεχόμενο (Lizotte, Harris, McNeill, Marx & Krajcik, 2003).

Οι Σκουμιάς και Χατζηνικήτα (2014) πρότειναν ένα εργαλείο αξιολόγησης της ποιότητας του επιχειρήματος το οποίο εστιάζει στην καταλληλότητα και στην επάρκεια των συστατικών του και περιέχει επιπροσθέτως το συστατικό της «αντίκρουσης». Επιπλέον περιέχει κριτήρια αξιολόγησης των γλωσσικών χαρακτηριστικών των επιχειρημάτων, δηλαδή επικεντρώνεται στο λεξιλόγιο, στην συγκρότηση ολοκληρωμένων προτάσεων και στη χρήση των γλωσσικών συμβάσεων (σημεία στίξης, γραμματική, ορθογραφία κλπ).

Πίνακας 2.1: Βασικά κριτήρια αξιολόγησης επιχειρημάτων (base rubric).

ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2
Ισχυρισμός	Δεν διατυπώνει ισχυρισμό ή ο ισχυρισμός που διατυπώνεται είναι ανακριβής.	Διατυπώνει ακριβή ισχυρισμό αλλά είναι ελλιπής.	Διατυπώνει ακριβή και ολοκληρωμένο ισχυρισμό.
Αποδεικτικά στοιχεία	Δεν διατυπώνει αποδεικτικά στοιχεία ή τα αποδεικτικά στοιχεία που διατυπώνει δεν στηρίζουν τον ισχυρισμό.	Διατυπώνει ακριβή αλλά ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία για να στηρίξει τον ισχυρισμό. Ίσως να περιέχει και αποδεικτικά στοιχεία που δεν στηρίζουν τον ισχυρισμό.	Διατυπώνει ακριβή και επαρκή αποδεικτικά στοιχεία για να στηρίξει τον ισχυρισμό.
Συλλογισμός	Δεν διατυπώνει συλλογισμό ή ο συλλογισμός που διατυπώνει δεν συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό.	Διατυπώνει ακριβή αλλά ελλιπή συλλογισμό για να συνδέσει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό. Ίσως να περιέχει συλλογισμό που δεν συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό.	Διατυπώνει ακριβή και ολοκληρωμένο συλλογισμό που συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό.

Πηγή: Lizotte et al.,2003.

2.4. Σχεδίαση διερευνήσεων

Η διερεύνηση (scientific inquiry) ως έννοια και πρακτική κατέχει εξέχουσα θέση στις ΦΕ διότι σε κάθε επιστημονικό κλάδο η γνώση βασίζεται στα αποδεικτικά στοιχεία που προκύπτουν μέσα από διερευνήσεις και ενσωματώνεται σε θεωρίες που μπορούν να ερμηνεύσουν δεδομένα και να προβλέψουν γεγονότα (NRC,1996,2012). Ο κάθε επιστημονικός κλάδος ενδέχεται να χρησιμοποιεί διαφορετικές πρακτικές ώστε να αντλήσει και να συγκεντρώσει δεδομένα, όμως ανάμεσα στα κοινά χαρακτηριστικά όλων των κλάδων είναι η αφοσίωση στα αποδεικτικά στοιχεία πάνω στα οποία θα στηριχτούν οι ισχυρισμοί και οι θεωρίες που θα διατυπώσουν (NRC,2012; AAAS, 1990). Κατ' επέκταση η ικανότητα διερεύνησης ως πηγή άντλησης δεδομένων είναι απαραίτητο να εισαχθεί στη μάθηση των ΦΕ έτσι ώστε οι μαθητές από τη μία να κατανοήσουν το θεωρητικό πλαίσιο και από την άλλη να αναπτύξουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για τη διεξαγωγή διερευνήσεων (NRC, 1996).

Δυστυχώς το σχολείο δεν είναι σε θέση να μεταλαμπαδεύσει όλες τις γνώσεις που θα χρειαστούν οι μαθητές στην ενήλικη ζωή τους, οπότε χρειάζεται να τους προετοιμάσει ώστε να είναι σε θέση να οργανώνουν και να ρυθμίζουν οι ίδιοι τη μάθησή τους, με την ευρεία έννοια, και να ξεπερνούν τις δυσκολίες που προκύπτουν κατά τη μαθησιακή διαδικασία (OECD, 1999). Η εμπλοκή των μαθητών με δραστηριότητες που θα τους δώσουν την ευκαιρία να αποκτήσουν γνώσεις «από πρώτο χέρι» μέσα από προσωπικές τους εμπειρίες, παρατηρήσεις και συλλογισμούς έχει σημαντικά οφέλη τα οποία δεν θα μπορούσαν να αποκομίσουν με άλλο τρόπο. Ορισμένα από αυτά τα οφέλη είναι η χαρά και η ικανοποίηση ότι είναι ικανοί να ανακαλύψουν από μόνοι τους κάτι που δεν γνώριζαν χωρίς να βασίζονται απλώς σε όσα ακούν ή διαβάζουν, η ικανοποίηση της περιέργειάς τους για τον κόσμο που μας περιβάλλει, η προοδευτική ανάπτυξη νέων ιδεών και ο ενστερνισμός της αντίληψης ότι η επιστήμη είναι αποτέλεσμα ανθρώπινης προσπάθειας και ότι η εκμάθησή της πραγματοποιείται πολύπλευρα μέσα από διαλόγους, συνεργασίες, γραπτές πηγές και διδασκαλία (Harlen, 2000, 2013).

Βεβαίως η μάθηση μέσω διερεύνησης έχει ορισμένους περιορισμούς και δυσκολίες. Οι δυσκολίες αυτές αφορούν στα ελλιπή κίνητρα των μαθητών, στην περιορισμένη πρόσβαση στη γνώση των διαφόρων ερευνητικών τεχνικών, στην απαίτηση να προϋπάρχουν γνώσεις πάνω στο εννοιολογικό περιεχόμενο της διερεύνησης ούτως ώστε να διατυπωθούν εύστοχα ερωτήματα και να σχεδιαστούν προσοδοφόρες έρευνες, στην δυσκολία των μαθητών να διαχειριστούν σύνθετες και μακρόσυρτες επιστημονικές διαδικασίες και στους πρακτικούς περιορισμούς που σχετίζονται με τον χώρο μέσα στον οποίο θα γίνει η διερεύνηση και τον διαθέσιμο υλικοτεχνικό εξοπλισμό (Edelson, Goldin & Pea, 1999).

Η διδασκαλία των ΦΕ μέσα από τη διεξαγωγή διερευνήσεων βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση της μάθησης η οποία πρεσβεύει ότι η γνώση λαμβάνεται ενεργητικά από τον μαθητή μέσα από τη διαδικασία αλληλεπίδρασης των αντιλήψεων που έχει σχηματίσει μέσα από τις προσωπικές του εμπειρίες και των ερεθισμάτων που παίρνει από το σχολικό περιβάλλον (Χαλκιά 2012; Fosnot, 2013). Οι μαθητές έρχονται σχολείο έχοντας ήδη διαμορφώσει ορισμένες ιδέες για τον κόσμο που μας περιβάλλει (NRC, 2000; Driver et al., 1996; Driver et al., 1994). Προκειμένου να επιτευχθεί η μάθηση θα πρέπει οι ιδέες αυτές να αναδειχθούν και να ανακατασκευαστούν με τέτοιο τρόπο ώστε ουσιαστικά να οικοδομηθεί η νέα γνώση επάνω στην παλιά, ενώ παράλληλα το διδακτικό περιεχόμενο είναι απαραίτητο να έχει συνάφεια με τα βιώματα των μαθητών (NRC, 2000).

Προκειμένου η εκπαίδευση στις ΦΕ να εισάγει τη διεξαγωγή διερευνήσεων στη μαθησιακή διαδικασία έχει αναπτυχθεί ένα νέο πλαίσιο οδηγιών (Inquiry based Science Education, IBSE) γνωστό ως «Εκπαίδευση στις ΦΕ βασισμένη στην έρευνα» (NRC, 1996, 2012; NGSS Lead States, 2013). Πρόκειται για μια σειρά από οδηγίες που έχουν ως στόχο να κατευθύνουν τον μαθητή ώστε να εξοικειωθεί με τις έννοιες και τις διαδικασίες που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες καθώς οι μαθητές είναι αδύνατον χωρίς καθοδήγηση να αναπτύξουν δεξιότητες διερευνήσεις (OECD, 2000). Οι οδηγίες αυτές δεν αποτελούν μια ακολουθία από συγκεκριμένα βήματα τα οποία χρειάζεται να εκτελεστούν προσεκτικά το ένα μετά το άλλο, αλλά αντιθέτως είναι ένα γενικό πλαίσιο όπου ο εκπαιδευτικός πρέπει να κρίνει με ποιόν τρόπο θα το αξιοποιήσει κάνοντας προσαρμογές στη διδασκαλία του αναλόγως με τις δυσκολίες και τον ρυθμό μάθησης των μαθητών του (Pollen, 2009; NRC, 2000).

Οι βασικές αρχές του πλαισίου της μάθησης ΦΕ που βασίζεται σε διερεύνηση είναι οι εξής (NRC 1996,2000):

- i. Εμπλέκει τους μαθητές με ερωτήσεις οι οποίες έχουν επιστημονικό περιεχόμενο στρέφοντας την προσοχή τους σε αντικείμενα, οργανισμούς και γεγονότα του φυσικού κόσμου.
- ii. Οι μαθητές θα πρέπει να επικεντρωθούν στη συλλογή αποδεικτικών στοιχείων μέσα από διερευνήσεις τα οποία θα τους επιτρέψουν να διατυπώσουν επιστημονικές εξηγήσεις.
- iii. Οι εξηγήσεις που διατύπωσαν οι μαθητές αλλά και οι εναλλακτικές εξηγήσεις θα πρέπει να αξιολογηθούν με βάση τη δυνατότητα εφαρμογής τους σε νέες καταστάσεις και τη συμφωνία τους με τις θεωρίες και τα μοντέλα της επιστήμης.
- iv. Ολοκληρώνοντας οι μαθητές επικοινωνούν τις εξηγήσεις τους και τις παρουσιάζουν μέσα από επιχειρήματα.

Τα μοντέλα διδασκαλίας που έχουν κατασκευαστεί ώστε να στηρίζουν τη μάθηση ΦΕ μέσω διερεύνησης υιοθετούν τα παραπάνω χαρακτηριστικά τα οποία μάλιστα υλοποιούνται σε διακριτά μεταξύ τους στάδια. Μερικά από τα μοντέλα αυτά είναι τα παρακάτω: το μαθησιακό μοντέλο 5E των (Bybee, Taylor, Gardner, Van Scotter, Powell και Westbrook et al., 2006), το μαθησιακό μοντέλο 7E του Eisenkraft (2003), ο μαθησιακός κύκλος των White, Shimoda και Frederiksen (1999), το διδακτικό πλαίσιο EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007), το μοντέλο 4EX2 των Marshall, Horton και Smart (2009) και το πλαίσιο των Minner, Levy και Centuri (2010).

2.5. Το μαθησιακό μοντέλο 5E

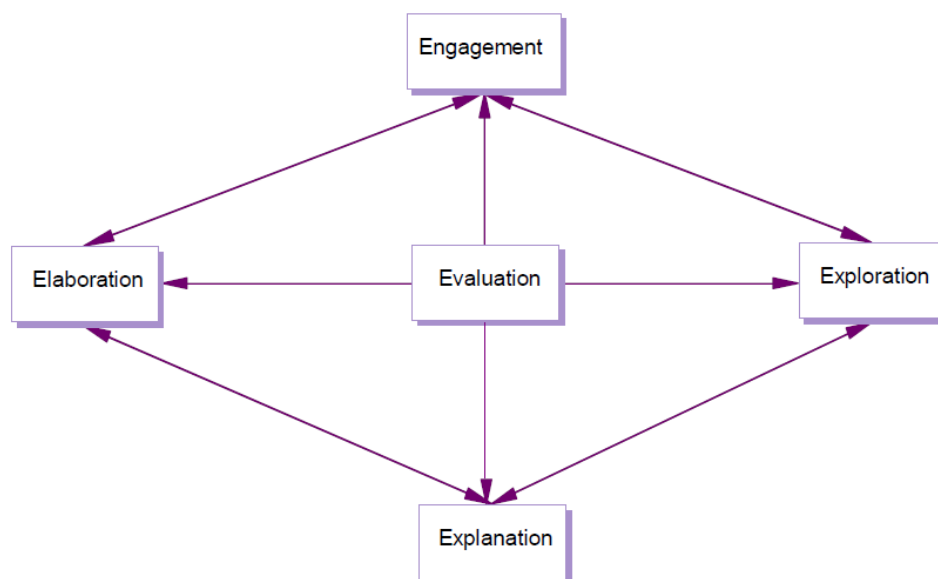
Το διδακτικό μοντέλο 5E είναι ένα από τα μοντέλα που έχουν διαμορφωθεί με γνώμονα το πλαίσιο εκπαίδευσης των ΦΕ βασισμένη σε διερευνήσεις. Τα στάδια του μοντέλου είναι τα εξής (Bybee et al., 2006):

1. *Ενεργοποίηση* (Engagement): Το στάδιο της ενεργοποίησης επιδιώκει να εισάγει τους μαθητές στις έννοιες που θα συζητηθούν μέσα από την διατύπωση ερωτημάτων ή προβλημάτων τα οποία θα αναδείξουν τις υπάρχουσες αντιλήψεις τους. Ο βασικός στόχος στη φάση αυτή είναι η πρόκληση ενδιαφέροντος των μαθητών, η σύνδεση με τα βιώματά τους και η συνειδητοποίηση ότι οι ιδέες που διατυπώνουν διαφέρουν μεταξύ τους. Κατά το στάδιο αυτό πραγματοποιείται η αποσταθεροποίηση των αρχικών ιδεών. Οι μαθητές εργάζονται αρχικά ατομικά και κατόπιν αποκαλύπτουν τις ιδέες τους συζητώντας με τους συμμαθητές τους.
2. *Εξερεύνηση* (Exploration): Η εξερεύνηση περιλαμβάνει ομαδικές δραστηριότητες που δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να εξετάσουν τις ιδέες τους και να ελέγξουν εάν οι υποθέσεις που διατύπωσαν στο προηγούμενο στάδιο είναι αληθείς. Πιο συγκεκριμένα κατά το στάδιο αυτό οι μαθητές σχεδιάζουν και διεξάγουν διερευνήσεις έτσι ώστε να συλλέξουν αποδεικτικά στοιχεία για τους ισχυρισμούς τους, καλλιεργώντας παράλληλα τις επιστημονικές τους δεξιότητες (παρατήρηση, έλεγχος μεταβλητών, απεικόνιση δεδομένων κλπ.). Στην φάση αυτή αρχίζει η διαδικασία της σταθεροποίησης των ιδεών.
3. *Εξήγηση* (Explanation): Στο στάδιο της εξήγησης τόσο οι επιστημονικές έννοιες όσο και οι διαδικασίες που εφαρμόστηκαν γίνονται κατανοητές και ξεκάθαρες στους μαθητές και παρακινούνται να διατυπώσουν εκ νέου τις ιδέες-εξηγήσεις τους. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να κατευθύνει την προσοχή των μαθητών στα κατάλληλα σημεία ώστε να τους βοηθήσει να εκφράσουν με λόγια όσα κατανόησαν και έπραξαν. Κατά το στάδιο της εξήγησης εισάγεται η νέα γνώση και η ορολογία όσον αφορά το διδακτικό περιεχόμενο αλλά και τις διαδικασίες που εφαρμόστηκαν (Bybee, 2006, 2009).
4. *Εφαρμογή* (Elaboration): Στο στάδιο της εφαρμογής οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να διευρύνουν τις γνώσεις τους, να εμβαθύνουν σε συγκεκριμένες έννοιες και να εξασκηθούν περεταίρω στις επιστημονικές τους δεξιότητες (Bybee, 2006). Επίσης

έχουν την ευκαιρία να δοκιμάσουν εάν οι εξηγήσεις που διατύπωσαν στο προηγούμενο στάδιο μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα νέο πλαίσιο (Bybee, 2009).

5. *Αξιολόγηση* (Evaluation): Κατά τη φάση της αξιολόγησης ο εκπαιδευτικός δίνει την δυνατότητα στους μαθητές να απαντήσουν ξανά στα αρχικά ερωτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στο στάδιο της ενεργοποίησης, τους ρωτά εάν κάτι τους δυσκόλεψε και τι είναι αυτό που τους έκανε να αλλάξουν γνώμη. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιείται η αξιολόγηση της επίτευξης των μαθησιακών στόχων μέσα από μια εξέταση η οποία προτρέπει τους μαθητές να συνδυάσουν τις δεξιότητες που ανέπτυξαν με την κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου. Μέσα από αυτή τη δοκιμασία οι μαθητές είναι σε θέση να αυτό-αξιολογήσουν την πρόδοό τους (Bybee, 2006,2009).

Σχήμα 2.2: Το μαθησιακό μοντέλο 5E.



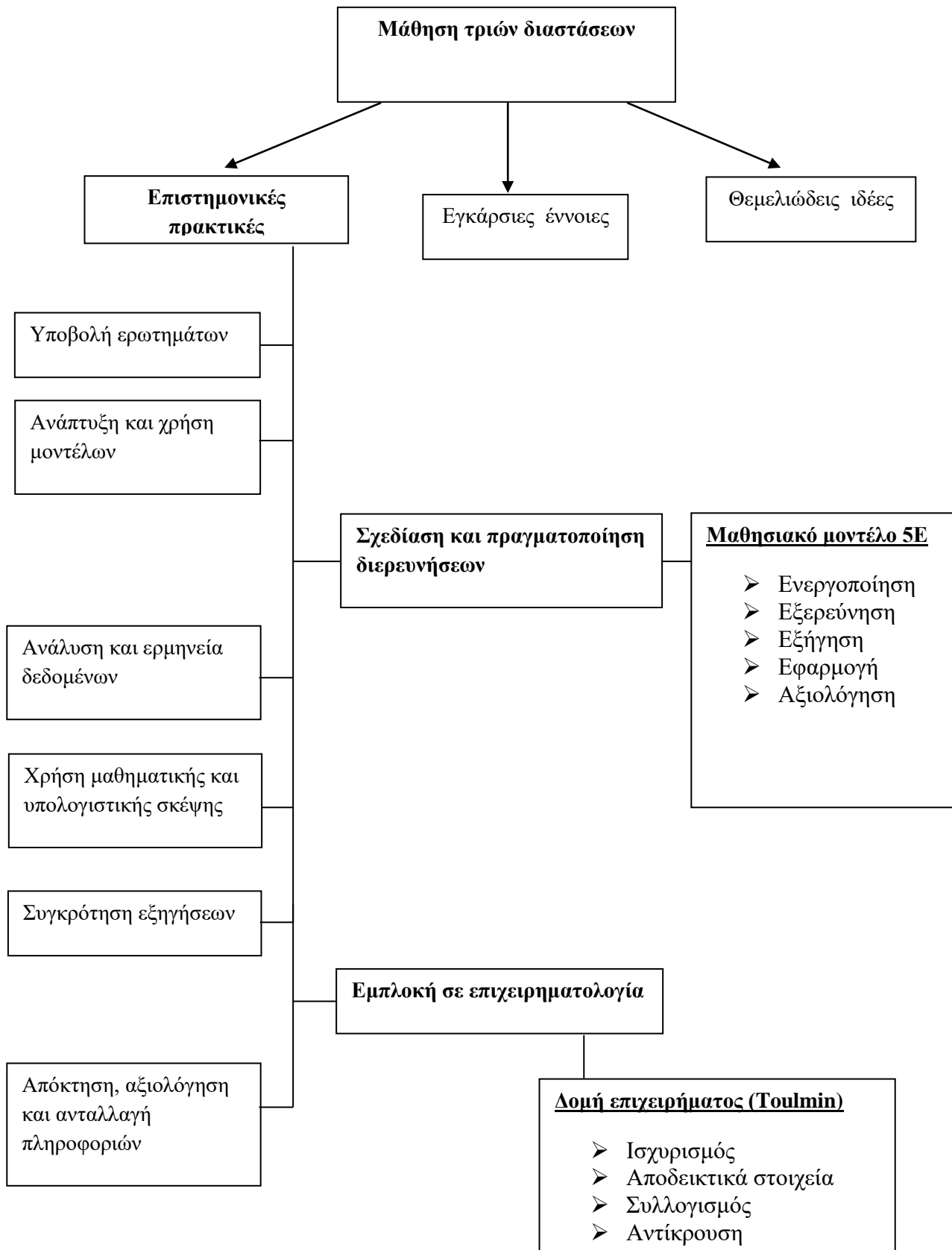
Πηγή : L.B Duran & E. Duran, 2004.

2.6 Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάστηκε το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας (βλ. Σχήμα 2.3). Τα τελευταία χρόνια η προσοχή των εκπαιδευτών των ΦΕ έχει στραφεί στη διαμόρφωση ενός πλαισίου μάθησης το οποίο θα καλλιεργεί τον επιστημονικό εγγραμματισμό των μαθητών. Ο επιστημονικός εγγραμματισμός είναι η ικανότητα του ανθρώπου να κατανοεί τον τρόπο με τον οποίο οι επιστήμονες εργάζονται και παράλληλα να γνωρίζει τις βασικές έννοιες των ΦΕ.

Στα πλαίσια αυτής της προσπάθειας διαμορφώθηκε το πλαίσιο «μάθησης τριών διαστάσεων» το οποίο απαρτίζεται από τις επιστημονικές πρακτικές που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες όλων των κλάδων, τις εγκάρσιες έννοιες οι οποίες διατρέχουν όλους τους κλάδους και τις θεμελιώδεις ιδέες του κάθε κλάδου. Οι επιστημονικές πρακτικές που θα μας απασχολήσουν στην παρούσα εργασία είναι η «εμπλοκή σε επιχειρηματολογία» και η «σχεδίαση και πραγματοποίηση διερεύνησης». Τα επιχειρήματα χωρίζονται σε τέσσερα βασικά συστατικά, τα οποία έχουν προκύψει από μια τροποποίηση του μοντέλου επιχειρημάτων του Toulmin, και τα οποία είναι ο ισχυρισμός, τα αποδεικτικά στοιχεία, ο συλλογισμός και η αντίκρουση. Η αξιολόγηση της ποιότητας των επιχειρημάτων μπορεί να πραγματοποιηθεί με βάση μια κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων σύμφωνα με την οποία τα συστατικά του επιχειρήματος κατατάσσονται σε επίπεδα ανάλογα με τη δομή και το περιεχόμενό τους. Η πρακτική της σχεδίασης και πραγματοποίησης διερεύνησης από τους μαθητές βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία. Οι μαθητές μέσα από τη σχεδίαση και την πραγματοποίηση της διερεύνησης έχουν τη δυνατότητα να ελέγξουν και να αναθεωρήσουν τις ιδέες τους οικοδομώντας νέα γνώση επάνω στην παλιά. Το μαθησιακό μοντέλο 5E είναι διαμορφωμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να στηρίζει τη διδασκαλία που βασίζεται στον σχεδιασμό και την πραγματοποίηση έρευνας.

Σχήμα 2.3: Αναπαράσταση του θεωρητικού πλαισίου της εργασίας.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

3.1. Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο απαρτίζεται από έξι ενότητες. Η πρώτη ενότητα αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών για το εκκρεμές (βλ. ενότητα 3.2). Η δεύτερη ενότητα εστιάζεται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των διδακτικών παρεμβάσεων που στοχεύουν στην αλλαγή των αντιλήψεων για το εκκρεμές (βλ. ενότητα 3.3). Η τρίτη ενότητα περιλαμβάνει τη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που επικεντρώνονται στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στη συγκρότηση γραπτών επιχειρημάτων (βλ. ενότητα 3.4). Η τέταρτη ενότητα αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που εστιάζονται στη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών (βλ. ενότητα 3.5). Η πέμπτη ενότητα εστιάζεται στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων (βλ. ενότητα 3.6). Στην έκτη ενότητα σχολιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης προκειμένου να αναδειχθεί η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας (βλ. ενότητα 3.7).

3.2. Έρευνες για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το Εκκρεμές

Τις τελευταίες δεκαετίες η προσοχή των ερευνητών της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες έχει στραφεί στην διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για τα φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver et al., 1985; Inhelder & Piaget, 1958; Pfundt & Duit, 2006). Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση του εκκρεμούς. Στην βιβλιογραφία εντοπίστηκε ένας ικανοποιητικός αριθμός ερευνών που έχουν ως στόχο να καταγράψουν και να ομαδοποιήσουν τις αντιλήψεις που έχουν διερευνηθεί σχετικά με την κίνηση του απλού εκκρεμούς (Inhelder & Piaget, 1958; Stepans, 1994; Czudkova & Musilova, 2000; Sumida, 2005; Kwon, Jeong & Park, 2006; Δόσης, 2006; Δόσης, 2014; Masnick, Klahr & Knowles, 2017). Οι έρευνες αυτές έχουν ως δείγμα άτομα από ένα μεγάλο ηλικιακό φάσμα, το οποίο περιλαμβάνει μαθητές, φοιτητές αλλά και ενήλικες.

Οι Piaget και Inhelder (1958) αφιέρωσαν ένα ολόκληρο κεφάλαιο του βιβλίου τους στο εκκρεμές το οποίο χρησιμοποίησαν ως το μέσον για να εξετάσουν τα στάδια ανάπτυξης της λογικής σκέψης των μαθητών της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης μέσα από συνεντεύξεις. Συγκεκριμένα οι μαθητές έπρεπε να εντοπίσουν τον μοναδικό παράγοντα που επηρεάζει την συχνότητα της ταλάντωσης (το μήκος) πραγματοποιώντας πειράματα με την διάταξη του εκκρεμούς. Οι βασικότερες απόψεις που διατυπώθηκαν από τους μαθητές ηλικιών 11 έως 15 ετών οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα είναι ότι το μήκος του νήματος του εκκρεμούς καθώς και το βάρος που είναι τοποθετημένο στο άκρο του επηρεάζουν την ταχύτητα της κίνησής του. Επιπλέον ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι όσο μεγαλύτερη είναι η αρχική γωνία εκτροπής του εκκρεμούς, δηλαδή η φόρα που θα του δώσουν, τόσο πιο σύντομος είναι ο χρόνος της περιόδου.

Ο Stepan (1994) συγκέντρωσε σε ένα βιβλίο τις βασικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τις περισσότερες έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών σε μια προσπάθεια να εξηγήσει τους λόγους για τους οποίους δημιουργούνται παρανοήσεις και να εισάγει μεθόδους που θα οδηγήσουν στην εννοιολογική αλλαγή. Ο συγγραφέας διεξήγε έρευνα σχετικά με τις παρανοήσεις των μαθητών από το 1981 και βρισκόταν σε συνεργασία με εκπαιδευτικούς, μαθητές και φοιτητές έτσι ώστε να συλλέξει επαρκείς πληροφορίες με ποικίλους τρόπους. Η ενότητα η οποία αναφέρεται στο απλό εκκρεμές περιέχει αντιλήψεις οι οποίες προέρχονται από την διερεύνηση σε μαθητές και φοιτητές όλων των ηλικιών. Η επικρατέστερη αντίληψη είναι ότι το βάρος αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα που καθορίζει την περίοδο του εκκρεμούς. Ορισμένοι μαθητές πίστευαν ότι όσο μεγαλύτερο είναι το βάρος του εκκρεμούς τόσο πιο γρήγορα κινείται, ενώ άλλοι θεωρούν ότι συμβαίνει το αντίθετο. Το μήκος του εκκρεμούς αναγνωριζόταν από ορισμένους μαθητές ως ο μοναδικός παράγοντας που επηρεάζει την περίοδό του, εντούτοις υπήρχε μια σύγχυση γύρω από το ποιο ακριβώς μήκος πρέπει να λαμβάνουν υπόψη. Δημιουργήθηκε η απορία εάν πρόκειται για το μήκος του νήματος στο οποίο είναι δεμένο το σώμα ή για το συνολικό μήκος, δηλαδή αυτό που προκύπτει συνυπολογίζοντας τις διαστάσεις του σώματος. Επίσης ορισμένοι μαθητές δυσκολεύονταν να αντιληφθούν τη διαφορά και να διαχωρίσουν την επίδραση της βαρύτητας, της αντίστασης του αέρα και της τριβής από τους παράγοντες που μπορούσαν οι ίδιοι να μεταβάλλουν με ελεγχόμενο τρόπο (μήκος, μάζα, γωνία εκτροπής). Διατυπώθηκαν επιπλέον οι απόψεις ότι το σχήμα του αντικειμένου που βρίσκεται δεμένο στο άκρο του εκκρεμούς καθώς και το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο επηρεάζουν την ταχύτητα με την οποία αυτό θα κινηθεί. Τέλος ορισμένοι μαθητές θεωρούσαν ότι η περίοδος

του εκκρεμούς ταυτίζεται ως έννοια με την ταχύτητα που αναπτύσσει. Ωστόσο, η ιδέα ετούτη είναι λανθασμένη διότι η ταχύτητα εξαρτάται από το μήκος του εκκρεμούς και από το πλάτος της ταλάντωσης, και όχι μόνο από το μήκος όπως συμβαίνει με την περίοδο για μικρές γωνίες εκτροπής.

Η έρευνα που πραγματοποίησαν οι Czudkova και Musilova (2000) σε ένα δείγμα 50 μαθητών Λυκείου στους οποίους τέθηκαν ερωτήσεις σε σχέση με την κίνηση και την μηχανική του απλού εκκρεμούς ανέδειξε την δυσκολία που αντιμετωπίζουν οι μαθητές να εξηγήσουν την μηχανική της κίνησής του. Από ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών η κίνηση του εκκρεμούς χαρακτηρίστηκε ως κυκλική, επειδή το σώμα κινείται πάνω σε κυκλική τροχιά, και δεν αναγνωρίστηκε ως αιώρηση. Μάλιστα αρκετοί μαθητές θεωρούσαν ότι το εκκρεμές κινείται επειδή δρα επάνω του διαρκώς μια δύναμη η οποία μάλιστα είναι εφαπτόμενη στην τροχιά του. Η ιδέα αυτή αναδεικνύεται και από την έρευνα του Clement (1981) ο οποίος ζήτησε στις αναφορές εργαστηρίου που συμπλήρωναν οι φοιτητές μετά την πειραματική μελέτη του εκκρεμούς να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που πίστευαν ότι δέχεται σε διάφορα σημεία της τροχιάς του.

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μελέτη της Sumida (2005) η οποία εξέτασε τις ιδέες και τις αντιλήψεις που έχουν για το εκκρεμές άτομα που κάλυπταν όλο το ηλικιακό φάσμα από 5 έως 88 ετών. Προκειμένου να αναδειχθούν οι αντιλήψεις συντάχθηκαν ερωτηματολόγια με ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Για λόγους συντομίας θα περιοριστούμε στις αντιλήψεις που καταγράφηκαν για τους μαθητές της Γ Γυμνασίου εφόσον το δείγμα της παρούσας έρευνας εμπίπτει σε αυτή την ηλικιακή κατηγορία. Η πλειοψηφία των μαθητών αναγνώρισε ότι όσο πιο μικρό είναι το μήκος του εκκρεμούς τόσο πιο γρήγορα εκτελεί την ταλάντωσή του. Υπήρχε όμως και ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών (περίπου 35%) το οποίο θεωρούσε ότι το μήκος δεν έχει καμία επίδραση στην περίοδο της αιώρησης. Επιπλέον διατυπώθηκε η ιδέα ότι το πλάτος της αιώρησης του εκκρεμούς επηρεάζεται από το βάρος (μάζα) του, και συγκεκριμένα όσο πιο βαρύ είναι το εκκρεμές τόσο μεγαλύτερη είναι η γωνία που σχηματίζει όταν φτάνει στην ακραία θέση. Αθροιστικά το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών της Γ' Γυμνασίου (90%) θεωρούσαν ότι το βάρος έχει κάποια επίδραση στην περίοδο του εκκρεμούς, με το ποσοστό να μοιράζεται ισότιμα στην αντίληψη πως όσο βαρύτερο είναι το εκκρεμές τόσο πιο μικρή αναμένεται να είναι η περιόδός του και στην αντίληψη ότι όσο βαρύτερο είναι τόσο μεγαλύτερη περίοδο έχει..

Οι Kwon, Jeong και Park (2006) χρησιμοποίησαν την κίνηση του απλού εκκρεμούς για να εξετάσουν την συλλογιστική ικανότητα των μαθητών της Ε' δημοτικού καθώς και τον βαθμό στον οποίο είναι ικανοί να διατυπώνουν υποθέσεις. Η έρευνά τους περιλάμβανε στο πρώτο στάδιο την ερώτηση «Ποιος παράγοντας πιστεύεις ότι επηρεάζει την περίοδο του εκκρεμούς;» για την οποία έπρεπε οι μαθητές να κυκλώσουν τη σωστή απάντηση. Οι απαντήσεις οι οποίες δόθηκαν έδειξαν ότι η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών (46.6%) θεωρούσαν ότι το βάρος είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που επιδρά στην μεταβολή της περιόδου του εκκρεμούς και ύστερα το πλάτος (29.7%), ενώ ένα μικρό ποσοστό μόνο (20.7%) επικαλέστηκε το μήκος.

Ο Δόσης (2006) πραγματοποίησε μια έρευνα η οποία είχε ως στόχο να καταγράψει τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών της Γ' γυμνασίου για το απλό εκκρεμές και την μέτρηση του χρόνου. Για ακόμη μια φορά οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια επιβεβαίωσαν ότι το μεγαλύτερο ποσοστό (58.6%) αναγνωρίζει σωστά τον τρόπο με τον οποίο το μήκος επηρεάζει την περίοδο του εκκρεμούς. Παρόλα αυτά δεν μπορεί να αγνοηθεί το γεγονός ότι αρκετοί μαθητές (26.6%) θεωρούσαν ότι το μήκος του νήματος δεν επηρεάζει τον χρόνο μιας αιώρησης του εκκρεμούς. Επίσης, το βάρος που είναι δεμένο στο άκρο του εκκρεμούς φαίνεται να είναι ο παράγοντας που θεωρήθηκε ως ο σημαντικότερος για τον καθορισμό της περιόδου του, ενώ η βαρύτητα, υπό την έννοια του βαρυτικού πεδίου, δεν αναφέρθηκε αυθόρμητα από τους μαθητές ως αίτιο που επηρεάζει την κίνηση του εκκρεμούς. Γενικώς οι μαθητές δίσταζαν να εκφέρουν τις απόψεις τους όσον αφορά την σχέση που υπάρχει ανάμεσα στην επιτάχυνση της βαρύτητας και την περίοδο του εκκρεμούς. Επιπλέον οι περισσότεροι μαθητές πίστευαν ότι το πλάτος της ταλάντωσης σχετίζεται με την περίοδο του εκκρεμούς και συγκεκριμένα ότι όσο μειώνεται το πλάτος τόσο μικραίνει και ο χρόνος μιας πλήρους αιώρησης.

Μέσα στα επόμενα χρόνια ο Δόσης (2014) στα πλαίσια του σχεδιασμού και της αξιολόγησης μιας διδακτικής ακολουθίας προχώρησε στην καταγραφή αντιλήψεων από ένα μεγαλύτερο δείγμα μαθητών που φοιτούν στην Γ' Γυμνασίου δίνοντάς τους να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο πολλαπλής επιλογής. Η έρευνα έδειξε ότι το βάρος θεωρήθηκε από την συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών (περίπου 90%) ως ο κύριος παράγοντας επίδρασης στην τιμή της περιόδου της ταλάντωσης. Ωστόσο δεν επικράτησε κάποια συγκεκριμένη άποψη σε σχέση με τον τρόπο με τον οποίο το βάρος επηρεάζει την περίοδο του εκκρεμούς. Επίσης αναγνωρίστηκε η σχέση αναλογίας που έχει η περίοδος με το μήκος του εκκρεμούς

από το 58% των μαθητών. Σε ποσοστό 70% οι μαθητές υποστήριζαν την ιδέα ότι η μείωση του πλάτους του εκκρεμούς επιφέρει μείωση και στον χρόνο της περιόδου του.

Η πρόσφατη έρευνα των Masnick, Klahr και Knowles (2017) είχε ως στόχο να αναδείξει τον βαθμό στον οποίο μαθητές 9-11 ετών και φοιτητές έχουν την ικανότητα να αναθεωρούν τις απόψεις τους βασιζόμενοι σε πειραματικά δεδομένα. Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ατομικών συνεντεύξεων στις οποίες ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να απαντήσουν εάν πιστεύουν ότι οι διάφοροι παράγοντες (μάζα, μήκος, πλάτος) επιδρούν στην ταχύτητα με την οποία κινείται το εκκρεμές. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τόσο τα παιδιά όσο και οι ενήλικες θεώρησαν στην πλειοψηφία τους ότι όλοι οι παράγοντες μπορούν εν δυνάμει να προκαλέσουν αλλαγή στην ταχύτητα κίνησης του εκκρεμούς. Βεβαίως μετά την πειραματική μελέτη του θέματος παρουσιάστηκε μια μετατόπιση των απόψεων προς τη σωστή κατεύθυνση, η οποία ήταν εντονότερη για τους φοιτητές σε σύγκριση με τους μαθητές.

Από την μελέτη της βιβλιογραφίας σε σχέση με τις αντιλήψεις των μαθητών για το εκκρεμές προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι μαθητές καταφέρνουν να εντοπίσουν επιτυχώς τους παράγοντες που είναι πιθανό να σχετίζονται με την περίοδο της αιώρησης. Το βάρος του εκκρεμούς θεωρείται ως ο βασικότερος παράγοντας που διαμορφώνει την τιμή της περιόδου, με ορισμένους μαθητές να πιστεύουν ότι όσο πιο βαρύ είναι το σώμα τόσο πιο σύντομα ολοκληρώνει μια πλήρη αιώρηση και άλλους να θεωρούν ότι συμβαίνει το αντίθετο, δηλαδή ότι το βαρύ σώμα κινείται πιο αργά και συνεπώς χρειάζεται περισσότερο χρόνο για μια ταλάντωση. Επίσης διατυπώνεται η άποψη ότι το μήκος του εκκρεμούς επιδρά στην ταχύτητα της κίνησής του και συγκεκριμένα επικρατεί η ιδέα ότι καθώς το μήκος μεγαλώνει αυξάνεται παράλληλα και η τιμή της περιόδου. Όσον αφορά το πλάτος της ταλάντωσης οι μαθητές θεωρούν ότι επηρεάζει τον χρόνο μιας πλήρους αιώρησης. Εντούτοις, ορισμένοι πιστεύουν ότι όταν η αρχική γωνία εκτροπής είναι μεγάλη τότε το εκκρεμές κινείται γρήγορα (λόγω της φόρας), ενώ άλλοι θεωρούν ότι η μεγάλη γωνία εκτροπής κάνει το εκκρεμές να χρειάζεται περισσότερο χρόνο για μια ταλάντωση (επειδή έχει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση). Η επιτάχυνση της βαρύτητας (g) δεν εντοπίζεται αυθόρμητα από τους μαθητές ως παράγοντας επίδρασης στην τιμή της περιόδου, ενδεχομένως επειδή δεν μπορούν οι ίδιοι να τον μεταβάλλουν με ελεγχόμενο τρόπο. Τέλος, οι μαθητές θεωρούν ότι καθώς το σώμα ταλαντώνεται ασκείται διαρκώς επάνω του μια δύναμη εφαπτόμενη στην τροχιά του, της οποίας η φορά συμπίπτει με την φορά κίνησης του εκκρεμούς.

Στον Πίνακα 3.1 συνοψίζονται επιγραμματικά οι κυριότερες ιδέες που διατυπώθηκαν όσον αφορά τους παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο κινείται το εκκρεμές.

Πίνακας 3.1. Αντιλήψεις μαθητών για τους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση του απλού εκκρεμούς.

ΠΑΡΑΓΟΝΤΑΣ	ΑΝΤΙΑΛΗΨΕΙΣ	ΕΡΕΥΝΕΣ
Μήκος	<ul style="list-style-type: none"> • Το μήκος του εκκρεμούς επηρεάζει την περίοδο της ταλάντωσής του και συγκεκριμένα από τους περισσότερους μαθητές διατυπώνεται ορθώς η άποψη ότι όσο πιο μεγάλο είναι το μήκος του νήματος τόσο μεγαλύτερη είναι και η περίοδος του εκκρεμούς. • Το μήκος δεν έχει καμία επίδραση στην περίοδο σύμφωνα με ένα μικρό ποσοστό μαθητών. • Ορισμένοι μαθητές δεν γνωρίζουν εάν το μήκος που επηρεάζει την περίοδο του εκκρεμούς είναι το μήκος του νήματος ή το συνολικό μήκος νήματος και αντικειμένου. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Masnick, Klahr & Knowles, 2017. ➤ Δόσης, 2014. ➤ Δόσης, 2006. ➤ Sumida, 2005. ➤ Piaget & Inhelder, 1958. ➤ Kwon, Jeong & Park, 2006. ➤ Stepans, 1994.
Βάρος-Μάζα	<ul style="list-style-type: none"> • Το βάρος θεωρείται ως σημαντικός παράγοντας επίδρασης στην τιμή της περιόδου του εκκρεμούς. • Όσον αφορά τον τρόπο με τον οποίο το βάρος επηρεάζει την τιμή της περιόδου οι απόψεις που διατυπώνονται δεν συγκλίνουν προς μια κατεύθυνση. • Όσο πιο μεγάλη είναι η μάζα στο άκρο του εκκρεμούς τόσο μεγαλύτερο θα είναι και το πλάτος της ταλάντωσης. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Δόσης, 2014. ➤ Kwon, Jeong & Park, 2006. ➤ Sumida, 2005. ➤ Piaget & Inhelder, 1958. ➤ Stepans, 1994. ➤ Masnick, Klahr & Knowles, 2017.
Γωνία εκτροπής-Πλάτος	<ul style="list-style-type: none"> • Η αρχική γωνία υπό την οποία εκτρέπεται το εκκρεμές επηρεάζει την περίοδο της ταλάντωσής του. • Όσο μικρότερο είναι το πλάτος της ταλάντωσης τόσο μικρότερη θα είναι και η διάρκεια μιας πλήρους αιώρησης. • Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία εκτροπής τόσο μικρότερη θα είναι η διάρκεια μιας πλήρους αιώρησης. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Masnick, , Klahr & Knowles, 2017. ➤ Δόσης, 2014. ➤ Piaget & Inhelder, 1958.
Επιτάχυνση της Βαρύτητας	<ul style="list-style-type: none"> • Κανένας μαθητής δεν διατυπώνει αυθόρμητα την ιδέα ότι η επιτάχυνση της βαρύτητας (g) επηρεάζει την τιμή της περιόδου του εκκρεμούς. • Οι μαθητές διστάζουν να εκφέρουν άποψη. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Δόσης, 2006. ➤ Stepans, 1994.
Δύναμη κίνησης	<ul style="list-style-type: none"> • Κατά τη διάρκεια της αιώρησης του εκκρεμούς εφαρμόζεται διαρκώς επάνω του μια δύναμη η οποία είναι μάλιστα εφαπτόμενη της τροχιάς του και έχει τη φορά της κίνησης. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Clement, 1981. ➤ Czudkova & Musilova, 2000.

3.3. Διδακτικές παρεμβάσεις οι οποίες επεξεργάζονται τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το Εκκρεμές

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που εστιάζονται στην επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών μέσα από τον σχεδιασμό διδακτικών ακολουθιών.

Ο Curtis (1981) έβαλε μαθητές Λυκείου, οι οποίοι παρακολουθούσαν το μάθημα της Φυσικής, να πραγματοποιήσουν μόνοι τους πειράματα προκειμένου να ελέγξουν κατά πόσο η μάζα, το μήκος και η γωνία εκτροπής του εκκρεμούς επηρεάζουν την περίοδο της ταλάντωσης που εκτελεί. Από την ανάλυση των φύλλων εργασίας διαπίστωσε ότι τα αποτελέσματα των πειραμάτων συμφωνούσαν με την μαθηματική σχέση της περιόδου την οποία οι μαθητές είχαν διδαχθεί στο παρελθόν ($T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$). Στην συνέχεια τους παρουσίασε τα αποτελέσματα από τα αντίστοιχα πειράματα που εκτέλεσαν μαθητές της Γ' γυμνασίου, οι οποίοι δεν είχαν διδαχθεί ακόμη την θεωρία για το εκκρεμές. Τα αποτελέσματα αυτά έδειχναν ότι, εκτός από την σχέση που υπάρχει ανάμεσα στο μήκος του εκκρεμούς και στην περίοδο της αιώρησης, υπάρχει εξάρτηση και ανάμεσα στην περίοδο και τη αρχική γωνία εκτροπής. Μετά τη διδακτική παρέμβαση οι μεγαλύτεροι σε ηλικία μαθητές συνειδητοποίησαν ότι όταν η γωνία εκτροπής είναι μεγάλη τότε επηρεάζει την περίοδο της αιώρησης και αντιλήφθηκαν ότι δεν θα πρέπει να αφήνουν τις γνώσεις που έχουν να τους οδηγούν σε προαποφασισμένα πειραματικά αποτελέσματα. Η διδακτική παρέμβαση προέκυψε από τον συνδυασμό των αρχών της ανακαλυπτικής και της συμπεριφοριστικής μάθησης.

Ο Δόσης (2014) σχεδίασε και εφάρμοσε μια διδακτική ακολουθία με στόχο οι μαθητές της Γ' Γυμνασίου να οδηγηθούν σε μια πιο ουσιαστική μάθηση για το εκκρεμές επιχειρώντας να εισάγει ταυτόχρονα και πολιτισμικές πληροφορίες. Μετά την διδακτική παρέμβαση, η οποία βασιζόταν στο μοντέλο της εποικοδομητικής προσέγγισης, η ανάλυση των απαντήσεων του ερωτηματολογίου έδειξε ότι το 70% των μαθητών αναγνώριζε πλέον την ανεξαρτησία της περιόδου του εκκρεμούς από την μάζα του, ενώ αυξήθηκε και το ποσοστό των μαθητών που υποστήριζαν ότι το εκκρεμές μεγαλύτερου μήκους χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να ολοκληρώσει μια αιώρηση. Επιπλέον η πλειοψηφία των μαθητών διατύπωσε την άποψη ότι το πλάτος της ταλάντωσης δεν έχει καμία επίδραση στον χρόνο της περιόδου.

Στην έρευνα του Pujayanto (2016) οι δευτεροετείς φοιτητές οι οποίοι παρακολουθούσαν το πρόγραμμα εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών σε πανεπιστήμιο της Ινδονησίας κλήθηκαν να πραγματοποιήσουν πειράματα βασισμένα στο μοντέλο της καθοδηγούμενης ανακάλυψης προκειμένου να διερευνήσουν τον τρόπο με τον οποίο οι μεταβλητοί παράγοντες σε ένα εκκρεμές επηρεάζουν την κίνησή του. Μετά την ολοκλήρωση της πειραματικής διαδικασίας οι φοιτητές συμπλήρωσαν τα φύλλα αναφοράς του εργαστηρίου τα οποία έγιναν αντικείμενο ανάλυσης και ακολούθησαν ορισμένες συνεντεύξεις. Τα πειραματικά αποτελέσματα επιβεβαίωσαν την εξάρτηση της περιόδου από το μήκος του εκκρεμούς και η άποψη αυτή διατυπώθηκε από την πλειονότητα των φοιτητών. Επιπλέον μια μεγάλη μερίδα φοιτητών εξέφρασαν την άποψη ότι η μάζα του εκκρεμούς δεν έχει καμιά επίδραση στην τιμή της περιόδου του, αλλά και όσοι θεωρούσαν ότι υπάρχει κάποια σχέση εξάρτησης υποστήριξαν ότι είναι αμελητέα. Όσον αφορά την αρχική γωνία εκτροπής, το 42% των φοιτητών διατύπωσαν την ιδέα ότι το μέγεθός της δεν συνδέεται με την τιμή της περιόδου, ακόμη και όταν μέσα από τα πειράματα που εκτελούσαν φαινόταν ότι υπάρχει εξάρτηση όταν οι γωνίες εκτροπής είναι μεγάλες.

Οι Tsixouridis, Vanougiος και Ioannidis (2017) θέλησαν να μελετήσουν εάν η σειρά και το είδος των πειραμάτων που πραγματοποιούνται για το εκκρεμές έχουν κάποια επίδραση στον βαθμό κατανόησης των μαθητών σε σχέση με τους παράγοντες που διαμορφώνουν την τιμή της περιόδου της αιώρησης. Οι μαθητές που αποτελούσαν το δείγμα της έρευνας ήταν ηλικίας 14-15 ετών, ενώ η διδακτική προσέγγιση εφάρμοζε τις αρχές της καθοδηγούμενης ανακαλυπτικής μάθησης. Από την ανάλυση των ερωτηματολογίων τα οποία συμπληρώθηκαν παράλληλα με τα πειράματα φάνηκε ότι οι μαθητές που πειραματίστηκαν πρώτα σε πραγματικό εργαστήριο και έπειτα σε εικονικό σημείωσαν υψηλότερα ποσοστά ορθών απαντήσεων.

Οι Masnick, , Klahr & Knowles (2017) σχεδίασαν μια έρευνα με σκοπό να διαπιστώσουν κατά πόσο παιδιά 9-11 ετών και ενήλικες φοιτητές έχουν την ικανότητα να εντοπίζουν τους παράγοντες που διαμορφώνουν την τιμή της περιόδου του εκκρεμούς μέσα από πειραματισμό με φυσικά υλικά και να οδηγούνται στην αναθεώρηση των αρχικών απόψεων βασιζόμενοι σε αριθμητικά αποδεικτικά στοιχεία. Όπως διαπιστώθηκε μετά από τα πειράματα καθοδηγούμενης ανακάλυψης και μέσω προσωπικών συνεντεύξεων, σχεδόν όλοι οι ενήλικες αλλά λίγα παιδιά ήταν σε θέση να διακρίνουν τις μεταβλητές που έχουν κάποια επίδραση στον χρόνο της αιώρησης από εκείνες που δεν έχουν. Επίσης τόσο οι μικροί μαθητές όσο και οι ενήλικες οδηγήθηκαν σε καλύτερη κατανόηση του φαινομένου όταν τους

ζητήθηκε να ελέγξουν κάθε μεταβλητή ξεχωριστά κρατώντας τις υπόλοιπες σταθερές, ενώ δημιουργήθηκαν δυσκολίες όταν τους ανατέθηκε να κατασκευάσουν ένα εκκρεμές που να ταλαντώνεται με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ταχύτητα ρυθμίζοντας κατάλληλα κάθε συνιστώσα (μήκος, μάζα, πλάτος).

Η επισκόπηση της βιβλιογραφίας μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι όλες οι διδακτικές παρεμβάσεις που είχαν ως στόχο να επεξεργαστούν τις αντιλήψεις των μαθητών οδήγησαν σε θετικά αποτελέσματα όσον αφορά την κατανόηση του τρόπου με τον οποίο οι διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την περίοδο της ταλάντωσης του εκκρεμούς. Οι έρευνες που εντοπίστηκαν στην πλειοψηφία τους βασίζονται στο μοντέλο διδασκαλίας της ανακαλυπτικής μάθησης και περιλαμβάνουν πειράματα τα οποία εκτελούνται βάσει οδηγιών. Το δείγμα των ερευνών ήταν ως επί το πλείστον μαθητές ηλικίας άνω των 14 ετών και φοιτητές, οι οποίοι διαθέτουν την ικανότητα να διαχωρίζουν τις μεταβλητές που ενδέχεται να επιδρούν στην κίνηση του εκκρεμούς (Piaget & Inhelder 1958), ενώ δεν υπάρχουν έρευνες που να εστιάζουν σε μικρότερες ηλικιακές ομάδες. Επίσης εντοπίστηκε η τάση των μαθητών που έχουν διδαχθεί στο παρελθόν τον μαθηματικό τύπο υπολογισμού της περιόδου του εκκρεμούς ($T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$) να αγνοούν τα αποτελέσματα που προκύπτουν από τις πειραματικές δραστηριότητες τα οποία δείχνουν ότι στην πραγματικότητα υπάρχει εξάρτηση της περιόδου από το πλάτος για μεγάλες γωνίες εκτροπής.

3.4. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που αφορούν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών

Στην ενότητα αυτή γίνεται ανασκόπηση των ερευνών που εστιάζουν στον έλεγχο της ποιότητας των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές μέσα από κλίμακες αξιολόγησης που σχετίζονται με την καταλληλότητα και την επάρκεια των βασικών συστατικών των επιχειρημάτων.

Η αναζήτηση της βιβλιογραφίας έδειξε ότι υπάρχει μια πληθώρα ερευνών οι οποίες εξετάζουν την ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνονται από τους μαθητές (βλ. Πίνακα 3.2). Επειδή το εργαλείο αξιολόγησης των επιχειρημάτων που θα χρησιμοποιήσουμε στην παρούσα έρευνα αναλύει το επιχείρημα σε τέσσερα βασικά συστατικά (ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμός, αντίκρουση), η ανασκόπηση των ερευνών που αφορούν

την ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνονται από τους μαθητές θα πραγματοποιηθεί υπό το πρίσμα αυτό.

Όταν οι μαθητές καλούνται να διατυπώσουν ένα επιχειρήμα τότε το συστατικό που πάντα υπάρχει στις απαντήσεις τους είναι ο ισχυρισμός (McNeil & Pimentel, 2009). Τα ποσοστά εμφάνισης του συγκεκριμένου συστατικού είναι τα υψηλότερα σε σχέση με κάθε άλλο συστατικό του επιχειρήματος (Jimenez-Aleixandre, Rodriguez & Duschl, 2000). Ωστόσο οι μαθητές τείνουν να διατυπώνουν τον ισχυρισμό χωρίς στη συνέχεια να παραθέσουν αποδεικτικά στοιχεία ή να προβούν σε αιτιολόγηση καθώς θεωρούν ότι η απάντησή τους είναι εύλογη και αυταπόδεικτη (Sandoval & Millwood, 2005; Sadler, 2004). Επιπλέον οι περισσότεροι μαθητές έχουν την τάση να διατυπώνουν ισχυρισμούς ή να κρίνουν ως ορθούς ισχυρισμούς που έχουν διατυπωθεί από άλλους, οι οποίοι συμβαδίζουν με τις προσωπικές τους απόψεις και εμπειρίες (Zeidler, 1997; Hogan & Maglienti, 2001).

Όσον αφορά τα αποδεικτικά στοιχεία, οι μαθητές δυσκολεύονται να αξιοποιήσουν όλα τα δεδομένα που έχουν στη διάθεσή τους και να επιλέξουν τα κατάλληλα ώστε να στηρίζουν τον ισχυρισμό τους, ενδεχομένως επειδή δεν αντιλαμβάνονται ποιες από τις πληροφορίες μετρούν ως αποδεικτικά στοιχεία και ποιες όχι (Mc Neil & Krajcik, 2012; Belland Glazewski & Richardson, 2008; Sadler, Chambers & Zeidler, 2004). Επιπλέον φαίνεται ότι διαχειρίζονται με μεγαλύτερη ευκολία δεδομένα που είναι περιορισμένα σε έκταση (Masnick, Klahr & Morris, 2012). Συνήθως στρέφουν την προσοχή τους σε όσα αποδεικτικά στοιχεία συνάδουν με τον ισχυρισμό τους με αποτέλεσμα να αγνοούν ή να απορρίπτουν ως λανθασμένα τα δεδομένα που βρίσκονται σε ασυμφωνία με τις προσωπικές τους πεποιθήσεις (Zeidler, 1997; Kim & Song, 2006). Επίσης υπάρχει μεγάλη δυσκολία στην ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων που αποτυπώνονται σε πίνακες ή γραφήματα (Krajcik et al., 1998), με τους μαθητές συχνά να παραθέτουν ορισμένα αποδεικτικά στοιχεία στις απαντήσεις τους αδυνατώντας να εξηγήσουν με ποιό αυτά συνδέονται με τον ισχυρισμό τους (Masnick et al., 2012). Ιδιαίτερος σημαντικό είναι και το είδος των ερωτήσεων που διατυπώνονται προς τους μαθητές όταν καλούνται να επιχειρηματολογήσουν, καθώς όπως φαίνεται οι ανοιχτές ερωτήσεις διευρύνουν το φάσμα αναζήτησης των μαθητών και τους οδηγούν να αναζητήσουν αποδεικτικά στοιχεία τόσο στα δεδομένα που έχουν στη διάθεσή τους όσο και στις βιωματικές τους γνώσεις (McNeil & Pimentel, 2009).

Πίνακας 3.2: Έρευνες που εξετάζουν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών.

ΕΡΕΥΝΑ	ΗΛΙΚΙΑ ΜΑΘΗΤΩΝ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΜΕΣΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
Belland, Glazewski & Richardson, 2008.	Γυμνάσιο-λύκειο-φοιτητές	-	Βιβλιογραφική έρευνα
Mc Neil & Krajcik, 2012.	10-14 χρονών	-	Φύλλα εργασίας μαθητών
Sadler, 2004.	Γυμνάσιο-λύκειο-φοιτητές	-	Βιβλιογραφική έρευνα
Zeidler, 1997.	Γυμνάσιο-λύκειο	-	Βιβλιογραφική έρευνα
Hogan & Maglienti, 2001.	B Γυμνασίου	24	Συνεντεύξεις
Kim & Song 2006	B Γυμνασίου	8	Συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια, μαγνητοφώνηση και βιντεοσκόπηση, αναφορές εργαστηρίου
Jimenez-Aleixandre, Rodriguez & Duschl, 2000.	Γ Γυμνασίου	Μια ολόκληρη σχολική τάξη με εστίαση σε μια ομάδα 4 ατόμων	Παρατήρηση, μαγνητοφώνηση και βιντεοσκόπηση
Masnack, Klahr & Morris, 2012. (απαρτίζεται από τρεις επιμέρους έρευνες)	8-10 χρονών 8-10 χρονών 8-12 χρονών	49 49 83	Φύλλα εργασίας Συνεντεύξεις Ερωτηματολόγιο
Sandoval & Millwood, 2005.	Λύκειο	87	Φύλλα εργασίας
Krajcik et al., 1998.	A Γυμνασίου	8	Παρατήρηση, συνεντεύξεις, φύλλα εργασίας, αναφορές εργαστηρίου, διαγωνίσματα
Sadler, Chambers & Zeidler, 2004.	14-17 ετών	84	Ερωτηματολόγιο, συνεντεύξεις σε 30 μαθητές
Mc Neill & Pimentel, 2009.	Λύκειο	68	Βιντεοσκόπηση, παρατήρηση

Ο συλλογισμός του επιχειρήματος είναι το συστατικό που δημιουργεί τη μεγαλύτερη δυσκολία στους μαθητές καθώς στην πλειοψηφία των ερευνών που εντοπίστηκαν οι μαθητές παρέθεταν τον ισχυρισμό τους και τα αποδεικτικά στοιχεία αλλά αποτύγχαναν να τα συνδέσουν μεταξύ τους μέσω μιας λογικής πρότασης (Krajick et al., 1998; Sandoval &

Millwood, 2005; Mc Neil & Krajcik, 2012; Mc Neil & Pimentel, 2009). Ακόμη μεγαλύτερη δυσκολία υπήρχε όταν ο συλλογισμός που έπρεπε να διατυπώσουν ερχόταν σε αντίθεση με τις πεποιθήσεις τους (Masnick et al., 2012). Σε μια από τις έρευνες όπου η καθηγήτρια οδηγούσε τη συζήτηση μέσα στην τάξη συνδέοντας διαρκώς τις σκέψεις και τις ιδέες των μαθητών και διατυπώνοντας ανοιχτές ερωτήσεις προς αυτούς το συστατικό του συλλογισμού εμφανίστηκε με αυξημένο ποσοστό, σε σχέση με τις τάξεις που οι καθηγητές μονοπωλούσαν στις συζητήσεις (Mc Neil & Pimentel, 2009).

Οι μαθητές κατά την διάρκεια σύνταξης ενός επιχειρήματος αδυνατούν να σκεφτούν εναλλακτικούς ισχυρισμούς πέρα από αυτόν που τους φαίνεται ως η προφανής απάντηση. Συνεπώς δεν μπορούν να διατυπώσουν αντικρούσεις που να εξηγούν για ποιο λόγο ο δικός τους ισχυρισμός είναι ο σωστός και οποιαδήποτε άλλη απάντηση πρέπει να αποκλειστεί (Jimenez-Aleixandre et al., 2000; Mc Neil & Krajcik, 2012; Sadler, 2004).

3.5 Βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που εστιάζονται στη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών

Η ενότητα αυτή αφορά στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που εστιάζονται στη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών. Οι έρευνες που έχουν ως στόχο να βελτιώσουν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών μέσα από κατάλληλα σχεδιασμένες διδακτικές ακολουθίες είναι αρκετές, καθώς όπως φαίνεται υπάρχουν πολλοί παράγοντες οι οποίοι ενδέχεται να επηρεάζουν την ανάπτυξη της ικανότητας επιχειρηματολογίας των μαθητών. Στον Πίνακα 3.3 που ακολουθεί αναφέρονται επιγραμματικά οι πηγές που εντοπίστηκαν κατά την αναζήτηση βιβλιογραφίας.

Μια από τις έρευνες πραγματοποιήθηκε από τους Osborne, Erduran και Simon (2004) με στόχο τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση διδακτικών παρεμβάσεων που στοχεύουν στην ενίσχυση της ικανότητας επιχειρηματολογίας μαθητών της Β Γυμνασίου μέσα από κατάλληλες παιδαγωγικές πρακτικές. Πριν τη διδασκαλία οι περίπου 22 ομάδες μαθητών (τρεις με τέσσερις μαθητές αποτελούσαν την κάθε ομάδα) διατύπωναν επιχειρήματα που περιείχαν ισχυρισμό και αποδεικτικά στοιχεία αλλά όχι αντικρούσεις, ενώ έπειτα η ποιότητα των επιχειρημάτων τους βελτιώθηκε και υπήρχαν αντικρούσεις στις απαντήσεις τους. Όσον αφορά τη θεματολογία, ο συγγραφέας αναφέρει ότι για τους μαθητές ήταν ευκολότερο να διατυπώσουν υψηλού επιπέδου επιχειρήματα που σχετίζονταν με κοινωνικό-επιστημονικά

θέματα, ενώ δυσκολεύονταν με θέματα επιστημονικά που αφορούσαν τις Φυσικές Επιστήμες. Στο συμπέρασμα αυτό κατέληξαν και οι Aufschnaiter, Erduran, Osborne & Simon (2007) όπου μελετήθηκαν τα δεδομένα της ίδιας έρευνας προκειμένου να διαπιστωθεί εάν οι μαθητές αποκτούν νέες γνώσεις όταν εμπλέκονται σε δραστηριότητες επιχειρηματολογίας. Επιπλέον ισχυρίστηκαν ότι ακόμη και όταν οι μαθητές δεν έχουν πολλές γνώσεις πάνω σε ένα θέμα είναι δυνατόν να κατασκευάσουν επιχειρήματα υψηλού επιπέδου και ότι η επιχειρηματολογία τους βοηθά περισσότερο να εμπεδώσουν τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις και όχι να αποκτήσουν νέες.

Αντιθέτως η έρευνα των Zohar & Nemet (2002) η οποία πραγματοποιήθηκε σε 99 μαθητές της Γ Γυμνασίου κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές που εμπλέκονται σε μια σειρά δραστηριοτήτων επιχειρηματολογίας που σχετίζονται με διλήμματα πάνω στη Γενετική βελτιώνουν τόσο την ποιότητα των επιχειρημάτων που κατασκευάζουν, χρησιμοποιώντας σωστές πληροφορίες στον συλλογισμό τους, όσο και τις γνώσεις που αποκτούν πάνω στο περιεχόμενο που εξετάζουν. Αντιθέτως η ομάδα ελέγχου είχε στάσιμα αποτελέσματα. Επίσης οι μαθητές ήταν ικανοί να εφαρμόζουν το μοτίβο της επιχειρηματολογίας το οποίο διδάχθηκαν και πάνω σε άλλα ζητήματα που δεν σχετίζονταν με τη Γενετική.

Η μελέτη των Mc Neill και Krajcik (2007) επικεντρώθηκε στον σχεδιασμό μιας διδακτικής ακολουθίας που να καλλιεργεί την ικανότητα επιχειρηματολογίας των μαθητών μέσα από τη συμμετοχή τους σε μια σειρά πειραμάτων. Πράγματι οι 700 μαθητές της Α Γυμνασίου μετά από τις πειραματικές διαδικασίες παρουσίασαν βελτίωση και στα τρία στα συστατικά, όμως και πάλι τα αποδεικτικά στοιχεία και ο συλλογισμός ήταν χαμηλότερα σε βαθμολογία συγκριτικά με τον ισχυρισμό. Οι μαθητές, ακόμη και στο τέλος της ενότητας, δυσκολεύονταν σε γενικές γραμμές να εντοπίσουν τα κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία. Όσοι βέβαια είχαν κατανοήσει καλύτερα το περιεχόμενο της διδασκόμενης ενότητας ήταν περισσότερο πιθανό να χρησιμοποιήσουν τα κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία για να στηρίξουν τον ισχυρισμό τους.

Οι Kuhn και Reiser (2005) εξέτασαν 53 μαθητές Γυμνασίου προκειμένου να ελέγξουν αν η παροχή οδηγιών για τη δημιουργία επιχειρημάτων βοηθά τους μαθητές να αντιλαμβάνονται καλύτερα τα φαινόμενα που μελετούν, να καλλιεργούν τη σκέψη τους και να υπερασπίζονται τη γνώμη τους. Η ανάλυση των συνεντεύξεων, των βιντεοσκοπήσεων και των ερωτηματολογίων έδειξε ότι η επισήμανση των συστατικών του επιχειρήματος έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων και την καλύτερη κατανόηση του

περιεχομένου. Ωστόσο στις τελικές απαντήσεις των μαθητών δεν ήταν πάντοτε ευδιάκριτα όλα τα συστατικά και όπως φάνηκε το συστατικό του συλλογισμού είναι αυτό που δυσκόλευε τους μαθητές περισσότερο από τα υπόλοιπα.

Πίνακας 3.3: Έρευνες που περιλαμβάνουν διδακτικές παρεμβάσεις με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών.

ΕΡΕΥΝΑ	ΗΛΙΚΙΑ ΜΑΘΗΤΩΝ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΜΕΣΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
Osborne, Erduran & Simon, 2004.	B Γυμνασίου	≈70	Μαγνητοφώνηση και βιντεοσκόπηση
Aufschnaiter Erduran, Osborne & Simon, 2007.	B Γυμνασίου	≈70	Μαγνητοφώνηση και βιντεοσκόπηση
Zohar & Nemet, 2002.	Γ Γυμνασίου	99	Φύλλα εργασίας, μαγνητοφώνηση, ερωτηματολόγια
Mc Neill & Krajcik, 2007.	A Γυμνασίου	700	Ερωτηματολόγια, φύλλα εργασίας
Kuhn & Reiser, 2005.	Μαθητές Γυμνασίου	53	Συνεντεύξεις, βιντεοσκοπήσεις, ερωτηματολόγια
Mc Neill, Lizotte, Krajcik & Marx, 2006.	A Γυμνασίου	331	Ερωτηματολόγια, αναφορές εργαστηρίου
Chen, Hand & Park, 2016.	E Δημοτικού	22	Παρατήρηση, φύλλα εργασίας, ημι-δομημένες συνεντεύξεις, σημειώσεις πεδίου
Chen et al., 2016.	Δ Δημοτικού	72	Παρατήρηση, συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια
Sampson, Grooms & Walker, 2011.	A Λυκείου	19	Φύλλα εργασίας, βιντεοσκόπηση
Lizotte, McNeill, Krajcik, 2004.	A Γυμνασίου	619	Φύλλα εργασίας, βιντεοσκόπηση
Mc Neill & Krajcik, 2008.	A Γυμνασίου	1197	Ερωτηματολόγια, βιντεοσκόπηση
Grace, 2009.	15-16 χρονών	131	Ερωτηματολόγια, μαγνητοφωνήσεις
Cho & Jonassen, 2002.	Φοιτητές	60	Τελική έκθεση, online συζητήσεις
Belland, 2010.	A Γυμνασίου	79	Βιντεοσκόπηση, παρουσιάσεις, συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια

Σε μια παρόμοια αναζήτηση προχώρησαν οι McNeill, Lizotte, Krajcik και Marx (2006) οι οποίοι θέλησαν να εξετάσουν με ποιόν τρόπο η συνεχής παροχή γραπτών οδηγιών για την κατασκευή επιχειρημάτων και η φθίνουσα παροχή πλαισίου υποστήριξης επηρεάζουν τις

απαντήσεις των μαθητών, τόσο κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης όσο και στο τελικό τεστ αξιολόγησης όπου δεν υπήρχαν βοηθητικές οδηγίες. Το δείγμα της έρευνας ήταν 331 μαθητές της Α Γυμνασίου και η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσω ερωτηματολογίων και φύλλων αναφοράς εργαστηρίου. Ανεξαρτήτως του είδους υποστήριξης που παρεχόταν στους μαθητές υπήρχε βελτίωση και στα τρία συστατικά, ισχυρισμός, αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμός και κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και στο τελικό τεστ. Εντούτοις όσοι εργάστηκαν με το πλαίσιο στήριξης που διαρκώς μειωνόταν διατύπωσαν στην τελική αξιολόγηση επιχειρήματα καλύτερης ποιότητας και συγκεκριμένα εμφάνισαν τη μεγαλύτερη βελτίωση στο συστατικό του συλλογισμού.

Οι Chen, Hand και Park (2016) σχεδίασαν μια διδακτική ακολουθία διάρκειας 16 εβδομάδων που ως στόχο είχε να αναπτύξει τις ικανότητες επιχειρηματολογίας 22 μαθητών της Ε Δημοτικού μέσα από την πραγματοποίηση ερευνών βασισμένων σε επιχειρηματολογία. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσα από παρατήρηση, φύλλα εργασίας, ημι-δομημένες συνεντεύξεις και σημειώσεις πεδίου έδειξαν ότι οι μαθητές διατύπωναν υψηλής ποιότητας επιχειρήματα σε προφορικό και σε γραπτό επίπεδο, ενώ συνδυαστικά είχαν αποκτήσει και νέες γνώσεις. Ταυτόχρονα οι ομαδικές παρουσιάσεις που πραγματοποιήθηκαν ανάγκασαν τους μαθητές να συγκεντρώσουν το ενδιαφέρον τους στη συνοχή του επιχειρήματος και στην ποιότητα των αποδεικτικών στοιχείων.

Επίσης σε μια άλλη μελέτη των Chen, Wang, Lu, Lin και Hong (2016) εξετάστηκε ξανά η συσχέτιση που υπάρχει ανάμεσα στην έρευνα που βασίζεται στην επιχειρηματολογία και στην τελική ποιότητα των επιχειρημάτων που παράγουν οι μαθητές. Το δείγμα αποτελούνταν από 72 μαθητές της Δ Δημοτικού και το υλικό συλλέχθηκε μέσω ερωτηματολογίων, παρατήρησης και συνεντεύξεων. Πράγματι στις απαντήσεις της πειραματικής ομάδας αυξήθηκαν βαθμολογικά όλα τα συστατικά και πιο συγκεκριμένα το συστατικό του ισχυρισμού και του συλλογισμού ήταν εκείνα με την μεγαλύτερη άνοδο. Παράλληλα βελτιώθηκε γενικότερα η εμπλοκή των μαθητών στην επιχειρηματολογία και αναπτύχθηκε θετική στάση απέναντι στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών.

Στην έρευνα που υλοποίησαν οι Sampson, Grooms και Walker (2011) οι μαθητές συμμετείχαν σε δραστηριότητες εργαστηρίου οι οποίες στηρίζονταν στην επιχειρηματολογία. Ο στόχος ήταν να ελεγχθεί η ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές μετά το τέλος αυτών των δραστηριοτήτων. Τα μέσα συλλογής πληροφοριών ήταν η βιντεοσκόπηση και τα φύλλα εργασίας 19 μαθητών της Α Λυκείου. Τα αποτελέσματα

έδειξαν ότι τα τελικά επιχειρήματα των μαθητών ήταν ανώτερου επιπέδου ως προς την ποιότητα των συστατικών τους, ωστόσο δυσκολεύτηκαν να εισάγουν νόμους και επιστημονικές θεωρίες στις απαντήσεις τους οι οποίες, ακόμη και μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης, βασίζονταν περισσότερο σε απλές εξηγήσεις και σε προσωπικές εμπειρίες που είχαν.

Η μελέτη των Lizotte, McNeill και Krajcik (2004) είχε σκοπό να εντοπίσει ποιά διδακτική προσέγγιση επιφέρει μεγαλύτερη βελτίωση στην ποιότητα των επιχειρημάτων μαθητών της Α Γυμνασίου. Το δείγμα της έρευνας ήταν 619 μαθητές και οι πρακτικές που χρησιμοποιούσαν οι εκπαιδευτικοί ήταν οι εξής: ορισμένοι διευκρίνιζαν τα συστατικά του επιχειρήματος και έδιναν τον ορισμό τους, ενώ άλλοι δίδασκαν τα συστατικά μέσα από τον εντοπισμό τους σε παραδείγματα. Και στις δύο περιπτώσεις βελτιώθηκε η ποιότητα των επιχειρημάτων που κατασκεύαζαν οι μαθητές και πιο συγκεκριμένα εμφανίστηκε παρόμοια ποσοστιαία αύξηση στο συστατικό του ισχυρισμού και των αποδεικτικών στοιχείων, ενώ εντονότερη ήταν η αύξηση στο συστατικό του συλλογισμού. Ωστόσο αυτό που φάνηκε να επηρεάζει περισσότερο την επίδοση των μαθητών όσον αφορά τον συλλογισμό, ήταν το πόσο εύστοχα ο εκάστοτε καθηγητής χρησιμοποιούσε την διδακτική πρακτική που του είχε ανατεθεί και όχι το είδος της πρακτικής αυτό καθαυτό.

Αντίστοιχα ερευνητικά ερωτήματα διατύπωσαν και οι Mc Neill & Krajcik (2008) σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 1197 μαθητές της Α Γυμνασίου. Στην μελέτη τους εστίασαν στη συσχέτιση που υπάρχει ανάμεσα στις πρακτικές που χρησιμοποιεί ο καθηγητής και στην ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές. Για ακόμη μια φορά επιβεβαιώθηκαν τα αποτελέσματα που είχαν προκύψει και από άλλες έρευνες, ότι δηλαδή υπάρχει βελτίωση σε όλα τα συστατικά, με τον συλλογισμό να είναι το συστατικό που παρουσιάζει την μεγαλύτερη πρόοδο. Οι καθηγητές που εξήγησαν στους μαθητές τους λόγους για τους οποίους είναι σημαντικό να γνωρίζουν πώς να επιχειρηματολογούν τους οδήγησαν στο να διατυπώσουν υψηλότερου επιπέδου επιχειρήματα σε σχέση με τους μαθητές που δεν πληροφορήθηκαν για τη σημασία της επιχειρηματολογίας. Επίσης όσοι καθηγητές επικεντρώθηκαν στο να ορίσουν τα συστατικά του επιχειρήματος αλλά παρέλειψαν να εξηγήσουν τη σημασία της επιχειρηματολογίας είδαν αρνητικά αποτελέσματα στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών. Τέλος εντύπωση προκάλεσε το γεγονός ότι η πρακτική της σύνδεσης της επιχειρηματολογίας με παραδείγματα από την καθημερινότητα οδήγησε σε χαμηλές επιδόσεις των μαθητών στο τελικό τεστ.

Ο Grace (2009) ερεύνησε τις επιπτώσεις που έχουν οι ομαδικές συζητήσεις μεταξύ των μαθητών στην ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν μετά την συμμετοχή τους σε αυτές. Η έρευνα διεξήχθη σε 131 μαθητές ηλικίας 15-16 χρονών και τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν από ερωτηματολόγια και μαγνητοφωνήσεις. Το επίπεδο των επιχειρημάτων των μαθητών βελτιώθηκε αισθητά μετά από τις συλλογικές συζητήσεις, ενώ οι μαθητές που κατασκεύασαν υψηλότερου επιπέδου επιχειρήματα ήταν όσοι συμμετείχαν σε ομάδες που διατύπωναν ερωτήσεις και αντικρούσεις, συμμετείχαν ενεργά στη διαδικασία και είχαν πρότερες γνώσεις πάνω στο θέμα συζήτησης.

Όσον αφορά τη χρήση νέων τεχνολογιών στις διδακτικές παρεμβάσεις που έχουν ως σκοπό τη βελτίωση της ικανότητας επιχειρηματολογίας των μαθητών εντοπίστηκαν δύο έρευνες. Η πρώτη είναι των Cho και Jonassen (2002) η οποία εξέτασε την ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές όταν χρησιμοποιούν λογισμικό που στηρίζει την επιχειρηματολογία, καθώς και αν η ποιότητα επηρεάζεται από το είδος της ερώτησης, ανοιχτού ή κλειστού τύπου, που καλούνται να απαντήσουν. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων τα οποία συλλέχθηκαν από 60 φοιτητές αποκάλυψε ότι τα υψηλότερης ποιότητας επιχειρήματα διατύπωσαν οι ομάδες φοιτητών που χρησιμοποίησαν το λογισμικό και ταυτόχρονα έλυναν προβλήματα ανοιχτής απάντησης. Επίσης παρατηρήθηκε ότι όσες ομάδες δεν χρησιμοποίησαν το λογισμικό είχαν πολλές εγγυήσεις (warrants) στις απαντήσεις τους, ενώ όσες το χρησιμοποίησαν είχαν πολλούς ισχυρισμούς και αποδεικτικά στοιχεία. Γενικά οι φοιτητές δίσταζαν να διατυπώσουν αντικρούσεις, οι οποίες ωστόσο ήταν περισσότερες στις απαντήσεις ανοιχτού τύπου όπου οι φοιτητές προσπαθούσαν να εξηγήσουν γιατί η δική τους απάντηση είναι σωστή και οποιαδήποτε άλλη πρέπει να απορριφθεί. Τέλος να σημειώσουμε ότι στο τελικό τεστ, που δεν υπήρχε κανένα πλαίσιο υποστήριξης της επιχειρηματολογίας και ο κάθε φοιτητής απαντούσε ατομικά, οι φοιτητές που ασχολήθηκαν με τα προβλήματα ανοιχτής απάντησης και χρησιμοποίησαν λογισμικό διατύπωσαν υψηλότερου επιπέδου επιχειρήματα σε σχέση με τους υπόλοιπους.

Η δεύτερη έρευνα είναι του Belland (2010) η οποία μελέτησε κατά πόσο η χρήση λογισμικού επιχειρηματολογίας βοηθά τους μαθητές να βελτιώσουν την ποιότητα των επιχειρημάτων τους. Οι απαντήσεις στα τεστ, η βιντεοσκόπηση, οι συνεντεύξεις και οι παρουσιάσεις των 79 μαθητών της Α Γυμνασίου οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το λογισμικό παρακινεί τους μαθητές να εργαστούν περισσότερο μεθοδικά και να συντονισμένα επειδή ουσιαστικά τους υποχρεώνει να παραθέτουν αποδεικτικά στοιχεία και να τα συνδέουν με τον ισχυρισμό τους. Εντούτοις η βελτίωση στην ποιότητα των επιχειρημάτων ήταν μικρή τόσο για τους καλούς

όσο και για τους μέτριους μαθητές, ενώ οι μαθητές χαμηλών επιδόσεων έμειναν στο ίδιο επίπεδο. Να σημειωθεί ότι οι καλοί μαθητές που δεν χρησιμοποίησαν το λογισμικό βελτίωσαν ιδιαίτερος το συστατικό του συλλογισμού, ενώ όλοι οι μαθητές που έκαναν χρήση του λογισμικού βελτίωσαν το συστατικό του ισχυρισμού.

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα των παραπάνω ερευνών καταλήγουμε σε μία σειρά από συμπεράσματα. Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε ότι σε όλες τις περιπτώσεις οι διδακτικές ακολουθίες που σχεδιάστηκαν επέφεραν σε γενικές γραμμές βελτίωση στην ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές. Οι διδακτικές παρεμβάσεις που βασίζονταν σε λογισμικό επιχειρηματολογίας επέφεραν μεγαλύτερη βελτίωση στο συστατικό του ισχυρισμού και των αποδεικτικών στοιχείων, ενώ οι μαθητές που δεν χρησιμοποίησαν το λογισμικό είχαν μεγαλύτερη βελτίωση στο συλλογισμό. Επίσης οι μαθητές που έκαναν χρήση του λογισμικού και ασχολήθηκαν με ερωτήσεις ανοιχτής απάντησης έδωσαν έμφαση στη διατύπωση περισσότερων αντικρούσεων.

Επίσης από τις έρευνες που παρείχαν ένα γραπτό πλαίσιο κατασκευής επιχειρημάτων φαίνεται πως είναι προτιμότερο το πλαίσιο υποστήριξης διαρκώς να περιορίζεται, ώστε οι μαθητές να μπορούν να διατυπώνουν επιχειρήματα υψηλού επιπέδου όταν δεν υπάρχει πλέον κανένα πλαίσιο να τους βοηθά στις απαντήσεις τους. Στην περίπτωση αυτή μάλιστα όπως φάνηκε όλα τα συστατικά παρουσίασαν αύξηση με το συστατικό του συλλογισμού παρουσιάζει την εντονότερη άνοδο.

Οι μελέτες που επικεντρώθηκαν στις πρακτικές που χρησιμοποιούν οι καθηγητές και στις αντίστοιχες επιπτώσεις στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών ανέδειξαν τη σημασία που έχει να διευκρινίζεται στους μαθητές η σπουδαιότητα της επιχειρηματολογίας ως ικανότητα του σύγχρονου ανθρώπου και επιστήμονα. Οι μαθητές που κατανόησαν τη σημασία της επιχειρηματολογίας κατασκεύασαν καλύτερης ποιότητας επιχειρήματα. Όσοι καθηγητές επικεντρώθηκαν στον ορισμό των συστατικών του επιχειρήματος είδαν υψηλά ποσοστά στο συστατικό του ισχυρισμού αλλά πολύ χαμηλά ποσοστά στον συλλογισμό.

Οι διδακτικές παρεμβάσεις που ενσωματώνουν επιχειρηματολογία αφενός βελτιώνουν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και αφετέρου τους βοηθούν να αποκτήσουν νέες γνώσεις τις οποίες μάλιστα αξιοποιούν στην διατύπωση των επιχειρημάτων τους. Οι νέες αυτές γνώσεις εντάσσονται τόσο στα αποδεικτικά στοιχεία όσο και στους συλλογισμούς τους. Ωστόσο η πλειοψηφία των μαθητών ακόμη και μετά από την παρακολούθηση των διδακτικών ακολουθιών παρουσιάζει δυσκολία στο να εντοπίσει τα κατάλληλα αποδεικτικά

στοιχεία και να ενσωματώσει νέες θεωρίες και νόμους στους συλλογισμούς που παραθέτει, καθώς κυριαρχεί η τάση οι μαθητές να βασίζονται περισσότερο σε προσωπικές εμπειρίες και αντιλήψεις όταν καλούνται να διατυπώσουν ένα επιχείρημα.

3.6. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων

Στην ενότητα 3.6 περιέχονται οι έρευνες που αφορούν στον σχεδιασμό διερευνήσεων από τους μαθητές και στην αξιολόγηση των επιστημονικών πρακτικών που χρησιμοποιούν, των γνώσεων που αποκτούν καθώς και της στάσης που υιοθετούν απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες (Πίνακας 3.4).

Η έρευνα των Arnold, Kremer και Mayer (2014) η οποία πραγματοποιήθηκε σε 96 μαθητές της Γ Λυκείου και 12 μαθητές της Β Λυκείου είχε σκοπό να ελέγξει ποιες διαστάσεις εξετάζουν οι μαθητές όταν καλούνται να σχεδιάσουν μία διερεύνηση καθώς και σε ποια σημεία δυσκολεύονται. Από την ανάλυση των αναφορών εργαστηρίου και του υλικού βιντεοσκόπησης προέκυψε το συμπέρασμα ότι οι μαθητές του Λυκείου είναι στην πλειοψηφία τους ικανοί να σχεδιάσουν ένα βασικό πείραμα στο οποίο να μεταβάλλουν την ανεξάρτητη μεταβλητή και να ελέγχουν την τιμή της εξαρτημένης μεταβλητής. Ωστόσο οι παρατηρήσεις τους είναι ασαφείς και ο τρόπος με τον οποίο μεταβάλλουν την τιμή της ανεξάρτητης μεταβλητής είναι τυχαίος (χωρίς περιοδικότητα). Επιπλέον οι περισσότεροι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται ότι θα πρέπει να εκτελέσουν το ίδιο πείραμα παραπάνω από μια φορά και δεν εντοπίζουν με ευκολία όλους τους υπόλοιπους παράγοντες που θα πρέπει να κρατούν αμετάβλητους κατά τον έλεγχο μιας συγκεκριμένης μεταβλητής. Οι ερευνητές ισχυρίζονται ότι αν οι μαθητές γνώριζαν ποιες διαδικασίες έπρεπε να ακολουθήσουν και για ποιόν λόγο οι διαδικασίες αυτές οδηγούν σε ορθά πειραματικά δεδομένα, τότε οι επιδόσεις τους στον σχεδιασμό διερευνήσεων θα ήταν υψηλότερες.

Οι Fang, Hsu, H.Y Chang, W.H Chang, Wu & Chen (2016) σχεδίασαν μια έρευνα η οποία είχε στόχο να μελετήσει εάν ο σχεδιασμός και η διεξαγωγή διερευνήσεων με τη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών επηρεάζει την εννοιολογική κατανόηση του διδασκόμενου περιεχομένου και τις ερευνητικές ικανότητες των μαθητών. Το δείγμα της έρευνας ήταν 117 μαθητές της Γ Γυμνασίου οι οποίοι χωρίστηκαν σε δύο ομάδες. Στη μία ομάδα η διεξαγωγή της έρευνας ήταν δομημένη (structured), δηλαδή υπήρχαν αναλυτικά οι οδηγίες και τα

βήματα που έπρεπε να ακολουθήσουν οι μαθητές, και στην άλλη ομάδα ήταν καθοδηγούμενη (guided), δηλαδή υπήρχαν μόνο γενικές οδηγίες. Η ανάλυση των ερωτηματολογίων που συμπλήρωσαν οι μαθητές έδειξε ότι και στις δύο ομάδες υπήρχε βελτίωση τόσο ως προς την κατανόηση του περιεχομένου όσο και ως προς τις ερευνητικές δεξιότητες πάνω στην ενότητα που διδάχθηκαν. Εντούτοις όταν οι μαθητές κλήθηκαν να εφαρμόσουν ερευνητικές πρακτικές σε ένα νέο περιεχόμενο δεν υπήρχε σημαντική διαφορά στις επεξηγηματικές και στις πειραματικές (εκτελεστικές) τους ικανότητες τους σε σχέση με τον προέλεγχο.

Μια ακόμη έρευνα των Fang, Y.S. Hsu & W.H. Hsu (2016) ασχολήθηκε με το είδος του πλαισίου που θα πρέπει να παρέχεται στους μαθητές ώστε να τους στηρίζει με το βέλτιστο τρόπο στην ανάπτυξη ικανοτήτων διερεύνησης. Για τον λόγο αυτό εξετάστηκαν τρία διαφορετικά πλαίσια: ένα με αναλυτικές επεξηγήσεις και οδηγίες, ένα με σταδιακή μείωση των οδηγιών και ένα στο οποίο δεν υπήρχαν οδηγίες. Τα δεδομένα συγκεντρώθηκαν μέσω ερωτηματολογίων και βιντεοσκόπησης και το δείγμα της έρευνας ήταν 105 μαθητές ηλικίας 17-18 χρονών. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως σε γενικές γραμμές όλα τα πλαίσια βελτίωσαν τις γνώσεις που αποκόμισαν οι μαθητές και τις ερευνητικές τους ικανότητες. Το πλαίσιο με τις φθίνουσες υποδείξεις βοήθησε τους μαθητές να αναπτύξουν τις διερευνητικές τους ικανότητες περισσότερο από τα υπόλοιπα πλαίσια και μάλιστα κατάφεραν να τις εφαρμόσουν επιτυχώς σε ένα νέο περιεχόμενο. Επίσης τόσο το πλαίσιο με τις φθίνουσες οδηγίες όσο και το πλαίσιο με τις αναλυτικές οδηγίες ενίσχυσαν την κατανόηση των μαθητών σχετικά με την μεθοδολογία της διερεύνησης.

Μία αντίστοιχη έρευνα υλοποιήθηκε από τους Kruit, Oostdam, Berg & Schuitema (2018) οι οποίοι ασχολήθηκαν με τις επιδράσεις που υπάρχουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης των μαθητών αναλόγως με το πλαίσιο οδηγιών που τους παρέχεται. Πιο συγκεκριμένα υπήρχε μία ομάδα που βασίστηκε σε ένα πλαίσιο με αναλυτικές οδηγίες το οποίο περιείχε όλη την λογική του σχεδιασμού μιας έρευνας, μια ομάδα στην οποία δόθηκαν μόνο ορισμένες οδηγίες και τέλος μια ομάδα που ακολούθησε την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας (ομάδα ελέγχου). Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε μέσω ερωτηματολογίων, τεστ και εκθέσεων που συμπληρώθηκαν από τους μαθητές οι οποίοι ήταν συνολικά 705 και φοιτούσαν στην Ε και Στ Δημοτικού. Οι δύο ομάδες που συμμετείχαν στις πειραματικές δραστηριότητες είχαν καλύτερες επιδόσεις στο μετά-έλεγχο όπου έπρεπε να εξετάσουν τη σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών, ενώ η ομάδα ελέγχου δεν παρουσίασε καμία πρόοδο. Ωστόσο η ομάδα που διδάχθηκε με το αναλυτικό πλαίσιο ξεχώρισε καθώς κατάφερε

να εφαρμόσει επιτυχώς τις γνώσεις που απέκτησε για τον σχεδιασμό διερευνήσεων μέσα σε ένα νέο πλαίσιο συγκριτικά με την άλλη πειραματική ομάδα.

Πίνακας 3.4: Έρευνες που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων από τους μαθητές.

ΕΡΕΥΝΑ	ΗΛΙΚΙΑ ΜΑΘΗΤΩΝ	ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΜΕΣΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
Arnold, Kremer & Mayer, 2014.	Β και Γ Λυκείου	108	Αναφορές εργαστηρίου, βιντεοσκόπηση
Fang et al., 2016.	Γ Γυμνασίου	117	Ερωτηματολόγια
Fang, Y.S. Hsu & W.H. Hsu, 2016.	17-18 ετών	105	Ερωτηματολόγια, βιντεοσκόπηση
Kruit et al., 2018.	Ε και ΣΤ Δημοτικού	705	Ερωτηματολόγια, τελικές εκθέσεις
Κυριαζή & Κωνσταντίνου, 2005.	Ε και ΣΤ Δημοτικού	131	Ερωτηματολόγια
Chen & Klahr, 1999.	7-10 ετών	87	Βιντεοσκόπηση, συνεντεύξεις, ερωτηματολόγια
Triona & Klahr 2003.	Δ και Ε Δημοτικού	92	Φύλλα εργασίας, ερωτηματολόγια
Duggan & Gott, 2000.	Μαθητές Λυκείου	179	Ερωτηματολόγια, φύλλα εργασίας, συνεντεύξεις
Koksal & Berberoglu, 2014.	ΣΤ Δημοτικού	304	Ερωτηματολόγια
Ergul et al., 2011.	10-14 ετών	241	Ερωτηματολόγια

Οι Κυριαζή και Κωνσταντίνου (2005) διεξήγαγαν μία έρευνα προκειμένου να εξετάσουν τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά τον σχεδιασμό διερευνήσεων και αξιολογήσουν τις διδακτικές στρατηγικές που βοηθούν τους μαθητές να υπερβούν τις δυσκολίες αυτές. Για τον σκοπό αυτό συνέλλεξαν δεδομένα μέσα από ερωτηματολόγια τα οποία συμπληρώθηκαν από 131 μαθητές της Ε και της ΣΤ Δημοτικού. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μετά το πέρας των πειραματικών δραστηριοτήτων οι μαθητές βελτιώθηκαν ως προς την ικανότητα σχεδιασμού διερευνήσεων, ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν και να ελέγξουν τις μεταβλητές και να κατανοήσουν την αιτιακή σχέση δύο μεγεθών που

παρουσιάζονται σε έναν πίνακα. Παρόλα αυτά δυσκολεύονταν να διατυπώσουν ερευνητικά ερωτήματα καθώς και να ερμηνεύσουν τα δεδομένα που απεικονίζονταν σε ένα ραβδόγραμμα ή μια γραφική παράσταση.

Στην μελέτη των Chen και Klahr (1999) μαθητές (N=87) ηλικίας από 7 έως 10 ετών χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες κάθε μια από τις οποίες συμμετείχε σε πειραματικές δραστηριότητες που ενέπλεκαν τους μαθητές με την στρατηγική του ελέγχου των μεταβλητών (CVS, Control of Variables Strategy). Η μια ομάδα βασίστηκε σε ένα υποστηρικτικό πλαίσιο που περιλάμβανε επεξηγήσεις σχετικά με την στρατηγική CVS και επιπλέον περιείχε δραστηριότητες εξάσκησης (training) του συγκεκριμένου τρόπου διερεύνησης. Η άλλη ομάδα βασίστηκε μόνο στο θεωρητικό πλαίσιο του CVS το οποίο περιλάμβανε επεξηγήσεις, όμως δεν είχε την δυνατότητα να ελέγξει στην πράξη τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο έλεγχος των μεταβλητών. Η τελευταία ομάδα στηρίχτηκε στο θεωρητικό πλαίσιο του CVS , χωρίς ωστόσο να δοθούν στους μαθητές αναλυτικές επεξηγήσεις ούτε η δυνατότητα πρακτικής εξάσκησης. Ο σκοπός της έρευνας ήταν να ελεγχθεί ο τρόπος με τον οποίο το πλαίσιο διδασκαλίας της στρατηγικής CVS επηρεάζει την κατανόηση των μαθητών πάνω στη συγκεκριμένη ερευνητική διαδικασία και η ικανότητα εφαρμογής της στρατηγικής σε ένα νέο πλαίσιο. Συμπερασματικά, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ομάδες, οι μαθητές που άνηκαν στην πρώτη ομάδα ήταν σε θέση να εφαρμόσουν την στρατηγική του ελέγχου των μεταβλητών με σωστό τρόπο κατά το τελικό στάδιο της διδακτικής παρέμβασης όπου τους δόθηκαν νέα θέματα, διαφορετικά από εκείνα με τα οποία είχαν ασχοληθεί. Επίσης στο μετά-έλεγχο, ο οποίος πραγματοποιήθηκε μετά από χρονικό διάστημα 7 μηνών, οι μαθητές που άνηκαν στις δύο πρώτες ομάδες είχαν αναπτύξει περισσότερο τις πειραματικές τους ικανότητες πάνω στον έλεγχο μεταβλητών σε σχέση με τους μαθητές που άνηκαν στην ομάδα ελέγχου και δεν είχαν συμμετάσχει καθόλου στη διδακτική παρέμβαση. Τέλος να σημειώσουμε ότι η ηλικία των μαθητών έπαιξε ρόλο στις τελικές τους επιδόσεις, με τους μεγαλύτερους σε ηλικία μαθητές (9-10 ετών) να συγκεντρώνουν υψηλότερα ποσοστά ορθών διερευνήσεων κατά την τελική αξιολόγηση.

Η μελέτη των Triona και Klahr (2003) αφορούσε στην αποτελεσματικότητα της χρήσης ηλεκτρονικού υπολογιστή κατά τον σχεδιασμό διερευνήσεων από μαθητές της Δ και της Ε Δημοτικού. Για τον σκοπό αυτό οι 92 μαθητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες όπου η μία πειραματιζόταν με φυσικά υλικά ενώ η άλλη εκτελούσε τα πειράματα σε ψηφιακό περιβάλλον. Η έρευνα περιλάμβανε τρία διαφορετικά στάδια. Στο πρώτο στάδιο οι μαθητές εξέτασαν με τη καθοδήγηση του εκπαιδευτικού δύο από τους παράγοντες που επηρεάζουν

την επιμήκυνση του ελατηρίου χρησιμοποιώντας είτε φυσική πειραματική διάταξη είτε εικονική. Στο δεύτερο στάδιο εξέτασαν χωρίς καμία καθοδήγηση δύο άλλους παράγοντες, ενώ στο τρίτο έπρεπε διεξάγουν οι ίδιοι την έρευνα πάνω σε ένα νέο περιεχόμενο και χρησιμοποιώντας φυσικά υλικά. Οι δύο διδακτικές προσεγγίσεις ήταν εξίσου αποτελεσματικές όσον αφορά την ανάπτυξη ικανότητας σχεδιασμού διερευνήσεων από τους μαθητές και την κατανόηση της στρατηγικής του ελέγχου των μεταβλητών. Ωστόσο οι μαθητές που χρησιμοποίησαν Η/Υ σχεδίασαν περισσότερα πειράματα στο τελικό στάδιο και είχαν ελάχιστα καλύτερη επίδοση στον εντοπισμό των μεταβλητών.

Οι Duggan και Gott (2000) διεξήγαγαν μια μελέτη που σχετίζεται με τη «Γενική Εθνική Επαγγελματική Πιστοποίηση» (GNVQ, General National Vocational Qualification) , ένα δίπλωμα που έχει θεσμοθετηθεί στο Ηνωμένο Βασίλειο και σχετίζεται με ένα σύνολο επιστημονικών προσόντων που πρέπει να έχει ο σύγχρονος εργαζόμενος. Συγκεκριμένα οι ερευνητές θέλησαν να εξετάσουν εάν η ενσωμάτωση ιδεών που σχετίζονται με τα αποδεικτικά στοιχεία στην διδασκαλία προετοιμασίας για το GNVQ μπορεί να έχει οφέλη για όσους πρόκειται να ασχοληθούν επαγγελματικά με τις ΦΕ. Στα πλαίσια της έρευνας σχηματίστηκαν δύο ομάδες μαθητών λυκείου: η μία ήταν η ομάδα ελέγχου (88 άτομα) και η άλλη η πειραματική ομάδα (91 άτομα). Η ομάδα ελέγχου ακολούθησε την κανονική πορεία διδασκαλίας του GNVQ , ενώ η πειραματική ομάδα ακολούθησε μια διδασκαλία που ενσωμάτωνε έννοιες που σχετίζονται με τα αποδεικτικά στοιχεία. Τα μέσα συλλογής των δεδομένων ήταν τα ερωτηματολόγια, τα φύλλα εργασίας και οι συνεντεύξεις των μαθητών. Η αξιολόγηση των ικανοτήτων των μαθητών πριν από τη διδακτική ακολουθία φανέρωσε τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να κάνουν τις μετρήσεις αλλά και με τον χειρισμό των δεδομένων που συλλέγουν. Για παράδειγμα το 53% του συνόλου των μαθητών δυσκολευόταν να διαβάσει τα δεδομένα από έναν πίνακα στον οποίο τα μεγέθη που περιέχονταν ήταν αντιστρόφως ανάλογα και μόνο το 38% κατανοούσε πώς πρέπει να απεικονιστεί σε μια γραφική παράσταση η γραμμική σχέση που συνδέει δύο μεταβλητές. Επιπλέον δεν αντιλαμβάνονταν ότι θα πρέπει να εκτελέσουν αρκετές φορές ένα πείραμα ώστε να αντλήσουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Μετά τη διδακτική παρέμβαση υπήρχε μικρή πρόοδος στην κατανόηση της πειραματικής διαδικασίας της ομάδας που παρακολούθησε το πρόγραμμα με την ενσωμάτωση εννοιών που σχετίζονται με τα αποδεικτικά στοιχεία. Εντούτοις στις τελικές συνεντεύξεις οι μαθητές που άνηκαν στην εν λόγω ομάδα μπορούσαν με μεγαλύτερη ευκολία να εξηγήσουν τον σχεδιασμό μιας

υποθετικής διερεύνησης και είχαν αποκτήσει αίσθηση της ανάγκης να επαναλαμβάνεται το ίδιο πείραμα ορισμένες φορές ώστε να εξασφαλίζει αξιόπιστα δεδομένα.

Η μελέτη των Koksai και Berberoglu (2014) είχε ως στόχο να μελετήσει εάν η διδασκαλία των ΦΕ που βασίζεται στην καθοδηγούμενη διερεύνηση επηρεάζει την εννοιολογική κατανόηση των μαθητών, τις επιστημονικές τους ικανότητες (SPS, Science Process Skills), λ.χ. την ικανότητα παρατήρησης, διατύπωσης υποθέσεων, ελέγχου και χειρισμού μεταβλητών κοκ, καθώς και την στάση που υιοθετούν απέναντι στις ΦΕ, πχ αν απολαμβάνουν τη μάθηση ΦΕ ή αν το σκέφτονται ως μελλοντικό επάγγελμα κλπ. Οι απαντήσεις των τεστ που συμπληρώθηκαν από 304 μαθητές της Στ Δημοτικού έδειξαν πως πράγματι ο τρόπος διδασκαλίας έχει επιπτώσεις στις γνώσεις που αποκομίζουν οι μαθητές, στις ερευνητικές ικανότητες που αναπτύσσουν και στη στάση που υιοθετούν απέναντι στις ΦΕ. Η βαθμολογία της πειραματικής ομάδας παρουσίασε μεγάλη άνοδο στο στάδιο του μετά-ελέγχου όσον αφορά τις ερευνητικές ικανότητες και την στάση απέναντι στις ΦΕ, ενώ τόσο η πειραματική ομάδα όσο και η ομάδα ελέγχου είχαν παρόμοια οφέλη όσον αφορά την κατανόηση του περιεχομένου.

Μια παρόμοια έρευνα που διεξήχθη από τους Ergul, Simsekli, Calis, Ozdilek, Gocmencelebi και Sanli (2011) αφορούσε τη συμβολή που έχει η διδασκαλία των ΦΕ μέσω διερεύνησης στις επιστημονικές ικανότητες των μαθητών και στη στάση που αναπτύσσουν απέναντι στις ΦΕ. Το δείγμα της έρευνας ήταν 241 μαθητές οι ηλικίες των οποίων κυμαίνονταν από 10 έως 14 ετών. Η ομάδα ελέγχου παρακολούθησε το κανονικό πρόγραμμα μαθημάτων, ενώ η πειραματική συμμετείχε σε μια διδακτική ακολουθία που βασιζόταν στην διεξαγωγή διερευνήσεων. Διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας καλλιέργησαν περισσότερο τις επιστημονικές τους ικανότητες και ανέπτυξαν θετική στάση απέναντι στις ΦΕ σε σύγκριση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου.

Από τις παραπάνω έρευνες προκύπτει το συμπέρασμα ότι όλες οι διδακτικές παρεμβάσεις που εμπλέκουν τους μαθητές με την διεξαγωγή διερευνήσεων έχουν θετικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη των ερευνητικών τους ικανοτήτων. Στην περίπτωση που οι μαθητές διδάσκονται αναλυτικά το θεωρητικό πλαίσιο οργάνωσης μιας διερεύνησης και ταυτόχρονα έχουν τη δυνατότητα να εφαρμόσουν τις γνώσεις αυτές πάνω σε ένα θέμα ΦΕ, τα αποτελέσματα είναι περισσότερο θεαματικά και μάλιστα είναι σε θέση να μεταφέρουν τις γνώσεις που αποκτούν εφαρμόζοντάς τις σε ένα νέο περιεχόμενο. Οι μεγαλύτερες δυσκολίες που συναντούν οι μαθητές κατά τον σχεδιασμό διερευνήσεων σχετίζονται με τον εντοπισμό και τον έλεγχο της

κάθε μεταβλητής, την επαναληπτικότητα των μετρήσεων και το χειρισμό των πειραματικών δεδομένων.

3.7 Σχολιασμός-Πρωτοτυπία της εργασίας

Παρόλο που εντοπίστηκαν αρκετές έρευνες που εξετάζουν τις αντιλήψεις των μαθητών για τους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση του εκκρεμούς (βλ. ενότητα 3.2), είναι περιορισμένη η έρευνα με μαθητές του Γυμνασίου. Επίσης οι διδακτικές παρεμβάσεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε αυτή την ηλικιακή ομάδα είναι ελάχιστες και μάλιστα σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις η διαδικασία που ακολουθούνταν ήταν η εκτέλεση πειραμάτων από τους μαθητές χρησιμοποιώντας φυσικά υλικά βάσει οδηγιών (βλ. ενότητα 3.3).

Παράλληλα όσον αφορά τις έρευνες που εξετάζουν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών αλλά και εκείνες που περιέχουν διδακτικές ακολουθίες με στόχο την βελτίωση της ποιότητας προέκυψε μια πληθώρα βιβλιογραφικών πηγών (βλ ενότητα 3.4 και 3.5). Ωστόσο οι περισσότερες από αυτές εμπλέκουν τους μαθητές μόνο με την συγκρότηση εξηγήσεων και δεν τους αφήνουν το περιθώριο να ασχοληθούν με άλλες επιστημονικές πρακτικές, όπως η σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων από τους ίδιους τους μαθητές με σκοπό να αντλήσουν δεδομένα για τα επιχειρήματά τους. Επιπλέον δεν δίνεται η ευκαιρία να πειραματιστούν, δίχως οδηγίες και έχοντας έναν βαθμό ελευθερίας, σε ένα ψηφιακό περιβάλλον που θα τους δίνει τη δυνατότητα να εξετάσουν τις ιδέες τους.

Οι επιστημονικές έρευνες που εμπλέκουν τους μαθητές με σχεδίαση διερευνήσεων αφορούν κυρίως μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (βλ. ενότητα 3.6), ενώ ιδιαίτερα περιορισμένη είναι η έρευνα στις μεγαλύτερες ηλικιακές ομάδες όπου οι μαθητές έχουν πλέον αναπτύξει την νοητική ικανότητα να διακρίνουν τις μεταβλητές κατά την εκτέλεση ενός πειράματος (Inhelder & Piaget 1958).

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι απουσιάζουν εργασίες που να μελετούν τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης η οποία από τη μία θα εμπλέκει τους μαθητές με τη σχεδίαση διερευνήσεων και από την άλλη θα καλλιεργεί την ικανότητά τους να επιχειρηματολογούν. Αναδύεται, λοιπόν, η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μιας τέτοιας έρευνας. Το διδακτικό περιεχόμενο του εκκρεμούς είναι οικείο στους μαθητές και προσφέρεται για την καλλιέργεια

της στρατηγικής ελέγχου των μεταβλητών, επομένως είναι κατάλληλο να υπηρετήσει τους σκοπούς της έρευνας αυτής.

Η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας έγκειται στο ότι αυτή αφενός μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» στις πρακτικές που αφορούν στη συγκρότηση επιχειρημάτων και τη σχεδίαση διερευνήσεων και αφετέρου συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα αυτής της παρέμβασης με τα αντίστοιχα αποτελέσματα μιας άλλης διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη παραδοσιακή προσέγγιση, ζητήματα για τα οποία δεν υπήρχαν ερευνητικά δεδομένα.

3.8. Ανακεφαλαίωση

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιήθηκε η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που αφορούν στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών για την κίνηση του εκκρεμούς και των ερευνών που υλοποίησαν διδακτικές παρεμβάσεις οι οποίες συμβάλλουν στην τροποποίηση των αντιλήψεων των μαθητών για το εκκρεμές. Ο στόχος ήταν να καταγραφούν οι κυριότερες αντιλήψεις και να προκύψουν συμπεράσματα σε σχέση με την αποτελεσματικότητα των διδακτικών παρεμβάσεων. Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε βιβλιογραφική ανασκόπηση σε έρευνες που εστιάζονται στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές κατά τη διατύπωση επιχειρημάτων καθώς και σε έρευνες που επικεντρώνονται στη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών. Καταγράφηκαν οι βασικές δυσκολίες με τις οποίες έρχονται αντιμέτωποι οι μαθητές και τα αποτελέσματα των αντίστοιχων διδακτικών παρεμβάσεων. Η επόμενη ενότητα αφορούσε στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων με στόχο να αποτυπωθεί η ικανότητα των μαθητών να σχεδιάζουν και να υλοποιούν διερευνήσεις. Στην τελευταία ενότητα εμπεριέχεται ένας σύντομος σχολιασμός της βιβλιογραφικής ανασκόπησης στο σύνολό της και καταδεικνύεται η πρωτοτυπία της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1. Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και συγκεκριμένα παρουσιάζονται ο σκοπός και τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας (βλ. ενότητα 4.2), τα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας (βλ. ενότητα 4.3), το δείγμα της έρευνας (βλ. ενότητα 4.4), το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε και τα στάδια εφαρμογής του (βλ. ενότητα 4.5), και η μέθοδος συλλογής των δεδομένων (βλ. ενότητα 4.6).

4.2. Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων και στις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων των μαθητών της Γ τάξης του Γυμνασίου και σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της παρέμβασης με τα αντίστοιχα μαθησιακά αποτελέσματα μιας άλλης διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση. Τα ερευνητικά ερωτήματα που τίθενται είναι τα ακόλουθα:

Ερευνητικό ερώτημα 1: Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών;

Ερευνητικό ερώτημα 2: Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων;

Ερευνητικό ερώτημα 3: Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών;

Ερευνητικό ερώτημα 4: Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων;

Ερευνητικό ερώτημα 5: Υπάρχει διαφοροποίηση στα μαθησιακά αποτελέσματα -αναφορικά με τη δομή των επιχειρημάτων και των πρακτικών σχεδίασης διερεύνησης των μαθητών- ανάμεσα στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις;

4.3. Ερευνητική διαδικασία

Η παρούσα εργασία συνιστά μια οιονεί πειραματική έρευνα. Η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε τη σχολική χρονιά 2018-2019 και ήταν διαχωρισμένη σε τέσσερα στάδια:

- Κατά το πρώτο στάδιο συντάχθηκε το ερωτηματολόγιο, του οποίου το πρώτο μέρος ανιχνεύει την ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές και το δεύτερο μέρος εξετάζει τις επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση μιας διερεύνησης. Επίσης συγκροτήθηκε το εκπαιδευτικό υλικό της διδακτικής παρέμβασης η οποία εφαρμόστηκε στους μαθητές της πειραματικής ομάδας. Η διδακτική παρέμβαση αυτή βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» με χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού. Χρησιμοποιήθηκε το εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου με χρήση του ίδιου εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία των μαθητών της ομάδας ελέγχου. Έγινε πιλοτική εφαρμογή του ερωτηματολογίου σε μικρό αριθμό μαθητών ώστε να καταγραφούν τα σχόλια τους και να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες διορθώσεις. Στο στάδιο αυτό πραγματοποιήθηκε και η πιλοτική εφαρμογή μέρους του εκπαιδευτικού υλικού και του λογισμικού PhET Interactive Simulations προκειμένου να αποφασιστεί εάν αποτελεί το κατάλληλο περιβάλλον για τη διεξαγωγή των διερευνήσεων.
- Στο δεύτερο στάδιο δόθηκε το ερωτηματολόγιο στους μαθητές της πειραματικής ομάδας και στους μαθητές της ομάδας ελέγχου (προ-έλεγχος) ώστε να ανιχνευτεί η ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν και η ικανότητά τους να σχεδιάζουν διερευνήσεις.
- Στο τρίτο στάδιο εφαρμόστηκε η διδακτική ακολουθία που συγκροτήθηκε στους μαθητές της πειραματικής ομάδας. Επίσης, οι μαθητές της ομάδας ελέγχου

παρακολούθησαν τη διδασκαλία που προτείνει το σχολικό εγχειρίδιο (παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση) με χρήση του ίδιου εκπαιδευτικού λογισμικού. Δύο εβδομάδες μετά το τέλος της διδακτικής ακολουθίας, το αρχικό ερωτηματολόγιο δόθηκε ξανά στους μαθητές τόσο της πειραματικής ομάδας όσο και της ομάδας ελέγχου (μετά-έλεγχος) έτσι ώστε να αξιολογηθεί η επίδοσή τους όσον αφορά την ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν και την ικανότητά τους να σχεδιάζουν διερευνήσεις.

- Στο τέταρτο και τελευταίο στάδιο πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των ερωτηματολογίων που συμπλήρωσαν οι μαθητές και η εξαγωγή των συμπερασμάτων.

4.4. Συμμετέχοντες

Στην έρευνα συμμετείχαν συνολικά 45 μαθητές, εκ των οποίων οι 23 αποτελούσαν την πειραματική ομάδα (51%) και οι υπόλοιποι 22 αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου (49%). Όλοι οι μαθητές φοιτούσαν στη Γ' Γυμνασίου δημοσίου σχολείου στο νομό Αττικής και η ερευνητική διαδικασία πραγματοποιήθηκε παρουσία της καθηγήτριας η οποία διδάσκει το μάθημα της Φυσικής στην τάξη αυτή. Όλοι οι μαθητές της ομάδας ελέγχου ανήκαν στο ίδιο τμήμα (Γ6) και όλοι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ανήκαν σε ένα άλλο τμήμα (Γ1). Η επιλογή των τμημάτων έγινε με βάση το γνωστικό επίπεδο των μαθητών έτσι ώστε και οι δύο ομάδες (πειραματική και ελέγχου) να απαρτίζονται από μαθητές με παρόμοιες σχολικές επιδόσεις.

4.5 Το εκπαιδευτικό υλικό της πειραματικής ομάδας

Η συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού πραγματοποιήθηκε με βάση το πλαίσιο μάθησης των ΦΕ μέσω επιστημονικών πρακτικών (NRC, 2012). Συγκεκριμένα το εκπαιδευτικό υλικό εστιάζοταν σε δύο επιστημονικές πρακτικές: την «εμπλοκή σε επιχειρηματολογία» και την «σχεδίαση και πραγματοποίηση διερευνήσεων». Ο στόχος του μαθησιακού υλικού ήταν αφενός να βελτιώσει την ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές ως προς τη δομή και το περιεχόμενό τους και αφετέρου να καλλιεργήσει την ικανότητα των μαθητών να σχεδιάζουν διερευνήσεις. Το εννοιολογικό περιεχόμενο των δραστηριοτήτων που σχεδιάστηκαν σχετιζόταν με την κίνηση του απλού εκκρεμούς και πιο συγκεκριμένα με τους παράγοντες που επηρεάζουν την τιμή της περιόδου του. Το συγκεκριμένο θέμα επιλέχθηκε

διότι σχετίζεται με τα βιώματα των μαθητών και μπορούν εύκολα να το προσεγγίσουν, καθώς όπως έδειξε η βιβλιογραφική ανασκόπηση οι μαθητές είναι σε θέση να εντοπίζουν τις ανεξάρτητες μεταβλητές της ταλάντωσης του εκκρεμούς (βλ ενότητα 3.2). Η συνολική διάρκεια της διδακτικής ακολουθίας ήταν 5 διδακτικές ώρες και οι δραστηριότητες που σχεδιάστηκαν ήταν συνολικά 10.

Το εκπαιδευτικό υλικό δημιουργήθηκε με γνώμονα το μαθησιακό μοντέλο 5E (Bybee et al.,2006) το οποίο διαχώρισε τη διδασκαλία σε 5 στάδια:

Πίνακας 4.1: Αντιστοίχιση σταδίου-δραστηριοτήτων-πρακτικών και χρονικής διάρκειας.

<i>Χρόνος (διδακτικές ώρες)</i>	<i>Στάδιο μοντέλου 5E</i>	<i>Δραστηριότητα</i>	<i>Επιστημονικές πρακτικές</i>
0.5	Ενεργοποίηση	1	Υποβολή ερωτημάτων. Συγκρότηση εξηγήσεων Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών
1.5	Εξερεύνηση	2,3	Σχεδιασμός και πραγματοποίηση διερεύνησης. Υποβολή ερωτημάτων. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών
1.5	Εξήγηση	4,5,6,7 και 8	Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών
0.5	Εφαρμογή	9	Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών
1	Αξιολόγηση	10	Συγκρότηση εξηγήσεων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών

Ενεργοποίηση

Το στάδιο της ενεργοποίησης λειτουργεί ως αφορμή για να έρθουν στην επιφάνεια οι αντιλήψεις των μαθητών για ένα συγκεκριμένο πρόβλημα ή γεγονός, να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές τις μεταξύ τους διαφωνίες και να διατυπωθούν τα ερευνητικά ερωτήματα που πιστεύουν ότι πρέπει να εξετάσουν. Το πρόβλημα που επιλέχθηκε για το στάδιο της ενεργοποίησης ήταν οικείο στους μαθητές και αφορούσε μια παρέα τριών παιδιών οι οποίοι βρίσκονται στη παιδική χαρά και κάνουν κούνια (Πρόβλημα 1). Τα τρία παιδιά διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη μάζα τους, οι κούνιες τους έχουν διαφορετικό μήκος αλυσίδας και το κάθε παιδί ξεκινά από διαφορετική αρχική γωνία. Το ζητούμενο ήταν ο κάθε μαθητής να απαντήσει στην ερώτηση «Ποιό από τα παιδιά πιστεύεις ότι θα ολοκληρώσει πιο γρήγορα τις 10 ταλαντώσεις;». Αρχικά οι μαθητές εργάζονται ατομικά και απαντούν στην συγκεκριμένη ερώτηση. Στη συνέχεια οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες των 4-5 ατόμων και συζήτησαν τις απαντήσεις τους με τους συμμαθητές τους. Ακολούθησε συζήτηση σε επίπεδο τάξης. Η διαδικασία ολοκληρώθηκε όταν η κάθε ομάδα είχε πλέον καταλήξει σχετικά με τους παράγοντες που θέλει να ελέγξει προκειμένου να διαπιστώσει ποιο από τα τρία παιδιά θα ολοκληρώσει σε συντομότερο χρόνο τις 10 ταλαντώσεις.

Εξερεύνηση

Στη φάση της εξερεύνησης οι μαθητές προχώρησαν στο σχεδιασμό και την πραγματοποίηση διερευνήσεων σχετικά με τους παράγοντες που πίστευαν ότι επηρεάζουν την περίοδο του εκκρεμούς. Για τις ανάγκες της διερεύνησης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό προσομοίωσης PhET Interactive Simulations το οποίο τοποθετεί το εκκρεμές σε ένα ψηφιακό περιβάλλον όπου ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει το μήκος του εκκρεμούς, τη μάζα του, τη γωνία εκτροπής αλλά και την επιτάχυνση της βαρύτητας και να μετρά τον χρόνο που χρειάζεται για να εκτελέσει 10 ταλαντώσεις. Συγκεκριμένα λόγω του περιορισμένου διαθέσιμου χρόνου ζητήθηκε από τους μαθητές να ελέγξουν τους δύο παράγοντες που θεωρούν πιο σημαντικούς για τη διαμόρφωση της τιμής της περιόδου (Έρευνα 1 και Έρευνα 2). Αρχικά δόθηκε λίγος χρόνος προκειμένου να εξοικειωθούν οι μαθητές με τη χρήση του λογισμικού και να εκφράσουν τις απορίες τους. Τα φύλλα εργασίας που συμπλήρωσαν στο στάδιο αυτό περιείχαν κατάλληλες ερωτήσεις και ένα στοιχειώδες πλαίσιο υποστήριξης που τους βοηθούσε να σχεδιάσουν και να πραγματοποιήσουν τις έρευνές τους. Στο τέλος κάθε διερεύνησης κατέγραφαν το συμπέρασμα στο οποίο είχαν καταλήξει μέσα από τα δεδομένα

που είχαν συλλέξει. Το γενικό πλαίσιο για τον σχεδιασμό διερευνήσεων παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.1 που ακολουθεί.

Σχήμα 4.1: Πλαίσιο υποστήριξης για τον σχεδιασμό και την διεξαγωγή διερευνήσεων των μαθητών.

Σχεδίαση έρευνας

Ερώτημα:.....

Υπόθεση:

Παράγοντες / Μεταβλητές

Τι αλλάζω;	Τι κρατώ ίδια;	Τι μετρώ;
------------	----------------	-----------

Πραγματοποίηση έρευνας

Πώς θα κάνω το πείραμα:

Να παρουσιάσεις τα αποτελέσματα σε ένα πίνακα.

Συμπεράσματα

⌋ Τι διαπίστωσα από την έρευνα που έκανα;

⌋ Αυτό που διαπίστωσα ήταν αυτό που περίμενα;

⌋ Τι δυσκολίες συνάντησα σε αυτή την έρευνα;

⌋ Τι άλλο θέλω να ερευνήσω;

Εξήγηση

Οι δραστηριότητες στο στάδιο της εξήγησης είχαν ως στόχο να προκαλέσουν τους μαθητές να διατυπώσουν εκ νέου τα συμπεράσματά τους αναφορικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση του εκκρεμούς. Στο σημείο αυτό έπρεπε να γίνουν περισσότερο αναλυτικοί στις απαντήσεις τους περιγράφοντας το είδος της μεταβολής στην περίοδο του εκκρεμούς (αύξηση ή μείωση) που προκαλεί η μεταβολή κάθε παράγοντα. Παράλληλα έπρεπε να προσπαθήσουν να τεκμηριώσουν τις εξηγήσεις τους μέσα από επιχειρήματα, δηλαδή να απαντήσουν στα ερωτήματα που τους τέθηκαν διατυπώνοντας ισχυρισμό, αποδεικτικά στοιχεία, συλλογισμό και αντίκρουση. Επειδή κατά το προηγούμενο στάδιο οι μαθητές δεν είχαν τη δυνατότητα να ερευνήσουν όλες τις ανεξάρτητες μεταβλητές, προτού ξεκινήσει το στάδιο της ερμηνείας έγινε μια ανακεφαλαίωση στον πίνακα που αφορούσε όσα παρατήρησαν οι μαθητές σχετικά με τους παράγοντες μετά την ολοκλήρωση των διερευνήσεών τους. Επιπλέον έγινε εισαγωγή του μοντέλου των συστατικών στοιχείων των επιχειρημάτων (βλ. Σχήμα 4.2). Παρουσιάστηκαν στους μαθητές τα τέσσερα συστατικά και η σημασία καθενός από αυτά. Το μοντέλο των συστατικών εφαρμόστηκε στην απάντηση ενός ερωτήματος (Ερώτηση 1) ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο η θεωρία ενσωματώνεται στις απαντήσεις. Μόλις συμπληρώθηκε η απάντηση οι μαθητές κλήθηκαν να την αξιολογήσουν με βάση συγκεκριμένα κριτήρια που υπήρχαν σε έναν πίνακα αξιολόγησης (βλ. Παράρτημα 2). Το βήμα αυτό ήταν απαραίτητο ώστε να στρέψει την προσοχή των μαθητών στα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει το επιχείρημα ώστε να θεωρείται υψηλού επιπέδου. Κατόπιν οι μαθητές εφάρμοσαν το πλαίσιο σε μία άλλη ερώτηση (Ερώτηση 2) προκειμένου να εστιάσουν ακόμη περισσότερο την προσοχή τους στα συστατικά στοιχεία του επιχειρήματος. Μόλις ολοκλήρωσαν τις απαντήσεις τους αντάλλαξαν μεταξύ τους τα φύλλα εργασίας ώστε να αξιολογήσουν τις απαντήσεις τους οι συμμαθητές τους.

Εφαρμογή

Στο στάδιο της εφαρμογής οι μαθητές καλούνται να εξετάσουν αν οι γνώσεις που απέκτησαν κατά τα προηγούμενα στάδια μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα νέο πλαίσιο. Το ερώτημα που διατυπώθηκε (Πρόβλημα 3) αφορούσε έναν γερανό ο οποίος έπρεπε να γκρεμίσει μια πολυκατοικία και απεικονίζονταν τρεις διαφορετικές περιπτώσεις εκτέλεσης της κατεδάφισης. Οι μαθητές, στηριζόμενοι σε όσα έμαθαν, έπρεπε να επιλέξουν σε ποια

περίπτωση η κατεδάφιση θα ολοκληρωθεί σε συντομότερο χρόνο και να τεκμηριώσουν την απάντησή τους χρησιμοποιώντας τα συστατικά του επιχειρήματος.

Σχήμα 4.2: Μοντελοποίηση επιχειρημάτων.

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

Αξιολόγηση

Στο τελικό στάδιο της αξιολόγησης επαναδιατυπώθηκε το πρόβλημα που είχε παρουσιαστεί κατά τη φάση της ενεργοποίησης. Οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν ξανά στο ερώτημα που είχε τεθεί σχετικά με τα τρία παιδιά που κάνουν κούνια κάθε ένα από τα οποία έχει διαφορετική μάζα, διαφορετικό μήκος στην αλυσίδα της κούνιας και διαφορετική αρχική γωνία. Οι μαθητές έπρεπε να επιλέξουν εκείνο που αναμένεται να ολοκληρώσει γρηγορότερα τις 10 ταλαντώσεις βασιζόμενοι σε όσα έμαθαν κατά τα προηγούμενα στάδια. Μέσα από αυτή τη δραστηριότητα οι μαθητές είχαν την ευκαιρία να αναστοχαστούν πάνω στις ιδέες τους και να συγκρίνουν τις απόψεις που είχαν πριν και μετά τη διδακτική ακολουθία.

4.6 Συλλογή δεδομένων

Ως μέσο για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο (βλ. Παράρτημα 1) το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου πριν και μετά τη διδασκαλία της ενότητας του εκκρεμούς. Στις ακόλουθες

υποενότητες δίνονται εξηγήσεις σχετικά με την επιλογή του ερωτηματολογίου ως εργαλείο συλλογής δεδομένων (βλ. υποενότητα 4.5.1) και ακολουθεί αναλυτική περιγραφή του περιεχομένου και του σκοπού της κάθε ερώτησης (βλ. υποενότητα 4.5.2).

4.6.1 Η επιλογή του ερωτηματολογίου ως μέσο συλλογής δεδομένων

Το ερωτηματολόγιο είναι ένα μέσο συλλογής δεδομένων το οποίο δίνει τη δυνατότητα στον ερευνητή να συγκεντρώσει μαζικές πληροφορίες από μεγάλο πλήθος ατόμων σε σύντομο χρονικό διάστημα (Fraenken & Wallen, 2009) και ουσιαστικά είναι κατασκευασμένο να «εκμαιεύει» πληροφορίες από τους ερωτηθέντες (Babbie, 2008). Βεβαίως είναι πολύ σημαντικό οι ερωτήσεις που θα διατυπωθούν να είναι σαφείς, ευνόητες και να έχουν συγκεκριμένο στόχο, έτσι ώστε ο ερευνητής να είναι σε θέση να εξάγει τις πληροφορίες που επιθυμεί μέσα από τις απαντήσεις που θα λάβει (Babbie, 2008; Cohen, Marion & Morrison, 2007). Το ερωτηματολόγιο θεωρήθηκε ως το κατάλληλο μέσο συλλογής δεδομένων στην παρούσα έρευνα εξαιτίας του περιορισμένου διαθέσιμου χρόνου, του μεγάλου αριθμού υποκειμένων και του σκοπού της έρευνας. Οι ερωτήσεις που απαρτίζουν το ερωτηματολόγιο είναι ανοιχτής απάντησης, διότι το ζητούμενο ήταν οι μαθητές να εκφράσουν ελεύθερα τις απόψεις τους και να αξιολογηθούν για τον τρόπο με τον οποίο σκέφτονται (Dawson, 2007; Cohen et al., 2007). Τα ερωτήματα ανοιχτής απάντησης χρειάστηκε στη συνέχεια να ποσοτικοποιηθούν βάσει συγκεκριμένων κριτηρίων έτσι ώστε να προκύψουν ποσοτικά δεδομένα (βλ ενότητα 4.6).

4.6.2 Παρουσίαση του ερωτηματολογίου

Το ερωτηματολόγιο χωρίζεται σε δύο μέρη και αποτελείται από 8 ερωτήσεις Στο πρώτο μέρος (ερωτήσεις 1, 2 και 3) επιδιώκεται η μελέτη της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών ενώ στο δεύτερο μέρος (ερωτήσεις 4,5,6,7 και 8) εξετάζονται οι πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων.

Όλα τα ερωτήματα είναι διατυπωμένα χρησιμοποιώντας απλό λεξιλόγιο και συνοδεύονται από σχήματα ή εικόνες που επεξηγούν την περιγραφόμενη κατάσταση. Επειδή η διατύπωση των ερωτήσεων περιέχει όρους που αφορούν στην κίνηση του εκκρεμούς, όπως για παράδειγμα τον όρο «ακραία θέση» και «ταλάντωση», η πρώτη σελίδα του ερωτηματολογίου

αναφέρει διευκρινήσεις σε σχέση με τις έννοιες αυτές. Το χρονικό περιθώριο που δόθηκε στους μαθητές για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου ήταν 1 διδακτική ώρα.

Πίνακας 4.2: Αντιστοίχιση ερευνητικών ερωτημάτων και ερωτήσεων ερωτηματολογίου.

Ερευνητικά Ερωτήματα	Ερωτήσεις
Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών;	1,2 και 3
Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων;	4,5,6,7 και 8
Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών;	1,2 και 3
Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων;	4,5,6,7 και 8
Υπάρχει διαφοροποίηση στα μαθησιακά αποτελέσματα -αναφορικά με τη δομή των επιχειρημάτων και των πρακτικών σχεδίασης διερεύνησης των μαθητών- ανάμεσα στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις;	1,2,3,4,5,6,7 και 8

Α Μέρος : Ποιότητα επιχειρημάτων μαθητών

Το πρώτο μέρος αποτελείται από τρεις ερωτήσεις οι οποίες καλούν τους μαθητές να επιχειρηματολογήσουν πάνω σε ζητήματα που αφορούν το εκκρεμές και να εκφέρουν την άποψή τους σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν την κίνηση του εκκρεμούς. Συγκεκριμένα στο πρώτο μέρος εξετάζονται οι αντιλήψεις των μαθητών για την σχέση που συνδέει το μήκος και την περίοδο του εκκρεμούς (ερώτηση 1), τη γωνία εκτροπής και την περίοδο του εκκρεμούς (ερώτηση 2) και την επιτάχυνση της βαρύτητας και την περίοδο του εκκρεμούς (ερώτηση 3).

Ερώτηση 1: Στην πρώτη ερώτηση παρουσιάζεται ένα σχήμα με δύο πανομοιότυπες λάμπες που κρέμονται από σταθερό σημείο όπου η κάθε μία έχει διαφορετικό μήκος καλωδίου. Δύο κορίτσια αποφασίζουν να κάνουν ένα πείραμα ώστε να διαπιστώσουν ποία από τις δύο

λάμπες θα εκτελέσει πιο γρήγορα μια ταλάντωση. Για τον λόγο αυτό αποφασίζουν να τις αφήσουν ταυτόχρονα υπό την ίδια γωνία και να δουν ποια από τις δύο θα επιστρέψει πιο γρήγορα στο χέρι τους. Προτού εκτελέσουν το πείραμα ζητούν από τους συμμαθητές τους να προβλέψουν ποια λάμπα χρειάζεται λιγότερο χρόνο για να επιστρέψει στην αρχική της θέση και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Ο σκοπός της ερώτησης 1 είναι η διερεύνηση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών που αναφέρονται στο ζήτημα της σχέσης ανάμεσα στο μήκος του σχοινιού του εκκρεμούς και στο χρόνο της περιόδου του.

Ερώτηση 2: Η δεύτερη ερώτηση παρουσιάζει στους μαθητές ένα σενάριο όπου δύο παιδιά με ίδιο βάρος (δηλαδή ίδια μάζα και ίδια επιτάχυνση της βαρύτητας) ετοιμάζονται να κάνουν έναν διαγωνισμό στην κούνια. Οι κούνιες πάνω στις οποίες βρίσκονται έχουν ίδιο μήκος στην αλυσίδα τους, όμως τα παιδιά έχουν διαφορετικό ύψος και έτσι όταν βρίσκονται στη θέση εκκίνησης σχηματίζουν διαφορετική αρχική γωνία (γωνία εκτροπής). Στο ερώτημα ζητείται η άποψη των μαθητών σχετικά με το ποιο παιδί αναμένουν ότι θα ολοκληρώσει πιο γρήγορα 10 ταλαντώσεις και θα βγει νικητής. Προκειμένου να διευρυνθεί η σκέψη των μαθητών δίνονται τρεις πιθανές απαντήσεις για να επιλέξουν. Η μια απάντηση υποδεικνύει ως νικητή το ένα παιδί, η δεύτερη απάντηση το άλλο και η τρίτη απάντηση αναφέρει ότι τα δύο παιδιά θα τερματίσουν ταυτόχρονα. Σε κάθε περίπτωση οι μαθητές πρέπει να αιτιολογήσουν την επιλογή τους. Ο στόχος της συγκεκριμένης ερώτησης είναι η διερεύνηση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών που αναφέρονται στο ζήτημα της σχέσης ανάμεσα στη γωνία εκτροπής (πλάτος) και στην περίοδο του εκκρεμούς.

Ερώτηση 3: Η τρίτη ερώτηση αναφέρεται σε μία διαστημική αποστολή κατά την οποία οι αστροναύτες μεταφέρουν στη σελήνη ένα ρολόι εκκρεμές προκειμένου να διαπιστώσουν εάν οι νέες συνθήκες θα επηρεάσουν τη λειτουργία του. Οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν εάν πιστεύουν ότι το ρολόι θα χρειάζεται λιγότερο, περισσότερο ή τον ίδιο χρόνο για να ολοκληρώσει μια πλήρη ταλάντωση στο περιβάλλον της σελήνης, δικαιολογώντας την επιλογή τους. Ο στόχος της ερώτησης 3 είναι να διερευνηθεί η ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών αναφορικά με το ζήτημα της σχέσης ανάμεσα στην επιτάχυνση της βαρύτητας και στην περίοδο του εκκρεμούς.

B Μέρος :Σχεδιασμός διερεύνησης

Το δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου αποτελείται από πέντε ερωτήματα και έχει σκοπό να εξετάσει τις επιμέρους πρακτικές που χρησιμοποιούν οι μαθητές όταν καλούνται να σχεδιάσουν μια διερεύνηση. Πιο συγκεκριμένα οι δεξιότητες διερεύνησης που εξετάζονται

μέσα από τις ερωτήσεις είναι η υποβολή διερευνητικού ερωτήματος (ερώτηση 4), η διατύπωση υπόθεσης βασισμένης σε μια θεωρία ή ένα μοντέλο (ερώτηση 5), η αναγνώριση και ο έλεγχος των μεταβλητών (ερώτηση 6 και 7) και ο σχεδιασμός πλάνου για έρευνα (ερώτηση 8).

Αρχικά παρουσιάζεται ένα σενάριο με μια παρέα παιδιών που παίζουν ένα παιχνίδι το οποίο έχει ως εξής: Ένα σακί γεμάτο χώμα κρέμεται από ένα σταθερό σημείο και τα παιδιά το χρησιμοποιούν για να γκρεμίζουν στοίβες από άδεια χαρτόκουτα. Κάποιοι από την παρέα παραπονιούνται ότι το σακί κινείται πολύ αργά και καθυστερεί να φτάσει στα χαρτόκουτα με αποτέλεσμα να μην προλαβαίνουν να παίξουν πολλά παιχνίδια στον ελεύθερο χρόνο τους. Ένα παιδί, ο Νικόλας, πιστεύει ότι θα πρέπει να προσθέσουν χώμα στο σακί ώστε να κινείται πιο γρήγορα ενώ ένα άλλο παιδί, η Ελένη, θεωρεί ότι πρέπει να αφαιρέσουν χώμα από το σακί ώστε να κινείται πιο γρήγορα. Ζητείται από τους μαθητές να βοηθήσουν τα παιδιά να σχεδιάσουν ένα πείραμα προκειμένου να ελέγξουν τις ιδέες που διατυπώνονται.

Πίνακας 4.3: Αντιστοίχιση ζητημάτων προς διερεύνηση-πιθανών αντιλήψεων των μαθητών και ερωτήσεων.

Ζητήματα	Πιθανές αντιλήψεις	Ερωτήσεις
Σχέση ανάμεσα στο μήκος και την περίοδο του εκκρεμούς.	Η περίοδος είναι ανάλογη με το μήκος	1
Σχέση ανάμεσα στη γωνία εκτροπής (πλάτος) και την περίοδο του εκκρεμούς.	Η περίοδος είναι ανάλογη ή αντιστρόφως ανάλογη με τη γωνία εκτροπής	2
Σχέση ανάμεσα στην επιτάχυνση της βαρύτητας και την περίοδο του εκκρεμούς.	Η περίοδος είναι αντιστρόφως ανάλογη της βαρύτητας.	3
Σχέση ανάμεσα στη μάζα και την περίοδο του εκκρεμούς.	Η περίοδος είναι ανάλογη ή αντιστρόφως ανάλογη με τη μάζα	5

Ερώτηση 4: Στην ερώτηση αυτή οι μαθητές πρέπει να διατυπώσουν με σαφήνεια το ερώτημα που έχουν να διερευνήσουν.

Ερώτηση 5: Ζητείται από τους μαθητές να δώσουν μια πιθανή απάντηση στο ερώτημα αυτό, δηλαδή να κάνουν μια πρόβλεψη σχετικά με την έκβαση της διερεύνησης. Η ερώτηση 5

εξετάζει εμμέσως και την άποψη των μαθητών αναφορικά με τη σχέση που υπάρχει ανάμεσα στη μάζα και την περίοδο του εκκρεμούς.

Ερώτηση 6: Η ερώτηση 6 ζητάει από του μαθητές να αναγνωρίσουν την ανεξάρτητη μεταβλητή της διερεύνησης, δηλαδή την παράμετρο που θα πρέπει να μεταβάλουν στο πείραμα που σχεδιάζουν.

Ερώτηση 7: Αντίστοιχα στην ερώτηση 7 ζητείται να εντοπίσουν τις παραμέτρους τις οποίες πρέπει να κρατούν σταθερές (μεταβλητές ελέγχου) προκειμένου να εξασφαλίσουν ότι η διερεύνησή τους θα οδηγήσει σε αξιόπιστα αποτελέσματα.

Ερώτηση 8: Η τελευταία ερώτηση παροτρύνει τους μαθητές να περιγράψουν όσο πιο αναλυτικά μπορούν τη διαδικασία που πρέπει να ακολουθήσει η παρέα ώστε να βρει την απάντηση στο ερώτημα της διερεύνησης.

Πίνακας 4.4: Διαστάσεις της πρακτικής του σχεδιασμού διερεύνησης και αντιστοίχιση με ερωτήσεις.

Διαστάσεις της πρακτικής «Σχεδιασμός και πραγματοποίηση διερεύνησης»	Ερωτήσεις
Υποβολή του ερωτήματος που πρόκειται να διερευνηθεί.	4
Εκφορά υπόθεσης.	5
Αναγνώριση και έλεγχος μεταβλητών.	6 και 7
Σχεδιασμός πλάνου της έρευνας.	8

4.7 Ανακεφαλαίωση

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε η περιγραφή της μεθοδολογίας της έρευνας. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάστηκαν τα τέσσερα στάδια της ερευνητικής διαδικασίας και δόθηκαν πληροφορίες σχετικά με το δείγμα. Κατόπιν παρουσιάστηκε το εκπαιδευτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για τη διδασκαλία της πειραματικής ομάδας καθώς και το ερωτηματολόγιο που λειτούργησε ως μέσο συλλογής δεδομένων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

5.1. Εισαγωγή

Τα δεδομένα της έρευνας συγκεντρώθηκαν μέσα από τις γραπτές απαντήσεις των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο ερωτηματολόγιο που συντάχθηκε για τους σκοπούς της έρευνας. Οι μαθητές των δύο ομάδων συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο δύο φορές, μια πριν τη διδασκαλία του εκκρεμούς (pre-test) και μια μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας (post-test), έτσι ώστε να αξιολογηθεί η πρόοδός τους όσον αφορά την ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν και την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης. Για την αξιολόγηση της ποιότητας των επιχειρημάτων που διατύπωσαν οι μαθητές και των πρακτικών διερεύνησης που χρησιμοποίησαν επιλέχθηκαν δύο εργαλεία αξιολόγησης τα οποία παρουσιάζονται στις υποενότητες 5.2 και 5.3 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.1: Αντιστοίχιση ερευνητικών ερωτημάτων και πλαισίου ανάλυσης.

Ερευνητικά Ερωτήματα	Πλαίσιο Ανάλυσης
Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών;	<ul style="list-style-type: none">• Πλαίσιο αξιολόγησης της ποιότητας των επιχειρημάτων.• Wilcoxon Signed Rank.
Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων;	<ul style="list-style-type: none">• Πλαίσιο αξιολόγησης των πρακτικών σχεδιασμού διερευνήσεων.• Wilcoxon Signed Rank.
Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών;	<ul style="list-style-type: none">• Πλαίσιο αξιολόγησης της ποιότητας των επιχειρημάτων.• Wilcoxon Signed Rank.
Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων;	<ul style="list-style-type: none">• Πλαίσιο αξιολόγησης των πρακτικών σχεδιασμού διερευνήσεων.• Wilcoxon Signed Rank.
Υπάρχει διαφοροποίηση στα μαθησιακά αποτελέσματα -αναφορικά με τη δομή των επιχειρημάτων και των πρακτικών σχεδίασης διερεύνησης των μαθητών- ανάμεσα στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις;	<ul style="list-style-type: none">• Mann-Witney U

5.2. Αξιολόγηση των επιχειρημάτων

Η αξιολόγηση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών πραγματοποιήθηκε με βάση τις κλίμακες διαβαθμισμένων κριτηρίων που κατασκεύασαν οι Σκουμιάς και Χατζηνικήτα (2014).

Η πρώτη κλίμακα αφορά στη δομή των απαντήσεων των μαθητών και εξετάζει την ύπαρξη και την επάρκεια των τεσσάρων συστατικών του επιχειρήματος (βλ. Πίνακα 5.2).

Πίνακας 5.2: Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης της δομής των επιχειρημάτων.

<i>Συστατικό</i>	<i>Επίπεδο 0</i>	<i>Επίπεδο 1</i>	<i>Επίπεδο 2</i>
Ισχυρισμός	Δεν προτείνει ισχυρισμό	Προτείνει ανεπαρκή ισχυρισμό	Προτείνει έναν επαρκή ισχυρισμό
Αποδεικτικά στοιχεία	Δεν προτείνει αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει επαρκή αποδεικτικά στοιχεία
Συλλογισμός	Δεν προτείνει συλλογισμό	Προτείνει ανεπαρκή συλλογισμό	Προτείνει έναν επαρκή συλλογισμό
Αντίκρουση	Δεν προτείνει αντίκρουση	Προτείνει ανεπαρκή αντίκρουση	Προτείνει μια επαρκή αντίκρουση

Πηγή: Σκουμιάς και Χατζηνικήτα, 2014.

Συγκεκριμένα για να θεωρηθεί επαρκές ένα επιχείρημα πρέπει:

- Ο ισχυρισμός να απαντά με σαφήνεια στο ερώτημα που διατυπώνεται.
- Να αναφέρονται όλα τα αποδεικτικά στοιχεία που στηρίζουν τον συγκεκριμένο ισχυρισμό.
- Ο συλλογισμός να συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία που παρατίθενται με τον ισχυρισμό που διατυπώνεται.
- Η αντίκρουση να εξηγεί με αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμό γιατί δεν μπορεί να ισχύει ένας εναλλακτικός ισχυρισμός.

Η δεύτερη κλίμακα σχετίζεται με το περιεχόμενο του επιχειρήματος και εξετάζει την καταλληλότητα των συστατικών του αναφορικά με την επιστημονική γνώση (βλ. Πίνακα 5.3). Για να θεωρηθεί κατάλληλο ένα επιχείρημα πρέπει:

- Ο ισχυρισμός που διατυπώνεται να είναι σύμφωνος με την επιστημονική γνώση.
- Τα αποδεικτικά στοιχεία να είναι κατάλληλα ώστε να στηρίζουν τον ισχυρισμό.

- Ο συλλογισμός να περιέχει τις κατάλληλες αρχές των ΦΕ οι οποίες συνδέουν τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό.
- Η αντίκρουση να περιέχει τα κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και τον κατάλληλο συλλογισμό ο οποίος θα εξηγεί γιατί δεν μπορεί να ισχύει ένας εναλλακτικός ισχυρισμός.

Πίνακας 5.3: Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης του περιεχομένου των επιχειρημάτων.

Συστατικό	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2
Ισχυρισμός	Προτείνει έναν ακατάλληλο ισχυρισμό	Προτείνει έναν μερικώς κατάλληλο ισχυρισμό	Προτείνει έναν κατάλληλο ισχυρισμό
Αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει μερικώς κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία	Προτείνει κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία
Συλλογισμός	Προτείνει έναν ακατάλληλο συλλογισμό	Προτείνει έναν μερικώς κατάλληλο συλλογισμό	Προτείνει έναν κατάλληλο συλλογισμό
Αντίκρουση	Προτείνει μια ακατάλληλη αντίκρουση	Προτείνει μια μερικώς κατάλληλη αντίκρουση	Προτείνει μια κατάλληλη αντίκρουση

Πηγή: Σκουμιός και Χατζηνικήτα, 2014.

Η τρίτη κλίμακα εξετάζει τα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων των μαθητών (βλ. Πίνακα 5.4), δηλαδή τη συγκρότηση των προτάσεων, το λεξιλόγιο και τις γλωσσικές συμβάσεις (γραμματικά, ορθογραφικά, συντακτικά λάθη ή λάθη στα σημεία στίξης). Τα γλωσσικά χαρακτηριστικά παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών.

Για να κριθεί πλήρες ένα επιχείρημα ως προς τα γλωσσικά χαρακτηριστικά του πρέπει:

- Να περιέχει πλήρεις προτάσεις με σύνθετη δομή.
- Ο μαθητής να χρησιμοποιεί εξειδικευμένο λεξιλόγιο και με συγκεκριμένες ορολογίες.
- Οι γλωσσικές συμβάσεις να μην χρησιμοποιούνται με λανθασμένο τρόπο.

Πίνακας 5.4: Κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων αξιολόγησης των γλωσσικών χαρακτηριστικών των επιχειρημάτων.

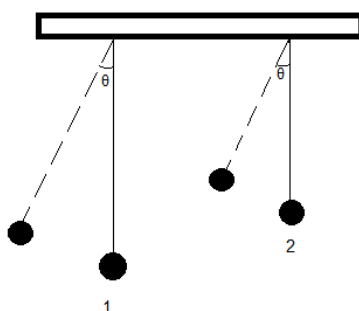
Γλωσσικά χαρακτηριστικά επιχειρήματος	Επίπεδο 0	Επίπεδο 1	Επίπεδο 2
Συγκρότηση προτάσεων	Ατελείς προτάσεις	Πλήρεις προτάσεις με απλή δομή	Πλήρεις προτάσεις με σύνθετη δομή
Λεξιλόγιο	Εσφαλμένη χρήση λέξεων	Περιορισμένο λεξιλόγιο	Εξειδικευμένο λεξιλόγιο
Γλωσσικές συμβάσεις (λάθη συντακτικά, ορθογραφικά, γραμματικά ή σημείων στίξης)	Περισσότερα από τρία λάθη	Έως τρία λάθη	Χωρίς λάθη

Πηγή: Σκουμιάς και Χατζηνικήτα, 2014.

Οι ερωτήσεις που αξιολογήθηκαν με βάση τις παραπάνω κλίμακες ήταν η ερώτηση 1, η ερώτηση 2 και η ερώτηση 3. Στην συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα στα οποία έχουν εφαρμοστεί τα παραπάνω κριτήρια, έτσι ώστε να γίνει απολύτως κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση της ποιότητας των επιχειρημάτων που διατύπωσαν οι μαθητές.

ΕΡΩΤΗΣΗ 1

Η Αρετή και η Μαρία στην κουζίνα του σπιτιού τους έχουν ένα φωτιστικό το οποίο αποτελείται από κρεμασμένες λάμπες που η καθεμιά έχει διαφορετικό μήκος καλωδίου όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1

Τα δύο κορίτσια αποφασίζουν ότι θα κάνουν ένα πείραμα προκειμένου να διαπιστώσουν ποιά από τις δύο λάμπες κινείται πιο γρήγορα όταν ξεκινούν ταυτόχρονα από την ίδια ακραία θέση. Τα βήματα που θα ακολουθήσουν είναι τα εξής: αρχικά θα τοποθετήσουν τις λάμπες

στις ακραίες θέσεις τους υπό γωνία θ όπως φαίνεται στο σχήμα. Κατόπιν θα τις αφήσουν ταυτόχρονα οπότε οι λάμπες, αφού περάσουν από την απέναντι ακραία θέση, θα επιστρέψουν τελικά στα χέρια τους έχοντας ολοκληρώσει μια ταλάντωση. Με τον τρόπο αυτό θα είναι σε θέση να ελέγξουν ποια από τις δύο λάμπες ολοκληρώνει σε λιγότερο χρόνο μια ταλάντωση. Να σημειώσουμε ότι οι δύο λάμπες είναι ακριβώς ίδιες σε διαστάσεις και βάρος.

Προτού εκτελέσουν το πείραμά τους ζητούν την γνώμη των συμμαθητών τους. Οι συμμαθητές τους έχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με το ποια λάμπα χρειάζεται λιγότερο χρόνο για να επιστρέψει στην αρχική της θέση.

Προσπάθησε να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στην παρακάτω ερώτηση της Αρετής και της Μαρίας: **Ποια λάμπα θα χρειαστεί λιγότερο χρόνο για να εκτελέσει μία ταλάντωση;**

Όταν γράφεις την απάντησή σου μην ξεχάσεις: (α) να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και (β) να πείσεις την Αρετή, την Μαρία και τους συμμαθητές τους ότι η δική σου απάντηση είναι σωστή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ 1 (μαθητής της πειραματικής ομάδας στο pre-test)

«Πιστεύω πως και οι δύο λάμπες θα χρειαστούν τον ίδιο χρόνο για να εκτελέσουν μια ταλάντωση, καθώς κατά τη γνώμη μου δεν έχει σημασία το μήκος του καλωδίου αλλά το βάρος και οι γωνίες των λαμπών που στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι ίδια».

Σχετικά με τη δομή του το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό («και οι δύο λάμπες θα χρειαστούν τον ίδιο χρόνο για να εκτελέσουν μια ταλάντωση»), αποδεικτικά στοιχεία («το βάρος και οι γωνίες των λαμπών είναι ίδια») και συλλογισμό («δεν έχει σημασία το μήκος του καλωδίου αλλά το βάρος και οι γωνίες των λαμπών»). Ως προς τη δομή:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2).
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία τα οποία είναι επαρκή (επίπεδο 2).
- Περιλαμβάνει συλλογισμό ο οποίος είναι επαρκής καθώς περιέχει μια επιστημονική αρχή και συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό (επίπεδο 2).
- Δεν περιλαμβάνει αντίκρουση (επίπεδο 0).

Ως προς το περιεχόμενο:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό ο οποίος κρίνεται ακατάλληλος (επίπεδο 0).
- Περιλαμβάνει μερικώς κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 1).
- Περιλαμβάνει συλλογισμό ο οποίος κρίνεται ακατάλληλος (επίπεδο 0).
- Δεν περιλαμβάνει αντίκρουση (επίπεδο 0).

Ως προς τα γλωσσικά χαρακτηριστικά:

- Υπάρχει μια πλήρης πρόταση με σύνθετη δομή (επίπεδο 2).
- Γίνεται χρήση εξειδικευμένου λεξιλογίου (επίπεδο 2).
- Δεν εντοπίζονται γραμματικά και συντακτικά λάθη ούτε λάθη στα σημεία στίξης (επίπεδο 2).

Συνεπώς η ποιότητα του συγκεκριμένου επιχειρήματος είναι υψηλή ως προς τη δομή, χαμηλή ως προς το περιεχόμενο και υψηλή ως προς τα γλωσσικά χαρακτηριστικά.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ 2 (μαθητής της πειραματικής ομάδας στο post-test)

«Η λάμπα που θα χρειαστεί λιγότερο χρόνο για να εκτελέσει τις ταλαντώσεις είναι αυτή στην περίπτωση 2 αφού το μήκος της λάμπας είναι μικρότερο. Σύμφωνα με την θεωρία το μήκος της λάμπας επηρεάζει το χρόνο που θα κάνει για να εκτελέσει τις ταλαντώσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί όσο μεγαλύτερο μήκος έχει τόσο περισσότερο χρόνο θα κάνει. Αν δεν επηρεάζε το μήκος τον χρόνο τότε και οι δύο θα έφταναν την ίδια στιγμή».

Σχετικά με τη δομή του το επιχείρημα περιλαμβάνει ισχυρισμό («Η λάμπα που θα χρειαστεί λιγότερο χρόνο για να εκτελέσει τις ταλαντώσεις είναι αυτή στην περίπτωση 2»), αποδεικτικά στοιχεία («στην περίπτωση 2 το μήκος της λάμπας είναι μικρότερο»), συλλογισμό («Σύμφωνα με την θεωρία το μήκος της λάμπας επηρεάζει το χρόνο που θα κάνει για να εκτελέσει τις ταλαντώσεις» , «όσο μεγαλύτερο μήκος έχει τόσο περισσότερο χρόνο θα κάνει») και αντίκρουση («Αν δεν επηρεάζε το μήκος τον χρόνο τότε και οι δύο θα έφταναν την ίδια στιγμή»). Συγκεκριμένα ως προς τη δομή του το επιχείρημα:

- Περιλαμβάνει ισχυρισμό ο οποίος κρίνεται επαρκής (επίπεδο 2).
- Περιλαμβάνει αποδεικτικά στοιχεία τα οποία είναι ανεπαρκή (επίπεδο 1).
- Περιλαμβάνει συλλογισμό ο οποίος είναι επαρκής καθώς περιέχει μια επιστημονική αρχή και συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό (επίπεδο 2).

- Περιλαμβάνει αντίκρουση η οποία κρίνεται ως ανεπαρκής (επίπεδο 1).

Ως προς το περιεχόμενο:

- Περιλαμβάνει έναν ισχυρισμό ο οποίος κρίνεται κατάλληλος (επίπεδο 2).
- Περιλαμβάνει μερικώς κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία (επίπεδο 1).
- Περιλαμβάνει μερικώς κατάλληλο συλλογισμό (επίπεδο 1).
- Περιλαμβάνει αντίκρουση η οποία κρίνεται ως μερικώς κατάλληλη (επίπεδο 1).

Ως προς τα γλωσσικά χαρακτηριστικά:

- Υπάρχουν πλήρεις προτάσεις με απλή δομή (επίπεδο 1).
- Το λεξιλόγιο κρίνεται ως περιορισμένο (επίπεδο 1).
- Εντοπίζονται ορισμένα λάθη όσον αφορά τις γλωσσικές συμβάσεις (επίπεδο 1).

Η ποιότητα του συγκεκριμένου επιχειρήματος είναι μέση προς υψηλή ως προς τη δομή, μέση ως προς το περιεχόμενο και μέση ως προς τα γλωσσικά χαρακτηριστικά.

5.3. Αξιολόγηση των πρακτικών σχεδίασης διερευνήσεων

Για την αξιολόγηση των πρακτικών σχεδίασης διερευνήσεων των μαθητών χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένες κλίμακες διαβαθμισμένης αξιολόγησης για κάθε ένα από τα ερωτήματα που τέθηκαν (Arnold, Kremer & Mayer, 2014).

Πιο συγκεκριμένα, για την ανάλυση της ερώτησης 4, η οποία ζητά από τους μαθητές να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα, χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα του Πίνακα 5.5.

Πίνακας 5.5: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 4 (διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος).

<i>Επίπεδα</i>	<i>Περιγραφή</i>
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει ένα ερώτημα
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει ένα μη σχετικό ερώτημα
Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερώτημα
Επίπεδο 3	Ο μαθητής προτείνει ένα σχετικό και πλήρες ερώτημα

Για την ανάλυση της ερώτησης 5, η οποία ζητά από τους μαθητές να διατυπώσουν μια υπόθεση, χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα του Πίνακα 5.6.

Πίνακας 5.6: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 5 (διατύπωση υπόθεσης).

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει καμία υπόθεση
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει μια μη σχετική υπόθεση
Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει μια σχετική υπόθεση με ακατάλληλο περιεχόμενο
Επίπεδο 3	Ο μαθητής προτείνει μια σχετική υπόθεση με κατάλληλο περιεχόμενο

Η ερώτηση 6, η οποία ζητά από τους μαθητές να εντοπίσουν την ανεξάρτητη μεταβλητή του προβλήματος, αξιολογήθηκε με βάση την κλίμακα του Πίνακα 5.7.

Πίνακας 5.7: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 6 (εντοπισμός ανεξάρτητης μεταβλητής).

Επίπεδα	Περιγραφή
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή ή αναφέρει περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει μια μη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή
Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή

Η ερώτηση 7, η οποία ζητά από τους μαθητές να αναγνωρίσουν ποιους παράγοντες θα πρέπει να κρατούν σταθερούς κατά τη διερεύνησή τους, αξιολογήθηκε με βάση την κλίμακα του Πίνακα 5.8.

Πίνακας 5.8: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 7 (εντοπισμός μεταβλητών ελέγχου).

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

Τέλος για την αξιολόγηση της ερώτησης 8, η οποία ζητά από τους μαθητές να σχεδιάσουν το πλάνο της έρευνας που θα πραγματοποιήσουν και να περιγράψουν όσο πιο αναλυτικά μπορούν τα βήματα που θα ακολουθήσουν, χρησιμοποιήθηκε η κλίμακα του Πίνακα 5.9.

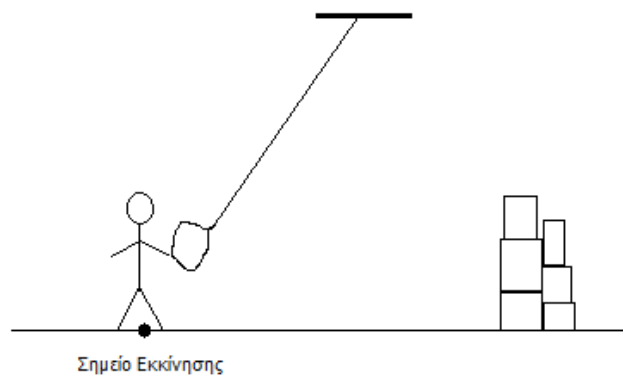
Πίνακας 5.9: Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 8 (διατύπωση πλάνου για έρευνα).

<i>Επίπεδα</i>	<i>Περιγραφή</i>
Επίπεδο 0	Ο μαθητής δεν προτείνει πειραματική διαδικασία.
Επίπεδο 1	Ο μαθητής προτείνει μη σχετική πειραματική διαδικασία.
Επίπεδο 2	Ο μαθητής προτείνει πειραματική διαδικασία και κάνει σαφή αναφορά σε 1 έως 3 από τα παρακάτω: στην ανεξάρτητη μεταβλητή, της μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης.
Επίπεδο 3	Ο μαθητής προτείνει πειραματική διαδικασία και κάνει σαφή αναφορά στην ανεξάρτητη μεταβλητή, τις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης.

Στο σημείο αυτό παρουσιάζονται ορισμένα ενδεικτικά παραδείγματα που επεξηγούν τον τρόπο με τον οποίο τα παραπάνω κριτήρια εφαρμόστηκαν στις απαντήσεις των μαθητών.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Στο χωριό του Νικόλα τα παιδιά έχουν κατασκευάσει ένα αυτοσχέδιο παιχνίδι που αποτελείται από ένα σακί γεμάτο με χώμα το οποίο χρησιμοποιούν για να γκρεμίζουν στοίβες από άδεια χαρτόκουτα. Αναλόγως με το πλήθος των χαρτόκουτων που πέφτουν τα παιδιά παίρνουν πόντους και νικητής είναι εκείνος που θα φτάσει πρώτος τους 20 πόντους. Ωστόσο τα παιδιά παραπονιούνται ότι το σακί κινείται πολύ αργά και καθυστερεί να φτάσει στα χαρτόκουτα με αποτέλεσμα να μην προλαβαίνουν να παίξουν πολλά παιχνίδια στον ελεύθερο χρόνο τους. Ο Νικόλας πιστεύει ότι η λύση στο πρόβλημά τους είναι να γεμίσουν το σακί με περισσότερο χώμα έτσι ώστε να γίνει πιο βαρύ και να κινείται γρηγορότερα προς τα χαρτόκουτα. Η φίλη του η Ελένη όμως διαφωνεί με την άποψή του και ισχυρίζεται ότι θα πρέπει να αδειάσουν χώμα από το σακί ώστε να γίνει ελαφρύτερο και θεωρεί ότι με τον τρόπο αυτό θα φτάνει γρηγορότερα στα χαρτόκουτα-στόχους.



Για να ελέγξουν τις ιδέες τους αποφάσισαν να κάνουν ένα πείραμα. Ζητούν την βοήθειά σου στον σχεδιασμό και στην οργάνωση του πειράματος που θα πραγματοποιήσουν.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ 1 (μαθητής της πειραματικής ομάδας στο pre-test)

Ερώτηση 4: Ποιό είναι το ερώτημα που έχουν να ερευνήσουν;

Απάντηση 4: «Το ερώτημα που έχουν να ερευνήσουν τα δύο παιδιά είναι άμα αλλάζουν το βάρος του σακιού αν θα αλλάξει ο χρόνος που κάνει για μία ταλάντωση».

Ο μαθητής προτείνει ένα σχετικό και πλήρες ερώτημα (επίπεδο 3).

Ερώτηση 5: Ποια θα μπορούσε να είναι μια απάντηση στο ερώτημα που έχουν να ερευνήσουν;

Απάντηση 5: « Αν το σακί είναι πιο βαρύ δηλαδή έχει περισσότερο χόμα, τότε θα κάνει λιγότερο χρόνο».

Ο μαθητής προτείνει μια σχετική υπόθεση με ακατάλληλο περιεχόμενο (επίπεδο 2).

Ερώτηση 6: Τι θα πρέπει να αλλάζουν στην έρευνα που θα κάνουν;

Απάντηση 6: «Τα παιδιά θα πρέπει να βάζουν ή να βγάζουν το χόμα δηλαδή να αλλάζουν το βάρος των σακιών».

Ο μαθητής καταγράφει την ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 2).

Ερώτηση 7: Τι θα πρέπει να μην αλλάζουν στην έρευνα που θα κάνουν;

Απάντηση 7: «Τα παιδιά δεν θα πρέπει να αλλάζουν το ύψος το οποίο θα ξεκινάει η ταλάντωση».

Ο μαθητής προτείνει μία μεταβλητή ελέγχου με ασαφή τρόπο (επίπεδο 1).

Ερώτηση 8: Να περιγράψεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς τη διαδικασία που θα κάνουν προκειμένου να απαντήσουν στο ερώτημα που έχουν να ερευνήσουν.

Απάντηση 8: «Τα παιδιά θα πρέπει να αλλάζουν το χόμα στο σακί δηλαδή να μεγαλώνουν ή να μικραίνουν το βάρος που περιέχει το σακί αλλά να μην αλλάζουν το ύψος που θα πέφτει. Κάθε φορά που θα αλλάζουν το βάρος θα πρέπει να καταγράφουν τον χρόνο τον οποίο κάνει το σακί για να φτάσει στα κουτιά».

Ο μαθητής προτείνει πειραματική διαδικασία και κάνει σαφή αναφορά στην ανεξάρτητη και στην εξαρτημένη μεταβλητή καθώς και στο όργανο της μέτρησης (επίπεδο 2).

ΑΠΑΝΤΗΣΗ 2 (μαθητής της πειραματικής ομάδας στο post-test)

Ερώτηση 4: Ποιό είναι το ερώτημα που έχουν να ερευνήσουν;

Απάντηση 4: «Αν παίζει ρόλο το βάρος του εκκρεμούς για την εκτέλεση γρηγορότερων ταλαντώσεων».

Ο μαθητής προτείνει ένα σχετικό και πλήρες ερώτημα (επίπεδο 3).

Ερώτηση 5: Ποια θα μπορούσε να είναι μια απάντηση στο ερώτημα που έχουν να ερευνήσουν;

Απάντηση 5: «Ότι δεν παίζει ρόλο το βάρος».

Ο μαθητής προτείνει μια σχετική υπόθεση με κατάλληλο περιεχόμενο (επίπεδο 3).

Ερώτηση 6: Τι θα πρέπει να αλλάζουν στην έρευνα που θα κάνουν;

Απάντηση 6: «Το βάρος του εκκρεμούς».

Ο μαθητής προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή (επίπεδο 2).

Ερώτηση 7: Τι θα πρέπει να μην αλλάζουν στην έρευνα που θα κάνουν;

Απάντηση 7: «Το μήκος της αλυσίδας και το μέρος από το οποίο θα αρχίσουν».

Ο μαθητής προτείνει δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 2).

Ερώτηση 8: Να περιγράψεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς τη διαδικασία που θα κάνουν προκειμένου να απαντήσουν στο ερώτημα που έχουν να ερευνήσουν.

Απάντηση 8: «Θα αλλάζουν μόνο το μέγεθος του βάρους, άλλοτε θα το μικραίνουν και άλλοτε θα το αυξάνουν, θα αρχίζουν από το ίδιο μέρος με το ίδιο μήκος αλυσίδας και θα χρονομετρήσουν πόσο χρόνο θα χρειαστούν να εκτελέσουν τις ταλαντώσεις».

Ο μαθητής προτείνει πειραματική διαδικασία και κάνει σαφή αναφορά στην ανεξάρτητη και στην εξαρτημένη μεταβλητή, σε δύο μεταβλητές ελέγχου και στο όργανο μέτρησης (επίπεδο 3).

5.4. Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού πακέτου SPSS (Statistical Package for Social Sciences). Μέσα από την ανάλυση του πρώτου μέρους των ερωτηματολογίων προέκυψαν οι συχνότητες εμφάνισης και τα αντίστοιχα ποσοστά εμφάνισης των τριών επιπέδων για κάθε ένα από τα συστατικά των επιχειρημάτων που διατύπωσαν οι μαθητές αναφορικά με τη δομή και το περιεχόμενό τους. Επίσης προσδιορίστηκαν οι συχνότητες εμφάνισης και τα αντίστοιχα ποσοστά εμφάνισης των τριών επιπέδων αναφορικά με τα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων των μαθητών. Στη συνέχεια, μέσα από την ανάλυση του δεύτερου μέρους του ερωτηματολογίου, προέκυψαν οι συχνότητες εμφάνισης και τα αντίστοιχα ποσοστά εμφάνισης των τεσσάρων επιπέδων για κάθε μία από τις επιμέρους πρακτικές σχεδιασμού διερεύνησης. Συγκεκριμένα εξετάστηκαν οι εξής πρακτικές: η υποβολή ερωτήματος, η διατύπωση υπόθεσης, ο εντοπισμός της ανεξάρτητης μεταβλητής, ο εντοπισμός των μεταβλητών ελέγχου και η διατύπωση πλάνου για έρευνα.

Για τη διερεύνηση της στατιστικής σημαντικότητας της διαφοροποίησης μεταξύ των δύο ανεξάρτητων ομάδων του δείγματος (ομάδας ελέγχου και πειραματικής ομάδας) διενεργήθηκε ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Witney U με επίπεδο σημαντικότητας.....

Για τη διερεύνηση της στατιστικής σημαντικότητας της διαφοροποίησης των εξαρτημένων ομάδων του δείγματος (πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις) διενεργήθηκε ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed Rank με επίπεδο σημαντικότητας.....

Αρχικά πραγματοποιήθηκε η σύγκριση ανάμεσα στην πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου μέσω του κριτηρίου Mann-Witney U, ώστε να ελεγχθεί εάν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στη δομή και στο περιεχόμενο των συστατικών των επιχειρημάτων καθώς και στα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές της κάθε ομάδας πριν την παρακολούθηση της διδασκαλίας. Έπειτα έγινε σύγκριση ανάμεσα στην πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου μέσω του κριτηρίου Mann-Witney U, ώστε να ελεγχθεί εάν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στις πρακτικές που χρησιμοποιούν οι μαθητές της κάθε ομάδας όταν καλούνται να σχεδιάσουν διερευνήσεις πριν την παρακολούθηση της διδασκαλίας.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος μέσω του κριτηρίου Wilcoxon Signed Rank, ώστε να εντοπιστεί εάν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά αναφορικά με τη δομή και

το περιεχόμενο των συστατικών των επιχειρημάτων καθώς και με τα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές της κάθε ομάδας πριν και μετά τη διδακτική ακολουθία την οποία παρακολούθησαν. Έπειτα πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος μέσω του κριτηρίου Wilcoxon Signed Rank, ώστε να εντοπιστεί εάν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στις πρακτικές που χρησιμοποιούν οι μαθητές της κάθε ομάδας πριν και μετά τη διδακτική ακολουθία την οποία παρακολούθησαν.

Εν συνεχεία πραγματοποιήθηκε σύγκριση ανάμεσα στην πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου μέσω του κριτηρίου Mann-Witney U, ώστε να ελεγχθεί εάν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στη μεταβολή της ποιότητας της δομής και του περιεχομένου των συστατικών των επιχειρημάτων καθώς και των γλωσσικών χαρακτηριστικών των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές της κάθε ομάδας μετά την παρακολούθηση της διδασκαλίας. Τέλος έγινε σύγκριση ανάμεσα στην πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου μέσω του κριτηρίου Mann-Witney U, ώστε να ελεγχθεί εάν υπάρχει στατιστικώς σημαντική διαφορά στην χρήση των πρακτικών που χρησιμοποιούν οι μαθητές της κάθε ομάδας όταν καλούνται να σχεδιάσουν διερευνήσεις μετά την παρακολούθηση της διδασκαλίας.

5.5. Ανακεφαλαίωση

Στο παρόν κεφάλαιο επεξηγήθηκε η μέθοδος ανάλυσης των δεδομένων που συλλέχθηκαν η οποία απαρτίζεται από δύο πλαίσια αξιολόγησης. Το ένα πλαίσιο αξιολόγησης αφορά στη δομή και την επάρκεια των συστατικών των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές καθώς και στα γλωσσικά χαρακτηριστικά τους. Το δεύτερο πλαίσιο σχετίζεται με την αξιολόγηση των πρακτικών που χρησιμοποιούν οι μαθητές όταν καλούνται να σχεδιάσουν διερευνήσεις. Έπειτα από την περιγραφή του κάθε πλαισίου παρουσιάστηκαν ορισμένα παραδείγματα ούτως ώστε να γίνει κατανοητός ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζεται στις γραπτές απαντήσεις των μαθητών. Τέλος παρουσιάστηκε η διαδικασία που ακολουθήθηκε για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων της έρευνας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

6.1 Εισαγωγή

Το παρόν κεφάλαιο περιλαμβάνει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας και αποτελείται από τέσσερεις ενότητες. Στην πρώτη ενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που αφορούν στη συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών (βλ. ενότητα 6.2). Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικά με τη συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών (βλ. ενότητα 6.3). Στην τρίτη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα σχετικά με τη συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές (βλ. ενότητα 6.4). Η τέταρτη ενότητα περιέχει τα αποτελέσματα των διδακτικών παρεμβάσεων αναφορικά με τις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων που χρησιμοποιούν οι μαθητές (βλ. ενότητα 6.5).

6.2 Συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών

Στη ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της συμβολής των διδακτικών ακολουθιών στη δομή των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές. Η ενότητα χωρίζεται σε 4 επιμέρους υποενότητες. Η πρώτη υποενότητα περιέχει τα αποτελέσματα αναφορικά με την επάρκεια των ισχυρισμών των επιχειρημάτων (βλ. υποενότητα 6.2.1), η δεύτερη περιέχει τα αποτελέσματα αναφορικά με την επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων (βλ. υποενότητα 6.2.2), η τρίτη υποενότητα περιέχει τα αποτελέσματα αναφορικά με την επάρκεια των συλλογισμών (βλ. υποενότητα 6.2.3) και η τέταρτη υποενότητα περιέχει τα αποτελέσματα αναφορικά με την επάρκεια των αντικρούσεων (βλ. υποενότητα 6.2.4).

6.2.1 Επάρκεια ισχυρισμών

Σχετικά με την επάρκεια των ισχυρισμών των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας παρατηρήθηκε ότι πριν τη διδακτική ακολουθία η πλειοψηφία

(72,5%) διατύπωνε ισχυρισμούς επιπέδου 2, μικρότερο ποσοστό διατύπωνε ισχυρισμούς επιπέδου 1 (26,1%), ενώ ένα ελάχιστο ποσοστό μαθητών (1,4%) διατύπωνε ισχυρισμούς επιπέδου 0 (βλ. Πίνακα 6.1). Μετά την εφαρμογή της διδακτικής ακολουθίας αυξήθηκε το ποσοστό των ισχυρισμών επιπέδου 2 (82,6%) και μειώθηκε το ποσοστό των ισχυρισμών επιπέδου 1 (17,4%), ενώ το ποσοστό των ισχυρισμών επιπέδου 0 μηδενίστηκε.

Επιπλέον, σχετικά με την επάρκεια των ισχυρισμών της ομάδας ελέγχου (βλ. Πίνακα 6.1) παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές προτού παρακολουθήσουν τη διδακτική παρέμβαση διατύπωναν κυρίως ισχυρισμούς επιπέδου 2 (81,8%), λιγότεροι διατύπωναν ισχυρισμούς επιπέδου 1 (16,7%) και ελάχιστοι διατύπωναν ισχυρισμούς επιπέδου 0 (1,5%). Μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης αυξήθηκαν τα ποσοστά των μαθητών που διατύπωναν ισχυρισμούς επιπέδου 0 (3%) και επιπέδου 1 (21,2), ενώ μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών που διατύπωναν ισχυρισμούς επιπέδου 2 (75,8%).

Πίνακας 6.1: Η επάρκεια των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Επάρκεια ισχυρισμών	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	1	1,4	0	0	1	1,5	2	3
Επίπεδο 1	18	26,1	12	17,4	11	16,7	14	21,2
Επίπεδο 2	50	72,5	57	82,6	54	81,8	50	75,8

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=2067,5$, $p=0,358$. Όμως, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z=-2,828$, $p=0,005$, καθώς επίσης και της ομάδας ελέγχου, $Z=-2,236$, $p=0,025$. Επιπρόσθετα, ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι διαφοροποιείται σημαντικά η βελτίωση στα επίπεδα επάρκειας των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας σε σχέση με την

αντίστοιχη βελτίωση των επιπέδων επάρκειας των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της ομάδας ελέγχου, $U=1860,5$, $p=0,000$.

Συνεπώς, διαπιστώνεται ότι μέσω και των δύο διδακτικών παρεμβάσεων βελτιώθηκε σημαντικά η επάρκεια των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών. Ωστόσο, η βελτίωση ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στους μαθητές της πειραματικής ομάδας.

6.2.2 Επάρκεια αποδεικτικών στοιχείων

Αναφορικά με την επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων (βλ. Πίνακα 6.2) παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας πριν τη διδακτική παρέμβαση πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 1 σε μεγάλο ποσοστό (68,1%), ένα αρκετά μικρότερο ποσοστό μαθητών πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 0 (20,3%) και λιγότεροι μαθητές πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 2 (20,3%). Μετά τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό των μαθητών που διατύπωναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 1 έμεινε αμετάβλητο (68,1%), το ποσοστό των μαθητών που διατύπωναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 0 παρουσίασε μικρή άνοδο (24,6%) και το ποσοστό των μαθητών που διατύπωνε αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 2 παρουσίασε μικρή πτώση (7,3%).

Αναφορικά με την επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποίησαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου στα επιχειρήματά τους (βλ. Πίνακα 6.2) προέκυψε ότι η πλειοψηφία των μαθητών πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 1 (83,3%), ένα μικρότερο ποσοστό μαθητών πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 0 (15,2%) και ελάχιστοι μαθητές πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 2 (1,5%). Ύστερα από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης αυξήθηκε το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 0 (22,7%) καθώς και αυτών που πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 2 (4,5%), όμως μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 1 (72,7%).

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=2197,5$, $p=0,726$. Όμως, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z=-2,449$, $p=0,014$, ενώ δε

διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών της ομάδας ελέγχου, ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ $Z = -1,134$, $p = 0,257$.

Πίνακας 6.2: Η επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Επάρκεια αποδεικτικών στοιχείων	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	F	f %	F	f %	f	f %
Επίπεδο 0	14	20,3	17	24,6	10	15,2	15	22,7
Επίπεδο 1	47	68,1	47	68,1	55	83,3	48	72,7
Επίπεδο 2	8	11,6	5	7,3	1	1,5	3	4,5

Συνεπώς, προκύπτει ότι η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην πειραματική ομάδα συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της επάρκειας των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών, ενώ η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην ομάδα ελέγχου δεν επέφερε σημαντική βελτίωση στην επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών.

6.2.3 Επάρκεια συλλογισμών

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων που αφορούν στην επάρκεια των συλλογισμών που περιέχονται στα επιχειρήματα των μαθητών της πειραματικής ομάδας (βλ. Πίνακα 6.3) έδειξε ότι πριν τη διδακτική ακολουθία η πλειοψηφία των μαθητών διατύπωνε συλλογισμούς επιπέδου 1 (55,1%), αρκετοί μαθητές διατύπωναν ισχυρισμούς επιπέδου 0 (40,6%) ενώ ένα πολύ μικρό ποσοστό διατύπωναν ισχυρισμούς επιπέδου 2 (4,3). Μετά από τη διδασκαλία αυξήθηκε το ποσοστό των συλλογισμών επιπέδου 2 (14,5%) και μειώθηκε το ποσοστό των συλλογισμών επιπέδου 0 (34,7%) και επιπέδου 1 (50,7%).

Επιπλέον η ανάλυση των αποτελεσμάτων που αφορούν στην επάρκεια των συλλογισμών που διατύπωναν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου (βλ. Πίνακα 6.3) έδειξε πως οι περισσότεροι εξ' αυτών πριν τη διδακτική ακολουθία διατύπωναν συλλογισμούς επιπέδου 0 (51,5%) και

ελάχιστα λιγότεροι διατύπωναν συλλογισμούς επιπέδου 1 (45,5%). Μια πολύ μικρή μερίδα μαθητών διατύπωνε συλλογισμούς επιπέδου 2 (3%). Μετά από τη διδακτική ακολουθία υπήρξαν μικρές διαφοροποιήσεις, με το ποσοστό των συλλογισμών επιπέδου 0 να αυξάνεται ελαφρώς (57,6%), το ποσοστό συλλογισμών επιπέδου 1 να παρουσιάζει μικρή μείωση (36,4%) και το ποσοστό συλλογισμών επιπέδου 2 να διπλασιάζεται (6%).

Πίνακας 6.3: Η επάρκεια των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Επάρκεια συλλογισμών	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	F	f %	f	f %
Επίπεδο 0	28	40,6	24	34,8	34	51,5	38	57,6
Επίπεδο 1	38	55,1	35	50,7	30	45,5	24	36,4
Επίπεδο 2	3	4,3	10	14,5	2	3	4	6

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ , $U=2303$, $p=0,459$. Ωστόσο, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ, $Z= -3,317$, $p=0,001$, ενώ δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της ομάδας ελέγχου ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z= -0,816$, $p=0,414$.

Προκύπτει λοιπόν το συμπέρασμα ότι η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην πειραματική ομάδα συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της επάρκειας των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών, ενώ αντιθέτως η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην ομάδα ελέγχου δεν επέφερε σημαντική βελτίωση στην επάρκεια των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών.

6.2.4 Επάρκεια αντικρούσεων

Αναφορικά με την επάρκεια των αντικρούσεων που προτείνουν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας πριν την παρακολούθηση της διδακτικής ακολουθίας (βλ. Πίνακα 6.4) προέκυψε ότι όλοι οι μαθητές ανεξαιρέτως διατυπώνουν αντικρούσεις επιπέδου 0 (100%), ενώ μετά την παρακολούθηση της διδακτικής ακολουθίας αυξάνονται τα ποσοστά των μαθητών που διατυπώνουν αντικρούσεις επιπέδου 2 (5,8%) και επιπέδου 1 (1,4%) και μειώνονται οι αντικρούσεις επιπέδου 0 (92,8%).

Αντίστοιχα, όσον αφορά την επάρκεια των αντικρούσεων που πρότειναν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου προτού παρακολουθήσουν τη μαθησιακή ακολουθία (βλ. Πίνακα 6.4) προέκυψε ότι όλοι οι μαθητές διατύπωσαν αντικρούσεις επιπέδου 0 (100%), ποσοστό το οποίο παρέμεινε αμετάβλητο και μετά την παρακολούθηση της μαθησιακής ακολουθίας.

Πίνακας 6.4: Η επάρκεια των αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Επάρκεια αντικρούσεων	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	69	100	64	92,8	66	100	66	100
Επίπεδο 1	0	0	1	1,4	0	0	0	0
Επίπεδο 2	0	0	4	5,8	0	0	0	0

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των αντικρούσεων που διατυπώνουν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=2277$, $p=1$. Όμως ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z= -2,121$, $p=0,034$, αλλά δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα επάρκειας των αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών της ομάδας ελέγχου ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z= 0,000$, $p=1$.

Κατ' επέκταση προκύπτει το συμπέρασμα ότι η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην πειραματική ομάδα συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της επάρκειας των

αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών, ενώ αντιθέτως η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην ομάδα ελέγχου δεν επέφερε διαφοροποιήσεις στην επάρκεια των αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών.

6.3 Συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών

Στην παράγραφο αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στη μελέτη της συμβολής των διδακτικών παρεμβάσεων στο περιεχόμενο των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές. Συγκεκριμένα στην πρώτη υποενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με το περιεχόμενο των ισχυρισμών των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές (βλ. υποενότητα 6.3.1). Στην δεύτερη υποενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με το περιεχόμενο των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές (βλ. υποενότητα 6.3.2). Στην τρίτη υποενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με το περιεχόμενο των συλλογισμών των επιχειρημάτων (βλ. υποενότητα 6.3.3) και στην τέταρτη υποενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με το περιεχόμενο των αντικρούσεων των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές (βλ. υποενότητα 6.3.4).

6.3.1 Καταλληλότητα ισχυρισμών

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη του περιεχομένου των ισχυρισμών που διατύπωσαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας πριν την εφαρμογή της μαθησιακής ακολουθίας (βλ. Πίνακα 6.5) έδειξαν ότι το μεγαλύτερο πλήθος των μαθητών πρότειναν ισχυρισμούς επιπέδου 0 (53,6%), ένα μικρότερο πλήθος μαθητών πρότειναν ισχυρισμούς επιπέδου 2 (36,2%) και οι υπόλοιποι μαθητές πρότειναν ισχυρισμούς επιπέδου 1 (10,2%). Μετά τη μαθησιακή ακολουθία αυξήθηκε σημαντικά το ποσοστό των μαθητών που διατύπωσαν ισχυρισμούς επιπέδου 2 (60,9%), ενώ μειώθηκε αισθητά το ποσοστό των μαθητών που διατύπωσαν ισχυρισμούς επιπέδου 0 (30,4%). Οι μαθητές που διατύπωσαν ισχυρισμούς επιπέδου 1 παρουσίασαν μικρή μείωση (8,7%).

Πίνακας 6.5: Το περιεχόμενο των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (*f* και *f*%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Περιεχόμενο ισχυρισμών	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
Επίπεδο 0	37	53,6	21	30,4	28	42,5	22	33,3
Επίπεδο 1	7	10,2	6	8,7	2	3	9	13,6
Επίπεδο 2	25	36,2	42	60,9	36	54,5	35	53

Η μελέτη των αποτελεσμάτων που προέκυψαν αναφορικά με το περιεχόμενο των ισχυρισμών της ομάδας ελέγχου (βλ. Πίνακα 6.5) έδειξε πως πριν τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν ισχυρισμούς επιπέδου 2 (54,5%) και αρκετοί πρότειναν ισχυρισμούς επιπέδου 0 (42,5%), ενώ ελάχιστοι ήταν εκείνοι που πρότειναν ισχυρισμούς επιπέδου 1 (3%). Μετά από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης η αυξήθηκε το ποσοστό διατύπωσης ισχυρισμών επιπέδου 1 (13,6%), ενώ μειώθηκε το ποσοστό διατύπωσης ισχυρισμών επιπέδου 0 (33,3%). Επίσης το ποσοστό διατύπωσης ισχυρισμών επιπέδου 2 εμφάνισε πολύ μικρή μείωση (53%).

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα καταλληλότητας των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=1921$, $p=0,119$. Επιπλέον, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα καταλληλότητας των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας μεταξύ του προ-τεστ και του μετά-τεστ, $Z= -4,332$, $p=0,000$, ενώ αντιθέτως δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα καταλληλότητας των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της ομάδας ελέγχου μεταξύ του προ-τεστ και του μετά-τεστ, $Z= -1,890$, $p=0,059$.

Διαπιστώνεται συνεπώς ότι η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην πειραματική ομάδα συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της καταλληλότητας των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών, ενώ η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην ομάδα ελέγχου δεν επέφερε σημαντική βελτίωση στην καταλληλότητα των ισχυρισμών των επιχειρημάτων των μαθητών.

6.3.2 Καταλληλότητα αποδεικτικών στοιχείων

Αναφορικά με την καταλληλότητα των αποδεικτικών στοιχείων που περιέχονταν στα επιχειρήματα των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν την παρακολούθηση της διδακτικής ακολουθίας (βλ Πίνακα 6.6) προέκυψε ότι η πλειοψηφία των μαθητών πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 0 (58%), λιγότεροι μαθητές πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 1 (39,1%) και ελάχιστοι μαθητές πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 2 (2,9%). Μετά από την εφαρμογή της διδακτικής ακολουθίας αυξήθηκε το πλήθος των μαθητών που προτείνουν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 2 (7,2%) καθώς και το πλήθος των μαθητών που προτείνουν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 1 (47,8%). Αντιθέτως οι μαθητές που προτείνουν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 0 παρουσίασαν μείωση (45%).

Πίνακας 6.6: Το περιεχόμενο των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Περιεχόμενο αποδεικτικών στοιχείων	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	40	58	31	45	50	75,8	40	60,6
Επίπεδο 1	27	39,1	33	47,8	15	22,7	26	39,4
Επίπεδο 2	2	2,9	5	7,2	1	1,5	0	0

Σχετικά με το περιεχόμενο των αποδεικτικών στοιχείων που χρησιμοποίησαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου στα επιχειρήματά τους (βλ. Πίνακα 6.6) βρέθηκε ότι πριν τη διδακτική ακολουθία οι μαθητές πρότειναν στην πλειοψηφία τους αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 0 (75,8%), αρκετά λιγότεροι πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 1 (22,7%) και ένα πολύ μικρό ποσοστό μαθητών πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 2 (1,5%). Ύστερα από τη διδακτική ακολουθία παρουσίασε μείωση το ποσοστό των μαθητών της ομάδας ελέγχου που πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 0 (60,65) και επιπέδου 2 (0%), ενώ παρουσίασε άνοδο το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν αποδεικτικά στοιχεία επιπέδου 1 (39,4%).

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα καταλληλότητας των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=1870,5$, $p=0,073$. Επίσης ο

μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα καταλληλότητας των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ , $Z= -3,464$, $p=0,001$ καθώς επίσης και της ομάδας ελέγχου, $Z= -3,357$, $p=0,001$. Επιπροσθέτως, ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιείται σημαντικά η βελτίωση στα επίπεδα καταλληλότητας των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας σε σχέση με την αντίστοιχη βελτίωση των επιπέδων των καταλληλότητας των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών της ομάδας ελέγχου, $U=2218,5$, $p=0,710$.

Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι μέσω και των δύο διδακτικών παρεμβάσεων βελτιώθηκε σημαντικά η καταλληλότητα των αποδεικτικών στοιχείων των επιχειρημάτων των μαθητών.

6.3.3 Καταλληλότητα συλλογισμών

Σχετικά με την καταλληλότητα των συλλογισμών των μαθητών της πειραματικής ομάδας (βλ. Πίνακα 6.7) παρατηρήθηκε ότι πριν την διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές διατύπωναν συλλογισμούς επιπέδου 0 (81,2%), λίγοι μαθητές διατύπωναν συλλογισμούς επιπέδου 1 (17,4%) και ακόμη μικρότερο ήταν το ποσοστό των μαθητών που διατύπωναν συλλογισμούς επιπέδου 2 (1,4%). Μετά από τη διδακτική παρέμβαση αυξήθηκαν τα ποσοστά των μαθητών που διατύπωναν συλλογισμούς επιπέδου 2 (13%) και επιπέδου 1 (30,4%) ενώ το μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών που διατύπωναν συλλογισμούς επιπέδου 0 (56,5%).

Όσον αφορά την ομάδα ελέγχου, η ανάλυση των αποτελεσμάτων (βλ. Πίνακα 6.7) έδειξε ότι πριν από τη διδακτική παρέμβαση σχεδόν όλοι οι μαθητές διατύπωναν συλλογισμούς επιπέδου 0 (97%) και μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό μαθητών διατύπωνε συλλογισμούς επιπέδου 1 (3%). Μετά από τη διδακτική παρέμβαση μειώθηκε το ποσοστό των απαντήσεων που περιείχαν συλλογισμούς επιπέδου 0 (89,4%) και αυξήθηκε το ποσοστό των απαντήσεων που περιείχαν συλλογισμούς επιπέδου 1 (10,6%). Να σημειώσουμε ότι ούτε πριν αλλά ούτε μετά τη διδακτική παρέμβαση υπήρχαν μαθητές που να διατυπώνουν συλλογισμούς επιπέδου 2.

Πίνακας 6.7: Το περιεχόμενο των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (*f* και *f*%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Περιεχόμενο συλλογισμών	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %	<i>f</i>	<i>f</i> %
Επίπεδο 0	56	81,2	39	56,5	64	97	59	89,4
Επίπεδο 1	12	17,4	21	30,4	2	3	7	10,6
Επίπεδο 2	1	1,4	9	13	0	0	0	0

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα καταλληλότητας των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=1916$, $p=0,112$. Ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα καταλληλότητας των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z= -5,000$, $p=0,000$, καθώς επίσης και της ομάδας ελέγχου, $Z= -2,236$, $p=0,025$. Ωστόσο ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι διαφοροποιείται σημαντικά η βελτίωση στα επίπεδα καταλληλότητας των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας σε σχέση με την αντίστοιχη βελτίωση των επιπέδων καταλληλότητας των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών της ομάδας ελέγχου, $U=1624,5$, $p=0,000$.

Επομένως προκύπτει το συμπέρασμα ότι και οι δύο διδακτικές παρεμβάσεις οδήγησαν στη βελτίωση της καταλληλότητας των συλλογισμών των επιχειρημάτων των μαθητών. Ωστόσο η βελτίωση ήταν σημαντικά μεγαλύτερη στου μαθητές της πειραματικής ομάδας.

6.3.4 Καταλληλότητα αντικρούσεων

Πριν από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης όλοι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας διατύπωναν αντικρούσεις επιπέδου 0 ως προς το περιεχόμενό τους (βλ. Πίνακα 6.8). Μετά από τη διδακτική παρέμβαση διαφοροποιήθηκαν λίγο τα ποσοστά και παρουσιάστηκε μικρή άνοδος στο ποσοστό των μαθητών που διατύπωναν αντικρούσεις επιπέδου 2 (2,9%) και επιπέδου 1 (2,9%), ενώ μειώθηκε ελάχιστα το ποσοστό των μαθητών που διατύπωναν αντικρούσεις επιπέδου 0 (94,2%).

Πίνακας 6.8: Το περιεχόμενο των αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Περιεχόμενο αντικρούσεων	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	69	100	65	94,2	66	100	66	100
Επίπεδο 1	0	0	2	2,9	0	0	0	0
Επίπεδο 2	0	0	2	2,9	0	0	0	0

Σχετικά με την καταλληλότητα των αντικρούσεων της ομάδας ελέγχου (βλ. Πίνακα 6.8) προέκυψε ότι τόσο πριν όσο και μετά τη διδακτική ακολουθία όλοι οι μαθητές πρότειναν αντικρούσεις επιπέδου 0 (100%).

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα καταλληλότητας των αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=2277$, $p=1$. Επιπλέον, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα καταλληλότητας των αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z= -1,857$, $p=0,063$ καθώς επίσης και της ομάδας ελέγχου, $Z= 0,000$, $p=1$.

Έτσι προκύπτει η διαπίστωση πως καμία από τις δύο διδακτικές παρεμβάσεις δεν επέφερε σημαντική βελτίωση στην καταλληλότητα των αντικρούσεων των επιχειρημάτων των μαθητών.

6.4 Συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων των μαθητών

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει τα αποτελέσματα της συμβολής των διδακτικών παρεμβάσεων αναφορικά με τα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές. Πιο συγκεκριμένα στην πρώτη υποενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που αφορούν στη συγκρότηση των προτάσεων των μαθητών (βλ. υποενότητα 6.4.1), στη δεύτερη υποενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που αφορούν στο λεξιλόγιο που χρησιμοποιούν οι μαθητές

(βλ. υποενότητα 6.4.2) και στην τελευταία υποενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που αφορούν στην τήρηση των γλωσσικών συμβάσεων (βλ. υποενότητα 6.4.3).

6.4.1 Συγκρότηση προτάσεων

Από τον πίνακα 6.9 φαίνεται ότι πριν την παρακολούθηση της μαθησιακής ακολουθίας οι μαθητές της πειραματικής ομάδας συγκροτούσαν κατά κύριο λόγο προτάσεις επιπέδου 1 (58%) όταν διατύπωναν τα επιχειρήματά τους, μικρότερο πλήθος μαθητών συγκροτούσαν προτάσεις επιπέδου 0 (33,3%), ενώ λίγοι ήταν εκείνοι που συγκροτούσαν προτάσεις επιπέδου 2 (8,7%). Μετά από την παρακολούθηση της μαθησιακής ακολουθίας μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών που συγκροτούσαν προτάσεις επιπέδου 0 (27,6%) και αυξήθηκαν αντίστοιχα τα ποσοστά των μαθητών που συγκροτούσαν προτάσεις επιπέδου 1 (62,3%) και επιπέδου 2 (10,1%).

Επίσης, πριν από την παρακολούθηση της μαθησιακής ακολουθίας (βλ. Πίνακα 6.9) οι περισσότεροι μαθητές της ομάδας ελέγχου συγκροτούσαν προτάσεις επιπέδου 1 (48,5%) και λιγότεροι μαθητές συγκροτούσαν προτάσεις επιπέδου 0 (27,3%) και επιπέδου 2 (24,2%). Μετά από την παρακολούθηση της μαθησιακής ακολουθίας, τα ποσοστά των μαθητών που συγκροτούσαν προτάσεις επιπέδου 1 (54,5%) και επιπέδου 2 (27,3%) αυξήθηκαν, ενώ το ποσοστό των μαθητών που συγκροτούσαν προτάσεις επιπέδου 0 παρουσίασε πτώση (18,2% και αντίστοιχα).

Πίνακας 6.9: Η συγκρότηση προτάσεων των επιχειρημάτων των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Συγκρότηση προτάσεων	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	23	33,3	19	27,6	18	27,3	12	18,2
Επίπεδο 1	40	58	43	62,3	32	48,5	36	54,5
Επίπεδο 2	6	8,7	7	10,1	16	24,2	18	27,3

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα συγκρότησης προτάσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=1906$, $p=0,134$. Ωστόσο, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα συγκρότησης προτάσεων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z=-2,236$, $p=0,025$, ενώ δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα συγκρότησης προτάσεων των μαθητών της ομάδας ελέγχου ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z=-1,414$, $p=0,157$

Το συμπέρασμα το οποίο προκύπτει είναι ότι η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην πειραματική ομάδα συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση των επιπέδων συγκρότησης προτάσεων των επιχειρημάτων των μαθητών, ενώ αντιθέτως η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην ομάδα ελέγχου δεν επέφερε σημαντικές διαφοροποιήσεις στα επίπεδα συγκρότησης προτάσεων των επιχειρημάτων των μαθητών.

6.4.2 Λεξιλόγιο

Αναφορικά με τη χρήση εξειδικευμένου λεξιλογίου πριν από τη διδακτική παρέμβαση (βλ. Πίνακα 6.10) προέκυψε ότι η πλειοψηφία των μαθητών της πειραματικής ομάδας χρησιμοποιούσαν λεξιλόγιο επιπέδου 1 (78,3%) στα επιχειρήματα που πρότειναν. Μικρότερα ποσοστά μαθητών χρησιμοποιούσαν λεξιλόγιο επιπέδου 0 (13%) και επιπέδου 2 (8,7%). Μετά από τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό των μαθητών που έκανε χρήση λεξιλογίου επιπέδου 0 εμφάνισε ελάχιστη αύξηση (14,5%), το ποσοστό χρήσης λεξιλογίου επιπέδου 1 παρουσίασε μείωση (55,1%) ενώ το ποσοστό χρήσης λεξιλογίου επιπέδου 2 αυξήθηκε αρκετά (30,4%).

Πίνακας 6.10: Η χρήση λεξιλογίου των στα επιχειρήματα των μαθητών: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Λεξιλόγιο	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	F	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	9	13	10	14,5	5	7,6	8	12,1
Επίπεδο 1	54	78,3	38	55,1	51	77,3	46	69,7
Επίπεδο 2	6	8,7	21	30,4	10	15,1	12	18,2

Σχετικά με τη χρήση εξειδικευμένου λεξιλογίου στα επιχειρήματα των μαθητών της ομάδας ελέγχου (βλ. Πίνακα 6.10) προέκυψε ότι πριν από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης οι περισσότεροι από τους μαθητές χρησιμοποιούσαν λεξιλόγιο επιπέδου 1 (77,3%), ενώ λιγότεροι μαθητές χρησιμοποιούσαν λεξιλόγιο επιπέδου 2 (15,1%) και επιπέδου 0 (7,6%). Ύστερα από τη διδακτική παρέμβαση παρουσίασαν μικρή αύξηση τόσο τα ποσοστά των μαθητών που χρησιμοποιούσαν λεξιλόγιο επιπέδου 0 (12,1%) όσο και τα ποσοστά των μαθητών που χρησιμοποιούσαν λεξιλόγιο επιπέδου 2 (18,2%). Αντιθέτως μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποιούσαν λεξιλόγιο επιπέδου 1 (69,7%).

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα του λεξιλογίου των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=2035,5$, $p=0,289$. Όμως, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα του λεξιλογίου των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z= -3,500$, $p=0,000$, ενώ δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα του λεξιλογίου των επιχειρημάτων των μαθητών της ομάδας ελέγχου ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z= -0,447$, $p=0,655$.

Κατά συνέπεια διαπιστώνεται ότι η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην πειραματική ομάδα συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση του λεξιλογίου των επιχειρημάτων των μαθητών, ενώ αντιθέτως η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην ομάδα ελέγχου δεν επέφερε σημαντικές διαφοροποιήσεις στο λεξιλόγιο των επιχειρημάτων των μαθητών.

6.4.3 Γλωσσικές συμβάσεις

Όσον αφορά την ορθή χρήση των γλωσσικών συμβάσεων στα επιχειρήματα μαθητών της πειραματικής ομάδας (βλ. Πίνακα 6.11) εντοπίστηκε ότι πριν τη διδακτική ακολουθία το ποσοστό τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων επιπέδου 2 ήταν αρκετά χαμηλό (7,2%). Μεγαλύτερο ήταν το ποσοστό τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων επιπέδου 0 (29%) ενώ υψηλότερο όλων ήταν το ποσοστό τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων επιπέδου 1 (63,8%). Μετά από την παρακολούθηση της μαθησιακής ακολουθίας αυξήθηκαν τα ποσοστά τήρησης γλωσσικών συμβάσεων επιπέδου 1 (68%) και επιπέδου 2 (8,7%), ενώ μειώθηκε το ποσοστό τήρησης γλωσσικών συμβάσεων επιπέδου 0 (23,2%).

Πίνακας 6.11: Η χρήση γλωσσικών συμβάσεων στα επιχειρήματα των μαθητών: συχνότητες (f και $f\%$) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Γλωσσικές συμβάσεις	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	20	29	16	23,2	13	19,7	13	19,7
Επίπεδο 1	44	63,8	47	68,1	44	66,7	39	59,1
Επίπεδο 2	5	7,2	6	8,7	9	13,6	14	21,2

Αντίστοιχα, όσον αφορά τη χρήση των γλωσσικών συμβάσεων από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου (βλ. Πίνακα 6.11), προτού εφαρμοστεί η διδακτική παρέμβαση παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων επιπέδου 1 ήταν το επικρατέστερο (66,7%) και αρκετά χαμηλότερα ήταν τα ποσοστά τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων επιπέδου 0 (19,7%) και επιπέδου 2 (13,6%). Μετά από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης υπήρξαν διαφοροποιήσεις με το ποσοστό τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων επιπέδου 0 να μένει σταθερό (19,7%), το ποσοστό τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων επιπέδου 1 να εμφανίζει μείωση (59,1%) και το ποσοστό τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων επιπέδου 2 να αυξάνεται (21,2%).

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=1977,5$, $p=0,187$. Επιπλέον, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z= -2,236$, $p=0,025$, καθώς επίσης και της ομάδας ελέγχου, $Z= -2,236$, $p=0,025$. Ωστόσο, ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιείται σημαντικά η βελτίωση στα επίπεδα τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας σε σχέση με την αντίστοιχη βελτίωση στα επίπεδα τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων της ομάδας ελέγχου, $U=2269,5$, $p=0,942$.

Επομένως και οι δύο διδακτικές παρεμβάσεις συνέβαλαν σημαντικά στη βελτίωση των επιπέδων τήρησης των γλωσσικών συμβάσεων.

6.5 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων των μαθητών

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των διδακτικών παρεμβάσεων που αφορούν στις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων που χρησιμοποιούν οι μαθητές. Στην πρώτη υποενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με την πρακτική της υποβολής ερωτήματος (βλ. υποενότητα 6.5.1). Στην δεύτερη υποενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με τη διατύπωση υπόθεσης (βλ. υποενότητα 6.5.2). Στην τρίτη υποενότητα περιέχονται τα αποτελέσματα που σχετίζονται με την πρακτική του εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής (βλ. υποενότητα 6.5.3) και στην τέταρτη ενότητα τα αποτελέσματα που αφορούν τον εντοπισμό των μεταβλητών ελέγχου (βλ. ενότητα 6.5.4). Στην τελευταία υποενότητα περιέχονται οι απαντήσεις των μαθητών που σχετίζονται με τη σχεδίαση πλάνου έρευνας (βλ υποενότητα 6.5.5).

6.5.1 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική της υποβολής ερωτήματος

Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας πριν από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης (βλ. Πίνακα 6.12) διατύπωναν κατά κύριο λόγο ερευνητικά ερωτήματα επιπέδου 2 (47,8%). Λιγότεροι μαθητές διατύπωναν ερευνητικά ερωτήματα επιπέδου 3 (34,8%) και επιπέδου 1 (17,4%), ενώ δεν υπήρχαν μαθητές που να διατύπωναν ερευνητικά ερωτήματα επιπέδου 0. Κατόπιν της εφαρμογής της διδακτικής παρέμβασης παρατηρήθηκε ότι το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν ερευνητικά ερωτήματα επιπέδου 0 αυξήθηκε (4,3%) όπως συνέβη και με τα ποσοστά των μαθητών που πρότειναν ερευνητικά ερωτήματα επιπέδου 1 (21,8%) και επιπέδου 3 (43,5%). Αντιθέτως το ποσοστό των μαθητών που διατύπωναν ερευνητικά ερωτήματα επιπέδου 2 μειώθηκε (30,4%).

Οι μαθητές της ομάδας ελέγχου πριν από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης (βλ. Πίνακα 6.12) διατύπωναν κυρίως ερωτήματα επιπέδου 1 (36,3%) και επιπέδου 3 (41%), ενώ λιγότεροι μαθητές διατύπωναν ερωτήματα επιπέδου 2 (13,6%). Λίγοι ήταν οι μαθητές που διατύπωναν ερωτήματα επιπέδου 0 (9,1%). Ύστερα από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης το ποσοστό των μαθητών που διατύπωναν ερωτήματα επιπέδου 2 αυξήθηκε αρκετά (31,8%). Αντιθέτως, μειώθηκαν τα ποσοστά των μαθητών που διατύπωναν ερωτήματα επιπέδου 0 (4,5%) , επιπέδου 1 (27,3%) και επιπέδου 3 (36,3%).

Πίνακας 6.12: Τα αποτελέσματα αναφορικά με την πρακτική υποβολής ερωτήματος: συχνότητες (f και $f\%$) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	0	0	1	4,3	2	9,1	1	4,5
Επίπεδο 1	4	17,4	5	21,8	8	36,3	6	27,3
Επίπεδο 2	11	47,8	7	30,4	3	13,6	7	31,8
Επίπεδο 3	8	34,8	10	43,5	9	41	8	36,3

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα των ερωτημάτων που υποβάλλουν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=215,5$, $p=0,401$. Επιπλέον, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα των ερωτημάτων που υποβάλλουν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z= -1,000$, $p=0,317$, καθώς επίσης και τα επίπεδα των ερωτημάτων που υποβάλλουν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου, $Z= -1,342$, $p=0,180$. Επίσης ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιείται σημαντικά η βελτίωση στα επίπεδα των ερωτημάτων που υποβάλλουν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας σε σχέση με την αντίστοιχη βελτίωση στα επίπεδα των ερωτημάτων που υποβάλλουν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου, $U=212,5$, $p=0,363$.

Προκύπτει συνεπώς το συμπέρασμα ότι καμία από τις δύο διδακτικές παρεμβάσεις δεν επιφέρει σημαντική βελτίωση στην πρακτική της υποβολής ερωτημάτων. Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι στο μετά-τεστ οι περισσότεροι μαθητές της πειραματικής ομάδας (73,9%) και της ομάδας ελέγχου (68,1%) διατυπώνουν ερευνητικά ερωτήματα επιπέδων 2 ή 3.

6.5.2 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική της διατύπωσης υπόθεσης

Αναφορικά με την πρακτική της διατύπωσης υπόθεσης τα αποτελέσματα (βλ. Πίνακα 6.13) έδειξαν ότι οι συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών της πειραματικής ομάδας πριν από την μαθησιακή ακολουθία διατύπωνε υποθέσεις επιπέδου 2 (78,3%), ενώ ένα μικρότερο ποσοστό μαθητών διατύπωνε υποθέσεις επιπέδου 1 (21,7%). Κανείς μαθητής δεν διατύπωνε υποθέσεις επιπέδου 0 και επιπέδου 3. Μετά τη μαθησιακή ακολουθία αυξήθηκαν τα ποσοστά των

μαθητών που διατυπώνουν υποθέσεις επιπέδου 0 (4,3%) και επιπέδου 3 (56,5%) ενώ παράλληλα τα ποσοστά των υποθέσεων επιπέδου 1 (13%) και επιπέδου 2 (13%) μειώθηκαν

Πίνακας 6.13: Τα αποτελέσματα αναφορικά με την πρακτική διατύπωσης υπόθεσης: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Διατύπωση υπόθεσης	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	F	f %
Επίπεδο 0	0	0	1	4,3	1	4,5	2	9,1
Επίπεδο 1	5	21,7	3	13	5	22,7	4	18,2
Επίπεδο 2	18	78,3	6	26,1	15	68,2	11	50
Επίπεδο 3	0	0	13	56,5	1	4,5	5	22,7

Αναφορικά με την πρακτική της διατύπωσης υπόθεσης από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου (βλ. Πίνακα 6.13) βρέθηκε ότι πριν από τη διδακτική ακολουθία σχεδόν όλοι οι μαθητές διατύπωναν υποθέσεις επιπέδου 2 (68,2%) ή επιπέδου 1 (22,7%) και ένα πολύ μικρό ποσοστό διατύπωνε υποθέσεις επιπέδου 0 (4,5%) και επιπέδου 3 (4,5%). Μετά από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης αυξήθηκαν τα ποσοστά των μαθητών που διατύπωναν υποθέσεις επιπέδου 0 (9,1%), επιπέδου 3 (22,7%) και μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών που διατύπωναν υποθέσεις επιπέδου 1 (18,2%) και επιπέδου 2 (50%).

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα των υποθέσεων που διατυπώνουν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=245,5$, $p=0,873$. Ωστόσο, ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα των υποθέσεων που διατυπώνουν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ, $Z= -3,500$, $p=0,000$, ενώ δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα των υποθέσεων που διατυπώνουν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου ανάμεσα στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ, $Z= -1,342$, $p=0,180$.

Διαπιστώνεται λοιπόν ότι η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην πειραματική ομάδα συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της πρακτικής της διατύπωσης υπόθεσης, ενώ η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην ομάδα ελέγχου δεν επέφερε σημαντικές διαφοροποιήσεις στην πρακτική της διατύπωσης υπόθεσης.

6.5.3 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική του εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής

Σχετικά με την πρακτική του εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας (βλ. Πίνακα 6.14) προέκυψε ότι πριν από τη διδακτική παρέμβαση το ποσοστό εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής επιπέδου 2 ήταν το υψηλότερο (73,9%) και ακολουθούσε το ποσοστό εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής επιπέδου 1 (21,7%). Αντιθέτως, ελάχιστο ήταν το ποσοστό εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής επιπέδου 0 (4,3%). Μετά την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης αυξήθηκε λίγο το ποσοστό εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής επιπέδου 1 (30,4%), ενώ παράλληλα παρουσίασε μείωση το ποσοστό εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής επιπέδου 2 (65,2%). Επιπλέον, το ποσοστό εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής επιπέδου 0 παρέμεινε αμετάβλητο (4,3%).

Πίνακας 6.14: Τα αποτελέσματα αναφορικά με την πρακτική του εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Εντοπισμός ανεξάρτητης μεταβλητής	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	1	4,3	1	4,3	1	4,5	2	9,1
Επίπεδο 1	5	21,7	7	30,4	4	18,2	5	22,7
Επίπεδο 2	17	73,9	15	65,2	17	77,3	15	68,2

Από την ανάλυση των απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές της ομάδας ελέγχου προτού παρακολουθήσουν τη μαθησιακή ακολουθία (βλ. Πίνακα 6.14) προέκυψε ότι το ποσοστό εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής επιπέδου 2 ήταν το επικρατέστερο (77,3%) και αρκετά χαμηλότερα ήταν το ποσοστά εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής επιπέδου 1 (18,2%) και επιπέδου 0 (4,5%). Μετά από τη διδακτική παρέμβαση αυξήθηκαν τα ποσοστά εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής επιπέδου 0 (9,1%), επιπέδου 1 (22,7%) ενώ αντιθέτως το ποσοστό εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής επιπέδου 2 παρουσίασε μείωση (68,2%).

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=188,5$, $p=0,857$. Επιπρόσθετα ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και τα μετά-τεστ , $Z=-1,414$, $p=0,157$, και το ίδιο ακριβώς συμβαίνει και με τα επίπεδα εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου $Z=-1,732$, $p=0,083$. Επίσης ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιείται σημαντικά η βελτίωση στα επίπεδα εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας σε σχέση με την αντίστοιχη βελτίωση στα επίπεδα εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου, $U=250$, $p=0,764$.

Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν ότι καμία από τις δύο διδακτικές παρεμβάσεις δεν προκαλεί σημαντική βελτίωση στην πρακτική του εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής. Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι η πλειοψηφία των μαθητών της πειραματικής ομάδας (65,2%) και της ομάδας ελέγχου εντόπιζε με επιτυχία την ανεξάρτητη μεταβλητή στο μετά-τεστ (68,2%).

6.5.4 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική του εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου

Αναφορικά με την πρακτική του εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου της πειραματικής ομάδας (βλ. Πίνακα 6.15), πριν από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης το ποσοστό εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου επιπέδου 2 ήταν το υψηλότερο (65,2%), ενώ ίσα ήταν τα ποσοστά εντοπισμού επιπέδου 0 και επιπέδου 3 (13%). Μικρότερο ήταν το ποσοστό εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου επιπέδου 1 (8,7%) Μετά την εφαρμογή της διδακτικής ακολουθίας αυξήθηκαν τα ποσοστά εντοπισμού μεταβλητών ελέγχου επιπέδου 1 (17,4%) και επιπέδου 3 (17,4%), το ποσοστό εντοπισμού μεταβλητών ελέγχου επιπέδου 0 παρουσίασε σημαντική μείωση (0%), ενώ εντοπισμού μεταβλητών ελέγχου επιπέδου 2 έμεινε αμετάβλητο (65,2%).

Πίνακας 6.15: Τα αποτελέσματα αναφορικά με την πρακτική του εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Εντοπισμός μεταβλητών ελέγχου	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	3	13	0	0	1	4,5	2	9,1
Επίπεδο 1	2	8,7	4	17,4	9	41	8	36,4
Επίπεδο 2	15	65,2	15	65,2	10	45,4	11	50
Επίπεδο 3	3	13	4	17,4	2	9,1	1	4,5

Τα ποσοστά εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου επιπέδου 1 (41%) και επιπέδου 2 (45,4%) ήταν τα υψηλότερα για τους μαθητές της ομάδας ελέγχου προτού παρακολουθήσουν τη διδακτική παρέμβαση (βλ. Πίνακα 6.15). Αρκετά χαμηλότερα ήταν τα ποσοστά εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου επιπέδου 0 (4,5%) και επιπέδου 3 (9,1%). Μετά από τη διδακτική παρέμβαση αυξήθηκαν τα ποσοστά εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου επιπέδου 0 (9,1%) και επιπέδου 2 (50%) και παράλληλα εντοπίστηκε μικρή μείωση στο ποσοστό εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου επιπέδου 1 (36,4%) και επιπέδου 3 (4,5%).

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο προ-τεστ, $U=205,5$, $p=0,285$. Όμως ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και στο μετά-τεστ, $Z=-2,236$, $p=0,025$, ενώ αντιθέτως δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου από τους μαθητές της ομάδας ελέγχου ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z=-1,414$, $p=0,157$.

Συνεπώς προκύπτει το συμπέρασμα ότι η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην πειραματική ομάδα συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της πρακτικής του εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου, ενώ η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε στην ομάδα ελέγχου δεν επέφερε σημαντικές βελτιώσεις στην πρακτική του εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου.

6.5.5 Συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική της διατύπωσης πλάνου για έρευνα

Πριν την παρακολούθηση της διδακτικής ακολουθίας (βλ. Πίνακα 6.16) η πλειοψηφία των μαθητών της πειραματικής ομάδας διατύπωναν πλάνο έρευνας επιπέδου 2 (39,1%) και ένα μικρότερο πλήθος μαθητών διατύπωναν πλάνο έρευνας επιπέδου 1 (30,4%). Μικρό πλήθος μαθητών διατύπωναν πλάνο έρευνας επιπέδου 0 (13%) και επιπέδου 3 (17,4%). Όταν ολοκληρώθηκε η παρακολούθηση της διδακτικής ακολουθίας το ποσοστό διατύπωσης πλάνου για έρευνα επιπέδου 0 παρέμεινε σταθερό (13%). Επίσης τα ποσοστά των μαθητών που διατύπωσαν πλάνο για έρευνα επιπέδου 2 (34,8%) και επιπέδου 3 (13%) μειώθηκαν, ενώ αντιθέτως το ποσοστό των μαθητών που διατύπωσαν πλάνο για έρευνα επιπέδου 1 αυξήθηκε (39,1%).

Πίνακας 6.16: Τα αποτελέσματα αναφορικά με την πρακτική της διατύπωσης πλάνου έρευνας: συχνότητες (f και f%) κάθε επιπέδου για την πειραματική ομάδα και την ομάδα ελέγχου, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις.

Διατύπωση πλάνου έρευνας	Πειραματική ομάδα				Ομάδα ελέγχου			
	Pretest		Posttest		Pretest		Posttest	
	f	f %	f	f %	f	f %	f	f %
Επίπεδο 0	3	13	3	13	5	22,7	6	27,3
Επίπεδο 1	7	30,4	9	39,1	11	50	11	50
Επίπεδο 2	9	39,1	8	34,8	5	22,7	5	22,7
Επίπεδο 3	4	17,4	3	13	1	4,5	0	0

Προτού παρακολουθήσουν τη διδακτική ακολουθία οι μαθητές της ομάδας ελέγχου (βλ. Πίνακα 6.16) διατύπωναν ως επί το πλείστον πλάνο έρευνας επιπέδου 1 (50%). Από τους υπόλοιπους μαθητές ορισμένοι διατύπωναν πλάνο έρευνας επιπέδου 0 (22,7%) και επιπέδου 2 (22,7%) και ένα πολύ μικρό ποσοστό μαθητών διατύπωναν πλάνο έρευνας επιπέδου 3 (4,5%). Αφού ολοκληρώθηκε η διδακτική ακολουθία οι μαθητές που διατύπωναν πλάνο έρευνας επιπέδου 0 αυξήθηκαν (27,3%) ενώ οι μαθητές που διατύπωναν πλάνο έρευνας επιπέδου 3 μειώθηκαν (0%) . Επίσης δεν μεταβλήθηκε το πλήθος των μαθητών που διατύπωναν πλάνο έρευνας επιπέδου 1 (50%) και επιπέδου 2 (22,7%).

Ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα διατύπωσης πλάνου έρευνας των μαθητών της πειραματικής ομάδας και της ομάδας

ελέγχου πριν στο προ-τεστ, $U=169,0$, $p=0,089$. Επιπλέον ο μη παραμετρικός έλεγχος Wilcoxon Signed-Rank έδειξε ότι δε διαφοροποιούνται σημαντικά τα επίπεδα διατύπωσης πλάνου έρευνας των μαθητών της πειραματικής ομάδας ανάμεσα στο προ-τεστ και το μετά-τεστ, $Z=-1,732$, $p=0,083$, καθώς επίσης και τα επίπεδα διατύπωσης πλάνου έρευνας των μαθητών της πειραματικής ομάδας $Z=-1,732$, $p=0,083$. Επίσης ο μη παραμετρικός έλεγχος Mann-Whitney U έδειξε ότι δε διαφοροποιείται σημαντικά η βελτίωση στα επίπεδα διατύπωσης πλάνου έρευνας των μαθητών της πειραματικής ομάδας σε σχέση με την αντίστοιχη βελτίωση στα επίπεδα διατύπωσης πλάνου έρευνας των μαθητών της ομάδας ελέγχου, $U=251,5$, $p=0,984$.

Τα αποτελέσματα αυτά οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι δύο διδακτικές παρεμβάσεις δεν επιφέρουν σημαντική βελτίωση στην πρακτική διατύπωσης πλάνου έρευνας. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο μετά-τεστ αρκετοί μαθητές της πειραματικής ομάδας (47,8%) διατύπωναν πλάνο έρευνας επιπέδου 2 ή επιπέδου 3, ενώ λίγοι μαθητές της ομάδας ελέγχου διατύπωναν πλάνο έρευνας επιπέδου 2 ή επιπέδου 3 (22,7%).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» για το εκκρεμές στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών της Γ τάξης του Γυμνασίου καθώς και στην ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε η σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της παρέμβασης με τα αποτελέσματα μιας διδακτικής παρέμβασης που στηρίζεται στην παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση.

Παρόλο που στη βιβλιογραφία εντοπίστηκαν πολλές έρευνες οι οποίες εξετάζουν την ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών (Sadler et al.,2004; Belland, 2010; Sandoval & Millwood, 2005; Mc Neill et al., 2006,2008; Sampson et al., 2011; Kuhn & Reiser,2004), δεν υπήρχαν έρευνες οι οποίες να μελετούν χωριστά τη δομή, το περιεχόμενο και τα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων των μαθητών. Επιπλέον δεν βρέθηκαν έρευνες οι οποίες να εμπλέκουν τους μαθητές ταυτόχρονα με περισσότερες από μια επιστημονικές πρακτικές και κατόπιν να προχωρούν σε αξιολόγηση της βελτίωσης των μαθητών σε κάθε μια από τις πρακτικές αυτές. Αναφορικά με τις έρευνες οι οποίες εστιάζονται στη σχεδίαση διερευνήσεων από τους μαθητές, εντοπίστηκε μικρός αριθμός μελετών για τους μαθητές Γυμνασίου (Fang et al., 2016; Ergul et al., 2011), ενώ παράλληλα καμία από τις έρευνες που αφορούν τους μαθητές Γυμνασίου δεν αξιολογούσε διακριτά τις επιμέρους πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων.

Για τους λόγους αυτούς προέκυψε η ανάγκη πραγματοποίησης μιας έρευνας η οποία αφενός θα εξετάζει τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και στις πρακτικές που αφορούν τη σχεδίαση διερευνήσεων και αφετέρου θα συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα μεταξύ αυτής της παρέμβασης με τα αποτελέσματα μιας άλλης παρέμβασης που βασίζεται στην παραδοσιακή προσέγγιση. Πιο συγκεκριμένα τα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία τέθηκαν ήταν τα εξής:

1. Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών;
2. Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων;
3. Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών;
4. Ποια είναι η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων;
5. Υπάρχει διαφοροποίηση στα μαθησιακά αποτελέσματα, αναφορικά με τη δομή των επιχειρημάτων και των πρακτικών σχεδίασης διερεύνησης των μαθητών, ανάμεσα στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις;

Ως μέσο για τη συλλογή δεδομένων της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου στο στάδιο του προ-ελέγχου και του μετά-ελέγχου (βλ. Παράρτημα). Επιπρόσθετα συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για την πειραματική ομάδα το οποίο εστιάζόταν στην επιστημονική πρακτική της «εμπλοκής σε επιχειρηματολογία» και στην επιστημονική πρακτική της «σχεδίασης και πραγματοποίησης διερευνήσεων» (βλ. Παράρτημα). Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 45 μαθητές της Γ τάξης του Γυμνασίου, εκ των οποίων οι 23 συνιστούσαν την πειραματική ομάδα και οι 22 συνιστούσαν την ομάδα ελέγχου.

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα κύρια ευρήματα της έρευνας αναφορικά με ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν (βλ. ενότητα 7.2) και κατόπιν πραγματοποιείται η καταγραφή των περιορισμών της έρευνας. (βλ. ενότητα 7.3). Τέλος γίνονται ορισμένες προτάσεις για μελλοντική έρευνα (βλ. ενότητα 7.4).

7.2 Κύρια ευρήματα της έρευνας και σχολιασμός τους

Η ενότητα αυτή απαρτίζεται από πέντε επιμέρους ενότητες μέσα στις οποίες παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα κύρια ευρήματα της έρευνας. Η πρώτη υποενότητα περιέχει τα συμπεράσματα σχετικά με τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών (βλ. υποενότητα 7.2.1). Η δεύτερη υποενότητα περιέχει τα συμπεράσματα σχετικά με τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» για το εκκρεμές στις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων των μαθητών (βλ. υποενότητα 7.2.2). Η τρίτη υποενότητα περιέχει τα συμπεράσματα σχετικά με τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση» για το εκκρεμές στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών (βλ. υποενότητα 7.2.3). Η επόμενη υποενότητα περιέχει τα συμπεράσματα σχετικά με τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές στις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων των μαθητών (βλ. υποενότητα 7.2.4). Στην τελευταία υποενότητα περιέχονται τα συμπεράσματα σχετικά με τη διαφοροποίηση στην ποιότητα των επιχειρημάτων και στη χρήση πρακτικών σχεδίασης διερεύνησης των μαθητών που παρακολούθησαν τις δυο διδακτικές παρεμβάσεις (βλ. υποενότητα 7.2.5).

7.2.1 Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών

Πριν από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης για το εκκρεμές η πλειοψηφία των μαθητών πρότεινε επαρκείς ισχυρισμούς, μη επαρκή αποδεικτικά στοιχεία και μη επαρκείς συλλογισμούς, ενώ κανένας μαθητής δεν πρότεινε αντικρούσεις. Όσον αφορά το περιεχόμενο των επιχειρημάτων οι περισσότεροι μαθητές πριν από τη διδακτική παρέμβαση διατύπωναν ακατάλληλους ισχυρισμούς, ακατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και ακατάλληλους συλλογισμούς. Επίσης, σχετικά με τα γλωσσικά χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων, πριν από τη διδακτική παρέμβαση οι περισσότεροι μαθητές διατύπωναν πλήρεις προτάσεις με απλή δομή, το λεξιλόγιο που χρησιμοποιούσαν ήταν περιορισμένο και δεν τηρούσαν πλήρως τις γλωσσικές συμβάσεις. Αρκετοί ήταν οι μαθητές που σχημάτιζαν

ατελείς προτάσεις και είχαν περισσότερα από τρία λάθη στις προτάσεις τους, τα οποία ήταν ως επί το πλείστον ορθογραφικά και γραμματικά.

Συνεπώς, τόσο η δομή όσο και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών ήταν χαμηλού επιπέδου, ενώ ως προς τα γλωσσικά τους χαρακτηριστικά βρίσκονταν σε μέτριο επίπεδο. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με τα ευρήματα άλλων ερευνών οι οποίες αναφέρουν ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να προτείνουν αποδεικτικά στοιχεία και να τα συνδέσουν με τον ισχυρισμό τους μέσα από έναν συλλογισμό που να περιέχει την κατάλληλη επιστημονική αρχή (Mc Neill et.al, 2006; Lizotte et al., 2004, 2008; Kuhn & Reiser, 2004; Sandoval & Millwood, 2005). Επίσης έχει σημειωθεί η δυσκολία των μαθητών να διατυπώσουν αντικρούσεις (Jimenez-Aleixandre, Rodriguez & Duschl, 2000; Mc Neil & Krajcik, 2012; Sadler, 2004) ενώ εμφανίζουν αδυναμίες και στον γραπτό τους λόγο (Moje et al., 2004).

Οι μαθητές σπανίως έχουν την ευκαιρία κατά τη διδασκαλία των ΦΕ να διατυπώσουν επιχειρήματα (Osborne et al., 2004; Driver et al., 2000; Belland et al., 2008) και για τον λόγο αυτό εμφανίζουν δυσκολίες αναφορικά με την επάρκεια των επιχειρημάτων τους. Επιπροσθέτως τις περισσότερες φορές βασίζονται στις προσωπικές τους πεποιθήσεις όταν διατυπώνουν έναν ισχυρισμό, τον οποίο μάλιστα δυσκολεύονται να υποστηρίξουν με αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμό καθώς τον θεωρούν ως αυταπόδεικτο (Sandoval & Millwood, 2005; Sadler, 2004). Επομένως είναι λογικό οι μαθητές να εμφανίζουν δυσκολίες αναφορικά με το περιεχόμενο των επιχειρημάτων τους.

Μετά από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» αυξήθηκε ο αριθμός των μαθητών που πρότειναν επαρκείς ισχυρισμούς, επαρκείς συλλογισμούς και επαρκείς αντικρούσεις, ενώ το πλήθος των μαθητών που πρότειναν επαρκή αποδεικτικά στοιχεία παρουσίασε μικρή μείωση. Κατ' επέκταση προκύπτει το συμπέρασμα ότι υπήρχε βελτίωση στη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών. Επιπλέον βελτιώθηκε σημαντικά το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών. Συγκεκριμένα οι περισσότεροι μαθητές μετά από τη διδακτική παρέμβαση πρότειναν κατάλληλους ισχυρισμούς και μερικώς κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία, ενώ παράλληλα αυξήθηκε το πλήθος των μαθητών που συγκροτούσαν μερικώς κατάλληλους συλλογισμούς. Επίσης ορισμένοι μαθητές διατύπωσαν κατάλληλες αντικρούσεις. Επιπρόσθετα υπήρξε βελτίωση στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών σε σχέση με τα γλωσσικά τους χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα υπήρχε μεγάλη αύξηση στον αριθμό

των μαθητών που έκαναν χρήση εξειδικευμένου λεξιλογίου το οποίο σχετιζόταν με το εννοιολογικό περιεχόμενο της μαθησιακής ακολουθίας. Ταυτόχρονα, υπήρξε μείωση στο πλήθος των μαθητών που συγκροτούσαν ατελείς προτάσεις καθώς και στο πλήθος εκείνων που έκαναν αρκετά λάθη στις γλωσσικές συμβάσεις.

Συγκρίνοντας τη δομή και το περιεχόμενο των επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση προέκυψε ότι υπήρχαν σημαντικές διαφοροποιήσεις αναφορικά με την επάρκεια των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων, των συλλογισμών και των αντικρούσεων των επιχειρημάτων. Επιπλέον, σημαντικές διαφοροποιήσεις προέκυψαν όσον αφορά την καταλληλότητα των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών, ενώ δεν υπήρχε σημαντική διαφοροποίηση αναφορικά με την καταλληλότητα των συλλογισμών. Η σύγκριση των γλωσσικών χαρακτηριστικών των επιχειρημάτων που διατύπωσαν οι μαθητές πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση έδειξε ότι υπάρχει σημαντική βελτίωση ως προς τη συγκρότηση των προτάσεων, το λεξιλόγιο και την τήρηση των γλωσσικών συμβάσεων.

Συνεπώς, είναι εφικτή η βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών μέσω της διδακτικής προσέγγισης που βασίζεται στη «μάθηση μέσω πρακτικών των ΦΕ». Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα αποτελέσματα που έχουν προκύψει από άλλες έρευνες από τις οποίες προκύπτει ότι η συστηματική εξοικείωση των μαθητών με τα συστατικά στοιχεία των επιχειρημάτων συμβάλλει στη βελτίωση της ποιότητάς τους (Zohar & Nemet, 2002 ; Mc Neill & Krajcik ,2007; Chen et al. ,2016; Osborne et al., 2004).

Η βελτίωση στην ποιότητα των επιχειρημάτων ενδεχομένως να οφείλεται στην μαθησιακή ακολουθία που παρακολούθησαν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας κατά την οποία τους δόθηκε ένα πλαίσιο περιγραφής της δομής των επιχειρημάτων καθώς και μία κλίμακα αξιολόγησης των επιχειρημάτων. Πολλές μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η παροχή γραπτού πλαισίου κατασκευής επιχειρημάτων είναι δυνατόν να βελτιώσει την ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές (Lizotte et al., 2004; McNeill et al., 2006). Επιπλέον είναι πιθανό η βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων να οφείλεται στην πραγματοποίηση διερευνήσεων κατά τη μαθησιακή ακολουθία, καθώς υπάρχουν και άλλες έρευνες που έχουν εντοπίσει βελτιώσεις στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών όταν συμμετέχουν σε εργαστηριακές δραστηριότητες (Sampson et al. , 2011; Chen et al., 2016).

7.2.2 Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των Φυσικών Επιστημών» στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων

Πριν από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στη διδακτική προσέγγιση της μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ για το εκκρεμές, οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν σχετικά αλλά ελλιπή ερευνητικά ερωτήματα, σχετικές υποθέσεις με ακατάλληλο περιεχόμενο και ορισμένες μόνο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου. Επιπλέον η πλειοψηφία των μαθητών πρότεινε τη σωστή ανεξάρτητη μεταβλητή. Όσον αφορά την διατύπωση πλάνου έρευνας οι περισσότεροι μαθητές πρότειναν πειραματική διαδικασία στην οποία ανέφεραν την ανεξάρτητη μεταβλητή, την εξαρτημένη μεταβλητή και το όργανο της μέτρησης (χρονόμετρο), ενώ ελάχιστοι ήταν εκείνοι που έκαναν αναφορά στις μεταβλητές ελέγχου. Οι δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι μαθητές αναφορικά με τη σχεδίαση διερευνήσεων ήταν παρόμοιες με αυτές που έχουν επισημανθεί και σε άλλες έρευνες (Julia et al., 2014; Κυριαζή & Κωνσταντίνου, 2005; Pollen, 2009).

Οι μαθητές δεν έχουν σχεδόν ποτέ την ευκαιρία να συμμετέχουν στο σχεδιασμό διερευνήσεων κατά τη διάρκεια των μαθημάτων των ΦΕ, αφού οι διερευνήσεις που καλούνται να πραγματοποιήσουν στα μαθήματα αυτά είναι συνήθως καταγεγραμμένες στον εργαστηριακό οδηγό αναφέροντας αναλυτικά τα βήματα που πρέπει να εκτελεστούν (Lederman & Stefanich, 2006). Επομένως, όταν οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν μια «ανοιχτή» διερεύνηση είναι λογικό να συναντούν δυσκολίες εφόσον δεν είναι εξοικειωμένοι με τέτοιου είδους δραστηριότητες.

Μετά από τη διδακτική παρέμβαση εντοπίστηκε σημαντική βελτίωση στην πρακτική της διατύπωσης υπόθεσης, καθώς αυξήθηκε σημαντικά το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν σχετικές και πλήρεις υποθέσεις. Σημαντική ήταν και η βελτίωση που εμφανίστηκε στην πρακτική του εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου, καθώς μετά από τη διδακτική παρέμβαση η συντριπτική πλειοψηφία των μαθητών εντόπιζαν με επιτυχία ορισμένες ή και όλες τις μεταβλητές ελέγχου. Αναφορικά με την πρακτική της διατύπωσης ερευνητικού ερωτήματος, την πρακτική του εντοπισμού της ανεξάρτητης μεταβλητής και την πρακτική της διατύπωσης πλάνου έρευνας εντοπίστηκαν βελτιώσεις οι οποίες ωστόσο δεν κρίθηκαν ως στατιστικά σημαντικές.

Συνοψίζοντας λοιπόν, υπήρξε βελτίωση στις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων των μαθητών μετά από τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στη «μάθηση μέσω πρακτικών

των ΦΕ», γεγονός που συνάδει και με τα συμπεράσματα άλλων ερευνών που εξέτασαν την αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας των ΦΕ μέσα από διερευνήσεις (Ergul et al. ,2011 ; Koksai και Berberoglu, 2014; Triona & Klahr, 2003).

Ο χρόνος που διατέθηκε για τη διδακτική παρέμβαση ήταν αρκετά περιορισμένος και για αυτό ενδεχομένως δεν εμφανίστηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις σε όλες τις επιμέρους πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων. Ωστόσο η βελτίωση που εντοπίστηκε σε ορισμένες από τις πρακτικές πιθανόν να σχετίζεται με τις δραστηριότητες σχεδιασμού και πραγματοποίησης διερευνήσεων στις οποίες συμμετείχαν οι μαθητές κατά τη διδασκαλία. Κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων αυτών παρουσιάστηκε ένα σύντομο πλαίσιο σχεδιασμού διερεύνησης και αυτό ενδεχομένως βοήθησε τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις επιμέρους πρακτικές που εμπεριέχονται σε μια διερεύνηση, όπως άλλωστε έχει συμβεί και σε άλλες έρευνες (Kruit et al. ,2018; Fang, Y.S. Hsu & W.H. Hsu,2016) . Επίσης, η ευκαιρία που είχαν οι μαθητές να πραγματοποιήσουν τις διερευνήσεις τις οποίες σχεδίασαν στη φάση της διδακτικής παρέμβασης πιθανόν να τους βοήθησε να βελτιώσουν τις επιστημονικές πρακτικές που χρησιμοποιούν, γεγονός το οποίο σημειώνεται και στα συμπεράσματα άλλων ερευνών (Chen & Klahr,1999; Κυριαζή & Κωνσταντίνου,2005). Τέλος, ορισμένες έρευνες έχουν επισημάνει ότι η πραγματοποίηση των διερευνήσεων με την χρήση Η/Υ είναι δυνατόν να έχει συμβάλει θετικά στην καλλιέργεια ερευνητικών δεξιοτήτων των μαθητών (Triona & Klahr, 2003; Fang et al., 2016). Επομένως ενδέχεται η χρήση του βοηθητικού λογισμικού κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των διερευνήσεων να συνέβαλλε θετικά στα μαθησιακά αποτελέσματα αναφορικά με τις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων. Ωστόσο, θα πρέπει να επισημανθεί ότι τα παραπάνω αποτελούν υποθέσεις και απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να ελεγχθούν.

7.2.3 Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών

Προτού παρακολουθήσουν τη διδακτική παρέμβαση που στηρίζεται στην παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, οι μαθητές της ομάδας ελέγχου διατύπωναν επαρκείς ισχυρισμούς, ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία και ανεπαρκείς συλλογισμούς, ενώ κανένας μαθητής δεν διατύπωνε αντικρούσεις. Επίσης, αναφορικά με το περιεχόμενο των επιχειρημάτων, η πλειοψηφία των μαθητών πρότεινε κατάλληλους ισχυρισμούς, μερικώς κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και ακατάλληλους συλλογισμούς. Σχετικά με τα γλωσσικά

χαρακτηριστικά των επιχειρημάτων οι περισσότεροι μαθητές πριν από τη διδακτική παρέμβαση συγκροτούσαν προτάσεις με απλή δομή, χρησιμοποιούσαν περιορισμένο λεξιλόγιο και είχαν από ένα έως τρία λάθη στις γλωσσικές συμβάσεις. Επίσης αρκετοί μαθητές συγκροτούσαν ατελείς προτάσεις και έκαναν εσφαλμένη χρήση του λεξιλογίου που σχετίζεται με το εννοιολογικό περιεχόμενο της διδακτικής παρέμβασης

Συνολικά λοιπόν προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα επιχειρήματα των μαθητών ήταν χαμηλού επιπέδου ως προς τη δομή και το περιεχόμενό τους και μέτριου επιπέδου ως προς τα γλωσσικά χαρακτηριστικά τους. Οι δυσκολίες των μαθητών κατά την εμπλοκή τους σε επιχειρηματολογία έχει σημειωθεί και από άλλες έρευνες, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω (βλ. υποενότητα 7.2.1.).

Όπως έχει αναφερθεί και στην προηγούμενη ενότητα, τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να αποδοθούν στο γεγονός ότι οι μαθητές σπανίως έχουν την ευκαιρία να συμμετέχουν σε δραστηριότητες που τους εμπλέκουν με την επιχειρηματολογία (Osborne et al., 2004; Driver et al., 2000; Belland et al., 2008) καθώς και στην πεποίθηση που έχουν ότι οι ισχυρισμοί τους είναι εύλογοι και αυταπόδεικτοι, επομένως δεν χρειάζεται να τους στηρίξουν με αποδεικτικά στοιχεία και συλλογισμούς (Sandoval & Millwood, 2005; Sadler, 2004).

Μετά από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης εμφανίστηκε μικρή μείωση στον αριθμό των μαθητών που διατύπωναν επαρκείς ισχυρισμούς, ενώ οι περισσότεροι μαθητές εξακολουθούσαν να διατυπώνουν επιχειρήματα με ανεπαρκή αποδεικτικά στοιχεία και ανεπαρκείς συλλογισμούς. Επιπλέον, αναφορικά με το περιεχόμενο των επιχειρημάτων, αυξήθηκε το πλήθος των μαθητών που διατύπωναν μερικώς κατάλληλους ισχυρισμούς, μερικώς κατάλληλα αποδεικτικά στοιχεία και μερικώς κατάλληλους συλλογισμούς, ενώ παράλληλα κανένας από τους μαθητές δεν διατύπωσε αντίκρουση. Τέλος σχετικά με το περιεχόμενο των επιχειρημάτων, υπήρχε μικρή αύξηση στον αριθμό των μαθητών που συγκροτούσαν πλήρεις προτάσεις με σύνθετη δομή και σημαντική αύξηση στον αριθμό των μαθητών που χρησιμοποιούσαν εξειδικευμένο λεξιλόγιο και τηρούσαν τις γλωσσικές συμβάσεις.

Συγκρίνοντας τη δομή των επιχειρημάτων των μαθητών πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στη παραδοσιακή προσέγγιση για τη διδασκαλία προέκυψε ότι δεν υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση αναφορικά με την επάρκεια των αποδεικτικών στοιχείων, των συλλογισμών και των αντικρούσεων. Σημαντική διαφοροποίηση εντοπίστηκε μόνο όσον αφορά την επάρκεια των ισχυρισμών των επιχειρημάτων. Η σύγκριση του περιεχομένου των

επιχειρημάτων που διατύπωσαν οι μαθητές πριν και μετά τη διδακτική ακολουθία έδειξε πως υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση στην καταλληλότητα των αποδεικτικών στοιχείων και των συλλογισμών, ενώ η διαφοροποίηση στην καταλληλότητα των ισχυρισμών και των αντικρούσεων κρίθηκε ως ασήμαντη. Επιπρόσθετα, συγκρίνοντας τα επιχειρήματα που διατύπωσαν οι μαθητές πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση ως προς τα γλωσσικά τους χαρακτηριστικά βρέθηκε ότι υπάρχει σημαντική διαφοροποίηση αναφορικά με την τήρηση των γλωσσικών συμβάσεων, αλλά ασήμαντη διαφοροποίηση αναφορικά με τη συγκρότηση προτάσεων και το λεξιλόγιο.

Συνεπώς προκύπτει το συμπέρασμα ότι δεν παρουσιάστηκε αξιοσημείωτη βελτίωση στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών που παρακολούθησαν τη διδακτική παρέμβαση η οποία βασίζεται στην παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση. Σε παρόμοια συμπεράσματα έχουν καταλήξει και άλλες έρευνες οι οποίες εξέτασαν εάν εντοπίζονται βελτιώσεις στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών οι οποίοι διδάσκονται με την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας (Zohar & Nemet, 2002; Chen et al., 2016; Mc Neil & Krajcik 2012).

Κατά την παραδοσιακή διδασκαλία ο εκπαιδευτικός μονοπωλεί τις συζητήσεις που πραγματοποιούνται μέσα στην τάξη και επικεντρώνεται περισσότερο στη μεταφορά γνώσεων στους μαθητές παρά στην καλλιέργεια επιστημονικών πρακτικών (Χαλκιά, 2012). Οι έρευνες έχουν δείξει όμως ότι οι πρακτικές που χρησιμοποιεί ο εκπαιδευτικός κατά τη διδασκαλία του έχουν συσχέτιση με την ποιότητα των επιχειρημάτων που διατυπώνουν οι μαθητές (Mc Neill 2008, Lizotte 2004). Συνεπώς, εφόσον οι μαθητές δεν έχουν την ευκαιρία να γνωρίσουν τα συστατικά στοιχεία ενός τεκμηριωμένου επιχειρήματος και να επιχειρηματολογήσουν κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, είναι αναμενόμενο να μην παρουσιάζουν βελτίωση ως προς την ποιότητα των επιχειρημάτων τους.

7.2.4 Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην «παραδοσιακή» διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές, στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων

Αρκετοί μαθητές της ομάδας ελέγχου, πριν από την παρακολούθηση της διδακτικής ακολουθίας για το εκκρεμές που βασίζεται στην παραδοσιακή προσέγγιση για τη μάθηση, πρότειναν σχετικά και πλήρη ερευνητικά ερωτήματα και σχετικές υποθέσεις με ακατάλληλο περιεχόμενο. Επιπλέον, οι περισσότεροι μαθητές εντόπιζαν την ανεξάρτητη μεταβλητή, ενώ

παράλληλα πρότειναν μια ή δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου. Όσον αφορά τη διατύπωση πλάνου έρευνας, η πλειοψηφία των μαθητών πρότεινε μη σχετική πειραματική διαδικασία. Οι δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι μαθητές κατά τη σχεδίαση διερευνήσεων ήταν αναμενόμενες καθώς έχουν σημειωθεί και σε άλλες έρευνες (Julia et al., 2014; Κυριαζή & Κωνσταντίνου, 2005).

Μετά από την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης εντοπίστηκε μια μικρή άνοδος στο ποσοστό των μαθητών που πρότειναν σχετικές και πλήρεις υποθέσεις, ωστόσο οι διαφοροποιήσεις αυτές δεν κρίθηκαν ως σημαντικές. Σχετικά με τις υπόλοιπες πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα επίπεδά τους.

Τα παραπάνω αποτελέσματα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι δεν υπήρξε σημαντική βελτίωση στις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων των μαθητών που παρακολούθησαν τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση. Τα αποτελέσματα αυτά συμφωνούν με τα πορίσματα από άλλες αντίστοιχες έρευνες οι οποίες εξέτασαν την βελτίωση των ερευνητικών δεξιοτήτων των μαθητών που παρακολουθούν την παραδοσιακή διδασκαλία (Kruit et al. ,2018; Koksall & Berberoglu ,2014; Ergul et al. ,2011).

Κατά την παραδοσιακή διδασκαλία η προσοχή του εκπαιδευτικού στρέφεται στη μεταφορά γνώσεων στο μαθητή, στην αποστήθιση και στην επίλυση ασκήσεων. Κατά συνέπεια δεν προκαλεί έκπληξη το γεγονός ότι οι μαθητές δεν ανέπτυξαν δεξιότητες όσον αφορά τη σχεδίαση διερευνήσεων και ότι η μοναδική πρακτική που παρουσίασε μικρή βελτίωση μετά τη διδακτική παρέμβαση ήταν η διατύπωση υπόθεσης, η οποία σχετίζεται με τις επιστημονικές αρχές που διδάχθηκαν οι μαθητές.

7.2.5 Διαφοροποίηση στα μαθησιακά αποτελέσματα -αναφορικά με την ποιότητα των επιχειρημάτων και των πρακτικών σχεδίασης διερεύνησης των μαθητών- ανάμεσα στις δυο διδακτικές παρεμβάσεις

Από τη μελέτη των απαντήσεων των μαθητών στα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν πριν από την παρακολούθηση των διδακτικών παρεμβάσεων προέκυψε ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στην ποιότητα των επιχειρημάτων που προτείνουν και στις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων που χρησιμοποιούν οι μαθητές της πειραματικής ομάδας και της ομάδας ελέγχου.

Ωστόσο, μετά την παρακολούθηση των διδακτικών παρεμβάσεων η βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών της πειραματικής ομάδας ήταν σημαντικά μεγαλύτερη σε σύγκριση με τη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών της ομάδας ελέγχου. Συγκεκριμένα οι μαθητές της πειραματικής ομάδας υπερετερούσαν έναντι των μαθητών της ομάδας ελέγχου ως προς την επάρκεια των ισχυρισμών, των αποδεικτικών στοιχείων, των συλλογισμών και των αντικρούσεων των επιχειρημάτων, καθώς και ως προς την καταλληλότητα των ισχυρισμών και των συλλογισμών. Επίσης οι μαθητές της πειραματικής ομάδας εμφάνισαν σημαντικές διαφοροποιήσεις ως προς τη συγκρότηση των προτάσεων και τη χρήση εξειδικευμένου λεξιλογίου, ενώ οι μαθητές της πειραματικής ομάδας είχαν στάσιμα αποτελέσματα.

Επιπλέον, μετά από την παρακολούθηση των διδακτικών παρεμβάσεων οι μαθητές της πειραματικής ομάδας εμφάνισαν σημαντική βελτίωση στην πρακτική της διατύπωσης υπόθεσης καθώς και στην πρακτική του εντοπισμού των μεταβλητών ελέγχου, ενώ οι μαθητές της πειραματικής ομάδας δεν εμφάνισαν καμία διαφοροποίηση αναφορικά με πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων.

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΝΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συμπερασματικά λοιπόν διαπιστώνεται ότι:

(α) Η διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών.

(β) Η διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση των πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων.

(γ) Η διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στην «παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση» δε συνέβαλε σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας των επιχειρημάτων των μαθητών.

(δ) Η διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στην «παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση» δε συνέβαλλε σημαντικά στη βελτίωση των πρακτικών των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση διερευνήσεων.

(ε) Η διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στη «μάθηση μέσω πρακτικών των ΦΕ» επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα -αναφορικά με την ποιότητα των επιχειρημάτων και τις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων- σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στην «παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση».

7.3 Περιορισμοί της εργασίας και προτάσεις για μελλοντικές έρευνες

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στους μαθητές δύο τμημάτων της Γ Γυμνασίου οι οποίοι φοιτούν σε συγκεκριμένο σχολείο του νομού Αττικής. Οι μαθητές του ενός τμήματος αποτελούσαν την πειραματική ομάδα και οι μαθητές του άλλου τμήματος αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου. Συνεπώς, το δείγμα της έρευνας ήταν μικρό (N=45), ενώ παράλληλα δεν υπήρχε η δυνατότητα να συμμετάσχουν στην ερευνητική διαδικασία οι μαθητές άλλων τμημάτων του συγκεκριμένου Γυμνασίου, αλλά ούτε μαθητές από άλλα Γυμνάσια της Αττικής.

Επιπλέον ο χρόνος που διατέθηκε για τη διδακτική παρέμβαση η οποία βασιζόταν στη «μάθηση μέσω πρακτικών των ΦΕ» ήταν περιορισμένος (5 διδακτικές ώρες) σε σύγκριση με τον χρόνο που συνήθως αφιερώνουν παρόμοιες έρευνες σε τέτοιου είδους διδακτικές παρεμβάσεις. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα ορισμένοι μαθητές να μην καταφέρουν να προσαρμοστούν στο συγκεκριμένο τρόπο διδασκαλίας και κατ' επέκταση να μην εμφανίσουν διαφοροποιήσεις στα μαθησιακά τους αποτελέσματα.

Τέλος, ως μέσο συλλογής δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο μέσα από το οποίο συγκεντρώθηκαν πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα των γραπτών επιχειρημάτων των μαθητών και με τις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων που χρησιμοποιούν. Ωστόσο το ερωτηματολόγιο ως εργαλείο είχε ορισμένους περιορισμούς, καθώς δεν έδωσε τη δυνατότητα στους μαθητές να εκφράσουν αναλυτικά όσα σκέφτονται για την κίνηση του εκκρεμούς. Ενδεχομένως λοιπόν, προκειμένου να σχηματιστεί μια πληρέστερη εικόνα σχετικά με τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν και άλλες μέθοδοι συλλογής δεδομένων όπως για παράδειγμα οι συνεντεύξεις.

Με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την έρευνα αλλά και τους περιορισμούς που σημειώθηκαν προκύπτουν οι παρακάτω προτάσεις για μελλοντικές έρευνες:

- Πραγματοποίηση της έρευνας χρησιμοποιώντας το ίδιο εκπαιδευτικό υλικό σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών οι οποίοι θα φοιτούν σε σχολεία διαφόρων περιοχών της Αττικής ή ακόμη και σε σχολεία της επαρχίας, ώστε τα αποτελέσματα να μπορούν να γενικευτούν.
- Πραγματοποίηση της έρευνας χρησιμοποιώντας το ίδιο εκπαιδευτικό υλικό σε μαθητές όλων των τάξεων του Γυμνασίου και του Λυκείου ούτως ώστε να εξεταστεί εάν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των μαθησιακών αποτελεσμάτων και της ηλικίας των μαθητών.
- Πραγματοποίηση έρευνας που να εστιάζεται στη μελέτη της εξέλιξης των επιχειρημάτων των μαθητών καθ' όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης ώστε να αναδειχθούν οι δραστηριότητες οι οποίες επιδρούν σε σημαντικό βαθμό στη βελτίωση της δομής και του περιεχομένου των επιχειρημάτων τους.
- Μελέτη της ποιότητας των προφορικών επιχειρημάτων των μαθητών και σύγκριση με την ποιότητα των γραπτών τους επιχειρημάτων.

7.4 Ανακεφαλαίωση

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας πραγματοποιήθηκε η παρουσίαση και ο σχολιασμός των κυριότερων ευρημάτων της παρούσας έρευνας τα οποία αφορούσαν τη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στη διδακτική προσέγγιση της «μάθησης μέσω πρακτικών των ΦΕ» και της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στην παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση για το εκκρεμές στην ποιότητα των επιχειρημάτων των μαθητών και στις πρακτικές σχεδίασης διερευνήσεων. Κατόπιν παρουσιάστηκαν συγκριτικά τα αποτελέσματα των δύο διδακτικών παρεμβάσεων και διατυπώθηκαν τα γενικά συμπεράσματα της έρευνας. Τέλος, επισημάνθηκαν οι περιορισμοί της εργασίας και διατυπώθηκαν προτάσεις για μελλοντικές έρευνες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνόγλωσση βιβλιογραφία

- Δόσης, Σ. (2006). *Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών της Γ' Γυμνασίου για το απλό εκκρεμές και τη μέτρηση του χρόνου*. (Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών).
- Δόσης, Σ. (2014). Σχεδίαση και αξιολόγηση ακολουθίας διδακτικών ενοτήτων στα πλαίσια της καινοτομικής και εποικοδομητικής αντίληψης για το αναλυτικό πρόγραμμα Φυσικών Επιστημών: η περίπτωση της διδασκαλίας του εκκρεμούς στο Γυμνάσιο. (Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών).
- Κυριαζή, Ε., Κωνσταντίνου, Κ.Π., Ερευνητική Ομάδα Μάθησης στις Φυσικές και Περιβαλλοντικές Επιστήμες (2006). Η Ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης από 11χρονους μαθητές μέσα από τη σχολική δραστηριότητα «Πανηγύρι Επιστήμης». Στο 9^ο Συνέδριο Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου, 339-350
- Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2014). Αξιολογώντας τις γραπτές εξηγήσεις των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 3, 9–19.
- Χαλκιά, Κ. (2012). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις (Α' Τόμος). Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- AAAS (Eds.). (1990). *Science for All Americans*. New York: Oxford University Press.
Ανάκτηση από: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- AAAS (Eds.). (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York: Oxford University Press.
- AAAS (Eds.). (2000). *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. Washington, DC: AAAS Publication.
- 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>
- Aufschnaiter, C., Erduran, C., Osborne, J. & Simon, S. (2007). Argumentation and the learning of science. In R. Pintó & D. Couso (Eds.), *Contributions from Science Education Teachers* (pp. 377-388). Netherlands: Springer.
- Babbie, E. (2008). *The basics of Social Research* (5th ed). U.S.A.: Wadsworth Cengage Learning.
- Belland, B.R. (2010). Portraits of middle school students constructing evidence-based arguments during problem-based learning: the impact of computer-based scaffolds. *Educational Technology Research and Development*, 58 (3), 285–309. <http://doi.org/10.1007/s11423-009-9139-4>
- Belland, B.R., Glazewski, K.D., & Richardson, J.C. (2008). A scaffolding framework to support the construction of evidence-based arguments among middle school students. *Educational Technology Research and Development*, 56(4), 401-422.
- Bybee, R.W. (2006). Scientific inquiry and science teaching. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 1-14). Netherlands: Springer.
- Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills*. A commissioned paper prepared for a workshop on exploring the intersection of science education and the development of 21st century skills. Ανάκτηση από: http://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073327.pdf
- Bybee, R.W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness. *Colorado Springs, Co: BSCS*, 5, 88–98.
- Chen, Y.C., Hand, B., & Park, S. (2016). Examining Elementary Students' Development of Oral and Written Argumentation Practices Through Argument-Based Inquiry. *Science & Education*, 25 (3-4), 277–320. <http://doi.org/10.1007/s11191-016-9811-0>

- 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.
- Chen, H.T., Wang, H.H., Lu, Y.Y., Lin H.S., & Hong, Z.R. (2016). Using a modified argument-driven inquiry to promote elementary school students' engagement in learning science and argumentation. *International Journal of Science Education*, 38(2), 170-191. <http://doi.org/10.1080/09500693.2015.1134849>
- Cho, K.L., & Jonassen, D.H. (2002). The Effects of Argumentation Scaffolds on Argumentation and Problem Solving. *Enterprise Technology Research and Development*, 50(3), 5-22.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education* (6th ed.). London & New York: Routledge.
- Curtis, R.K. (1981). The simple pendulum experiment. *The Physics Teacher*, 19(1), 36. <https://doi.org/10.1119/1.2340676>
- Czudkova, L., & Musilova, J. (2000). The pendulum: a stumbling block of secondary school mechanics. *Physics Education*, 35(6), 428-435.
- Dawson, C. (2007). *A Practical Guide to Research Methods: A user-friendly manual for mastering research techniques and projects* (3rd ed.). U.K.: How To Books.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E., & Scott, P. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5–12. <https://doi.org/10.2307/1176933>
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in Science* Philadelphia: Open University Press. Ανάκτηση από: <https://epdf.pub/childrens-ideas-in-science.html>
- Driver, R., Leach, J. Millar, R., & Scott, P. (1996). *Young people's images of science* Buckingham UK: Open University Press.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3<287::AID-SCE1>3.0.CO;2-A)
- Duggan, S., & Gott, R. (2000). Intermediate General National Vocational Qualification (GNVQ) Science: A missed opportunity for a focus on procedural understanding?. *Research in Science & Technological Education*, 18(2), 201-214. <https://doi.org/10.1080/713694978>
- Duran, L.B., & Duran, E. (2004). The 5E Instructional Model: A Learning Cycle Approach for Inquiry-Based Science Teaching. *The Science Education Review*, 3(2), 49-58.

- Edelson, D.C., Gordin, D.N., & Pea, R.D. (1999). Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning through Technology and Curriculum Design. *Journal of the Learning Sciences*, 8 (3-4), 391-450. <https://doi.org/10.1080/10508406.1999.9672075>
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M.P. (2012). Argumentation in Science Education Research: Perspectives from Europe. In: Jorde, D. & Dillon, J., *Science education research and practice in Europe*, (pp. 253-289), Rotterdam: Sense Publishers.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's Argument Pattern for studying science discourse, *Science Education*, 88(6), 915-933. <https://doi.org/10.1002/sce.20012>
- Ergul, R., Simsekli, Y., Calis, S., Ozdilek, Z., Gocmencelebi, S., & Sanli, M. (2001). School Students' Science Process Skills and Science Attitudes. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy*, 5(1), 48-68.
- Fang, S.C., Hsu, Y.S., Chang, H.Y., Chang, W.H., Wu, H.K., & Chen, C.M. (2016). Investigating the effects of structured and guided inquiry on students' development of conceptual knowledge and inquiry abilities: a case study in Taiwan, *International Journal of Science Education*, 38(12), 1945-1971. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1220688>
- Fang, S.C., Hsu, Y.S., & Hsu, W.H. (2016). Effects of explicit and implicit prompts on students' inquiry practices in computer-supported learning environments in high school earth science, *International Journal of Science Education*, 38 (11), 1699-1726. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1213458>
- Fosnot, C.T. (2013). *Constructivism. Theory, Perspectives, and Practice* (2nd ed.). New York: Teachers College Press.
- Fraenkel, J.R., & Wallen, N.E (2009). *How to Design and Evaluate Research in Education* (7th ed). New York: McGraw-hill.
- Grace, M. (2009). Developing High Quality Decision-Making Discussions About Biological Conservation in a Normal Classroom Setting, *International Journal of Science Education*, 31 (4), 551-570. <https://doi.org/10.1080/09500690701744595>
- Harlen, W. (2000). *Teaching, learning and assessing science 5-12* (3rd ed). London: Thousand Oaks, Calif: Paul Chapman Pub. Ltd ; SAGE Publications.
- Harlen, W. (2013). Inquiry-based learning in science and mathematics. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 7 (2), 9-33.

- Hof, S., & Mayer, J. (2009). Development of inquiry skills in middle school (grade 7): Analysing the effectiveness of different types of instruction. Paper presented at *International Conference of the National Association of Research in Science Teaching (NARST). Grand Challenges and Great Opportunities in Science Education*. 17-21 April 2009. Garden Grove, CA.
- Hogan, K., & Maglienti, M. (2001). Comparing the Epistemological Underpinnings of Students' and Scientists' Reasoning about Conclusions. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(6), 663-687.
- Inhelder, B., & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence*, London: Routledge.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., Bugallo Rodríguez, A., & Duschl, R. A. (2000). “Doing the lesson” or “Doing Science”: argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757–792.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. & Erduran, S. (2007). Argumentation in Science Education: An Overview. In: Erduran S.,& Jiménez-Aleixandre M.P. (Eds.), *Argumentation in Science Education* (pp. 3-27). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Khun, L., & Reiser, B. (2004). Students Constructing and Defending Evidence-Based Scientific Explanations. *National Association for Research in Science Teaching Annual Conference*, 3-8 April 2005, Dallas Texas.
- Kim, H. & Song, J. (2006). The Features of Peer Argumentation in Middle School Students' Scientific Inquiry. *Research in Science Education*, 36 (3), 211-233.
- Koksal, E.A., & Berberoglu, G. (2014). The Effect of Guided-Inquiry Instruction on 6th Grade Turkish Students' Achievement, Science Process Skills, and Attitudes Toward Science, *International Journal of Science Education*, 36(1), 66-78. <https://doi.org/10.1080/09500693.2012.721942>
- Krajcik, J., Blumenfeld, P.C, Marx, R.W., Bass, K.M, Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in Project-Based Science Classrooms: Initial Attempts by Middle School Students, *Journal of the Learning Sciences*, 7(3-4), 313-350. <http://doi.org/10.1080/10508406.1998.9672057>
- Kruit, P.M., Oostdam, R.J, Berg, E., & Schuitema, J.A. (2018). Assessing students' ability in performing scientific inquiry: instruments for measuring science skills in primary education, *Research in Science & Technological Education*, 36(4), 413-439. <https://doi.org/10.1080/02635143.2017.1421530>
- Kwon, Y.J., Jeong, J.S., & Park, Y.B. (2006). Roles of Abductive Reasoning and Prior Belief in Children's Generation of Hypotheses about Pendulum Motion, *Science & Education*, 15(6), 643-656.

- Lederman, J.S., & Stefanich, G.P. (2006). Addressing disabilities in the context of inquiry and nature of science instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 55-74). Netherlands: Springer.
- Lizotte, D.J., Harris, C. J., McNeill, K. L., Marx, R. W., & Krajcik, J. (2003). Usable assessments aligned with curriculum materials: Measuring explanation as a scientific way of learning. Paper presented at the Annual meeting of the American educational research association, Chicago, IL.
- Lizotte, D.J., McNeill, K.L., & Krajcik, J. (2004). Teacher Practices that Support Students' Construction of Scientific Explanations in Middle School Classrooms. *Proceedings of the 6th international conference on Learning sciences*, 22-26 June 2004 (pp. 310 – 317), California.
- Luft, J., Bell, R. L., & Gess-Newsome, J. (2008). *Science as Inquiry in the Secondary Setting*. Arlington VA: NSTA Press.
- Marshall, J.C, Horton, B., & Smart, J. (2009). 4E X 2 Instructional Model: Uniting Three Learning Constructs to Improve Praxis in Science and Mathematics Classrooms. *Journal of Science Teacher Education*, 20 (6), 501-516. <https://doi.org/10.1007/s10972-008-9114-7>
- Masnack, A.M., Klahr, D., & Knowles, E.R. (2017). Data-Driven Belief Revision in Children and Adults. *Journal of Cognition and Development*, 18 (1), 87-109.
- Masnack, A.M, Klahr, D., & Morris, B.J (2012). Separating signal from noise: Children's understanding of error and variability in experimental outcomes. In M. C. Lovett & P. Shaw (Eds.), *Thinking with Data: The proceedings of the 33rd Carnegie Symposium on Cognition* (pp. 3–26). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2007). Middle school students' use of appropriate and inappropriate evidence in writing scientific explanations. In M.C. Lovett & P. Shaw (Eds.), *Thinking with Data: The proceedings of the 33rd Carnegie Symposium on Cognition* (pp.233-265). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- McNeill. K.L., & Krajcik, J. (2008). Scientific Explanations: Characterizing and Evaluating the Effects of Teachers' Instructional Practices on Student Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45 (1), 53–78. <http://doi.org/10.1002/tea.20201>
- McNeill, K. L., & Krajcik, J. (2012). *Supporting grade 5-8 students in constructing explanations in science: The claim, evidence and reasoning framework for talk and writing*. New York, NY: Pearson Allyn & Bacon.
- McNeill, K.L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153–191. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1502_1

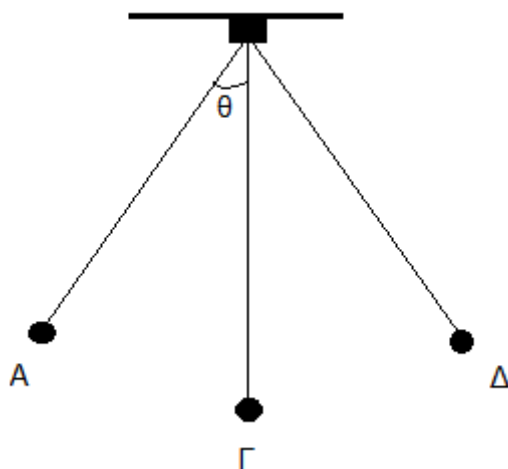
- McNeil, K.L., & Pimental, D.S. (2009). Scientific Discourse in Three Urban Classrooms: The Role of the Teacher in Engaging High School Students in Argumentation. *Science Education*, 94(2), 203–229. <https://doi.org/10.1002/sce.20364>
- Minner, D., Levy, A.J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction - what is it and does it matter: Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>
- Muller, A., Hartmann, S., & Mayer, J. (2010). Differentiation and development of five levels in scientific inquiry skills: a longitudinal assessment of Biology students in grade to10. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia, United States.
- Nielsen, J.A. (2013). Dialectical Features of Students' Argumentation: A Critical Review of Argumentation Studies in Science Education. *Research in Science Education*, 43(1), 371–393. <http://doi.org/10.1007/s11165-011-9266-x>
- NRC (Eds.). (1996). *National Science Education Standards: observe, interact, change, learn*. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC (Eds.) (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9596>.
- NRC (Eds.). (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: National Academy Press.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. Washington, DC: The National Academies Press. Ανάκτηση από: <https://www.nextgenscience.org/three-dimensions>
- OECD (Eds.). (1999). *Measuring student knowledge and skills: A new framework for assessment*. Paris: OECD Publications Service.
- OECD (Eds.). (2000). Knowledge and skills for life: First results from the OECD programme for international student assessment (PISA) 2000. OECD Publication Service. Ανάκτηση από: <https://www.oecd.org/edu/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33691620.pdf>
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020. <http://doi.org/10.1002/tea.20035>
- Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2014). Design principles for support in developing students' transformative inquiry skills in Web-based learning environments, *Interactive Learning Environments*, 22(3), 309-325.
- Pfundt, H., & Duit, R. (2006), *Students' and teachers' conceptions and science education*. Kiel: IPN.

- Pollen (2009). *Designing and Implementing Inquiry-Based Science Units for Primary Education*. France: La main à la pâte.
- Pujayanto, P. (2016). Students' conceptions about the period of a simple pendulum. *Proceedings of International Conference on Teacher Training and Education. Trends and Issues of Teacher Training and Education in 21st Century*, 5-6 November 2015 (pp. 457-462). Indonesia: Sebelas Maret University.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 513–536.
- Sadler, T.D, Chambers, F.W., & Zeidler, D.L. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue, *International Journal of Science Education*, 26(4), 387-409. <https://doi.org/10.1080/0950069032000119456>
- Sandoval, W. A., & Millwood, K. A. (2005). The quality of students' use of evidence in written scientific explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23–55.
- Sampson, V., & Clark, D.B. (2008). Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions, *Science Education*, 92(3), 447-472..
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J.P. (2010). Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study. *Science Education*, 95(2), 217–257. <http://doi.org/10.1002/sce.20421>
- Schwarz, C.V., & Gwekwerere, Y.N. (2007). Using a Guided Inquiry and Modeling Instructional Framework (EIMA) to Support Preservice K-8Science Teaching. *Science Teacher Education*, 91 (1), 158-186. <https://doi.org/10.1002/sce.20177>
- Stephans, J. (1994), *Targeting Students' Science Misconceptions: physical science concepts using the conceptual change model*, Clearwater Florida: Showboard Inc.
- Sumida, M. (2005), The Public Understanding of Pendulum Motion: From 5 to 88 Years Old. In: Matthews, M.R., Gauld, C.F. & Stinner. A. (Eds.), *The Pendulum: Scientific, Historical, Philosophical and Educational Perspectives* (pp. 465-484). Netherlands: Springer.
- Toulmin, S. E. (2003). *The uses of argument*. Cambridge University Press.
- 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

- Tsixouridis, C.A, Vavougiou, D., & Ioannidis, G.S. (2017). The Effect of Switching the Order of Experimental Teaching in the Study of Simple Gravity Pendulum – A Study with Junior High-school Learners. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 12(3), 128-141. <https://doi.org/10.3991/ijet.v12i03.6492>
- Wellnitz, N., Hartmann, S., & Mayer, J. (2010). Developing a paper-and-pencil-test to assess students' skills in scientific inquiry. In G. Cakmakci & M. F. Tasar (Eds.), *Contemporary Science Education Research: Learning and Assessment* (pp. 289–294). Ankara, Turkey: Pegem Akademi.
- White, B., Shimoda, T., & Frederiksen, J. (1999). Enabling Students to Construct Theories of Collaborative Inquiry and Reflective Learning: Computer Support for Metacognitive Development. *International Journal of Artificial Intelligence*, 10(2), 151-182.
- Zeidler, D. L. (1997). The central role of fallacious thinking in science education. *Science Education*, 81(4), 483–496. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199707\)81:4<483::AID-SCE7>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199707)81:4<483::AID-SCE7>3.0.CO;2-8)
- Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35–62. <https://doi.org/10.1002/tea.10008>

Παράρτημα 1: Ερωτηματολόγιο

Στις ακόλουθες ερωτήσεις θα τεθούν ορισμένοι προβληματισμοί που αφορούν το **Εκκρεμές**. Το Εκκρεμές είναι μια διάταξη η οποία αποτελείται από ένα σώμα που βρίσκεται δεμένο στην άκρη ενός αβαρούς σχοινιού. Το σχοινί είναι στερεωμένο σε σταθερό σημείο με αποτέλεσμα όταν εκτρέπουμε το σώμα υπό κάποια γωνία, για παράδειγμα το μετακινούμε στην θέση Α, και κατόπιν το αφήνουμε ελεύθερο αυτό να κινείται παλινδρομικά περνώντας ξανά και ξανά από τις ίδιες θέσεις ακολουθώντας την πορεία Α-> Γ-> Δ-> Γ-> Α.



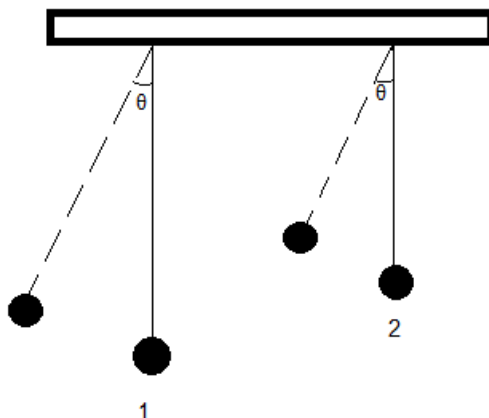
Όταν αναφερόμαστε στις θέσεις Α και Δ θα τις ονομάζουμε ακραίες θέσεις.

Όταν αναφερόμαστε στην θέση Γ θα την ονομάζουμε θέση ισορροπίας.

Την πορεία Α-> Γ-> Δ-> Γ-> Α θα την ονομάζουμε ταλάντωση.

Ερώτηση 1

Η Αρετή και η Μαρία στην κουζίνα του σπιτιού τους έχουν ένα φωτιστικό το οποίο αποτελείται από κρεμασμένες λάμπες που η καθεμιά έχει διαφορετικό μήκος καλωδίου όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1

Τα δύο κορίτσια αποφασίζουν ότι θα κάνουν ένα πείραμα προκειμένου να διαπιστώσουν ποιά από τις δύο λάμπες κινείται πιο γρήγορα όταν ξεκινούν ταυτόχρονα από την ίδια ακραία θέση. Τα βήματα που θα ακολουθήσουν είναι τα εξής: αρχικά θα τοποθετήσουν τις λάμπες στις ακραίες θέσεις τους υπό γωνία θ όπως φαίνεται στο σχήμα. Κατόπιν θα τις αφήσουν ταυτόχρονα οπότε οι λάμπες, αφού περάσουν από την απέναντι ακραία θέση, θα επιστρέψουν τελικά στα χέρια τους έχοντας ολοκληρώσει μια ταλάντωση. Με τον τρόπο αυτό θα είναι σε θέση να ελέγξουν ποια από τις δύο λάμπες ολοκληρώνει σε λιγότερο χρόνο μια ταλάντωση. Να σημειώσουμε ότι οι δύο λάμπες είναι ακριβώς ίδιες σε διαστάσεις και βάρος.

Προτού εκτελέσουν το πείραμά τους ζητούν την γνώμη των συμμαθητών τους. Οι συμμαθητές τους έχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με το ποια λάμπα χρειάζεται λιγότερο χρόνο για να επιστρέψει στην αρχική της θέση.

Προσπάθησε να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στην παρακάτω ερώτηση της Αρετής και της Μαρίας:

Ποια λάμπα θα χρειαστεί λιγότερο χρόνο για να εκτελέσει μία ταλάντωση;

Όταν γράφεις την απάντησή σου μην ξεχάσεις: (α) να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και (β) να πείσεις την Αρετή, την Μαρία και τους συμμαθητές τους ότι η δική σου απάντηση είναι σωστή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

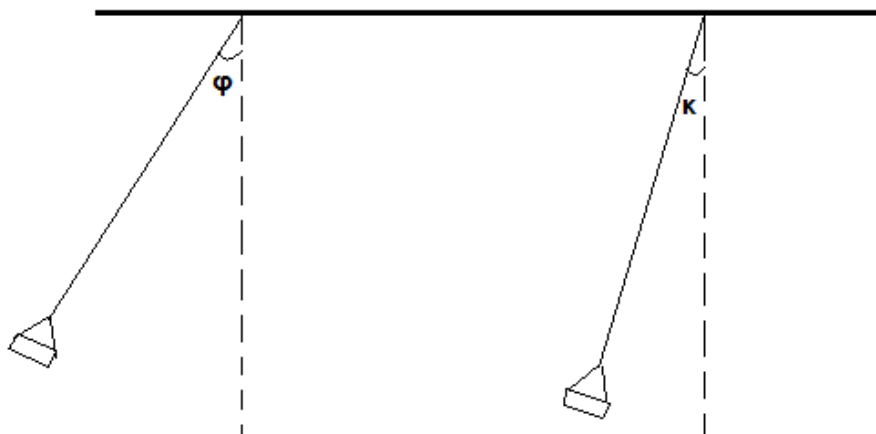
.....

.....

.....

Ερώτηση 2

Ο Φάνης και η Κατερίνα παίζουν στις κούνιες μιας παιδικής χαράς και ετοιμάζονται να διαγωνιστούν στο ποιός θα καταφέρει να κάνει σε λιγότερο χρόνο δέκα ταλαντώσεις. Ο Φάνης είναι ψηλότερος από την Κατερίνα και έτσι όταν βρίσκεται στην θέση εκκίνησης η γωνία που σχηματίζει με την κάθετη θέση της κούνιας είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την γωνία που σχηματίζει η Κατερίνα ($\varphi > \kappa$). Τα δύο παιδιά έχουν το ίδιο βάρος και οι δύο κούνιες έχουν το ίδιο μήκος αλυσίδων.



Σχήμα 2

Κάποια στιγμή ξεκινούν ταυτόχρονα να κινούνται από τις θέσεις εκκίνησης που φαίνονται στο σχήμα. Τα υπόλοιπα παιδιά που βρίσκονται στην παιδική χαρά τους παρακολουθούν και προσπαθούν να μαντέψουν ποιός από τους δύο θα τερματίσει πρώτος. Ζητούν και από εσένα να κάνεις την δική σου πρόβλεψη και σε καλούν να απαντήσεις στην παρακάτω ερώτηση:

Ποιός από τους δύο πιστεύεις ότι θα ολοκληρώσει πρώτος τις δέκα ταλαντώσεις?

Να κυκλώσετε τη σωστή απάντηση.

1. Ο Φάνης.
2. Η Κατερίνα.
3. Και τα δύο παιδιά θα τερματίσουν ταυτόχρονα.

Να γράφεις και αιτιολογήσεις την απάντησή σου.

Όταν γράφεις την απάντησή σου μην ξεχάσεις: (α) να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και (β) να πείσεις τον Φάνη, την Κατερίνα και τους συμμαθητές τους ότι η δική σου απάντηση είναι σωστή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Ερώτηση 3

Το ρολόι εκκρεμές είναι ρυθμισμένο έτσι ώστε όταν βρίσκεται στην Γη να χρειάζεται ένα δευτερόλεπτο για να πάει από την μία ακραία θέση μέχρι την άλλη και μάλιστα κάθε φορά που περνάει από τις ακραίες θέσεις ακούγεται και ο χαρακτηριστικός ήχος που μετρά τα δευτερόλεπτα. Επομένως ο χρόνος που χρειάζεται το ρολόι για να ολοκληρώσει μία ταλάντωση είναι συνολικά 2 δευτερόλεπτα.



Σχήμα 3

Μια διαστημική αποστολή μεταφέρει με διαστημόπλοιο ένα ρολόι εκκρεμές στην Σελήνη. Πριν την αποβίβαση οι αστροναύτες αναρωτιούνται εάν το περιβάλλον της Σελήνης θα επηρεάσει τον χρόνο που χρειάζεται το ρολόι για να ολοκληρώσει μια ταλάντωση. Οι απόψεις που ακούστηκαν είναι οι εξής :

Άποψη Α: το ρολόι στο περιβάλλον της Σελήνης θα συνεχίσει να λειτουργεί όπως στη γη.

Άποψη Β: ο χρόνος που χρειάζεται το ρολόι για να πραγματοποιήσει μια ταλάντωση θα είναι λιγότερος στο περιβάλλον της Σελήνης.

Άποψη Γ: ο χρόνος που χρειάζεται το ρολόι για να πραγματοποιήσει μια ταλάντωση θα είναι περισσότερος στο περιβάλλον της Σελήνης.

Προσπάθησε να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στην παρακάτω ερώτηση:

Που χρειάζεται περισσότερο χρόνο για μια ταλάντωση το εκκρεμές στη Γη ή στη Σελήνη;

Όταν γράφεις την απάντησή σου μην ξεχάσεις: (α) να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και (β) να πείσεις τους συμμαθητές σου ότι η δική σου απάντηση είναι σωστή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

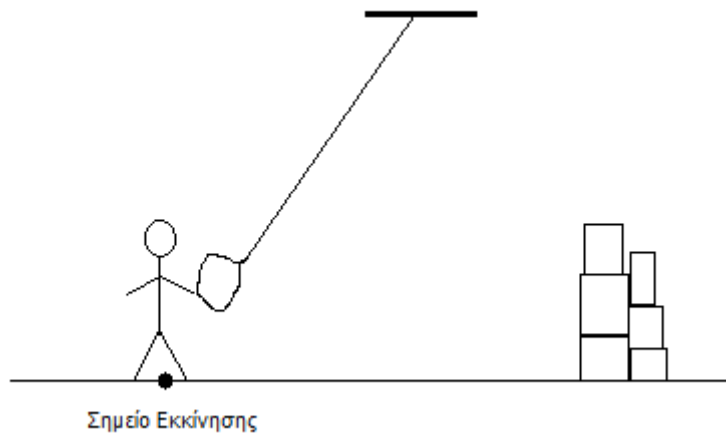
.....

.....

.....

ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Στο χωριό του Νικόλα τα παιδιά έχουν κατασκευάσει ένα αυτοσχέδιο παιχνίδι που αποτελείται από ένα σακί γεμάτο με χώμα το οποίο χρησιμοποιούν για να γκρεμίζουν στοίβες από άδεια χαρτόκουτα. Αναλόγως με το πλήθος των χαρτόκουτων που πέφτουν τα παιδιά παίρνουν πόντους και νικητής είναι εκείνος που θα φτάσει πρώτος τους 20 πόντους. Ωστόσο τα παιδιά παραπονιούνται ότι το σακί κινείται πολύ αργά και καθυστερεί να φτάσει στα χαρτόκουτα με αποτέλεσμα να μην προλαβαίνουν να παίξουν πολλά παιχνίδια στον ελεύθερο χρόνο τους. Ο Νικόλας πιστεύει ότι η λύση στο πρόβλημά τους είναι να γεμίσουν το σακί με περισσότερο χώμα έτσι ώστε να γίνει πιο βαρύ και να κινείται γρηγορότερα προς τα χαρτόκουτα. Η φίλη του η Ελένη όμως διαφωνεί με την άποψή του και ισχυρίζεται ότι θα πρέπει να αδειάσουν χώμα από το σακί ώστε να γίνει ελαφρύτερο και θεωρεί ότι με τον τρόπο αυτό θα φτάνει γρηγορότερα στα χαρτόκουτα-στόχους.



Σχήμα 4

Για να ελέγξουν τις ιδέες τους αποφάσισαν να κάνουν ένα πείραμα. Ζητούν την βοήθειά σου στον σχεδιασμό και στην οργάνωση του πειράματος που θα πραγματοποιήσουν.

Ερώτηση 4: Ποιό είναι το ερώτημα που έχουν να ερευνήσουν;

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Ερώτηση 5: Ποια θα μπορούσε να είναι μια απάντηση στο ερώτημα που έχουν να ερευνήσουν;

.....
.....
.....
.....

Ερώτηση 6: Τι θα πρέπει να αλλάζουν στην έρευνα που θα κάνουν;

.....
.....
.....
.....

Ερώτηση 7: Τι θα πρέπει να μην αλλάζουν στην έρευνα που θα κάνουν;

.....
.....
.....
.....

Ερώτηση 8: Να περιγράψεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς τη διαδικασία που θα κάνουν προκειμένου να απαντήσουν στο ερώτημα που έχουν να ερευνήσουν.

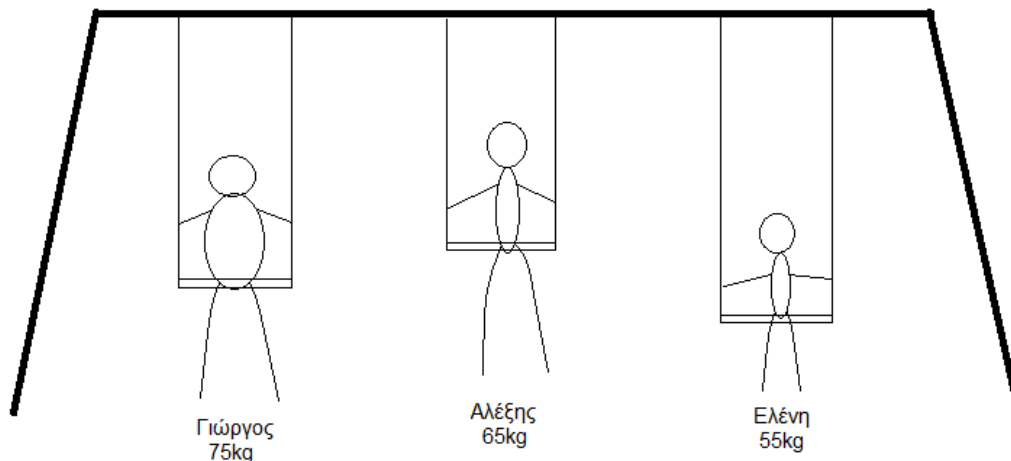
Σε ευχαριστώ!

Παράρτημα 2: Φύλλα εργασίας μαθητών

Ενεργοποίηση

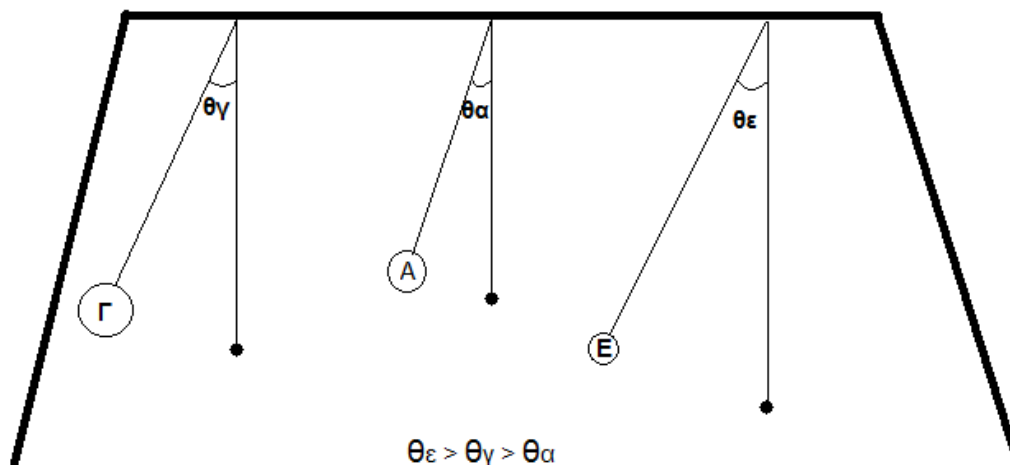
ΠΡΟΒΛΗΜΑ 1 (Δραστηριότητα 1)

Ο Γιώργος, ο Αλέξης και η Ελένη βρίσκονται στην παιδική χαρά και διασκεδάζουν κάνοντας κούνια. Τα παιδιά βρίσκονται πάνω σε τρεις κούνιες που η κάθε μία έχει διαφορετικό μήκος στην αλυσίδα της, ενώ και τα ίδια διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη μάζα τους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1

Κάποια στιγμή σκέφτονται να κάνουν έναν διαγωνισμό στον οποίο νικητής θα είναι εκείνος που θα κάνει σε λιγότερο χρόνο 10 ταλαντώσεις. Τοποθετούνται ταυτόχρονα στις ακραίες θέσεις οι οποίες φαίνονται στο Σχήμα 2 και ξεκινούν από εκεί τις ταλαντώσεις τους. Ωστόσο επειδή τα παιδιά έχουν διαφορετικό ύψος το καθένα και οι κούνιες τους έχουν διαφορετικό μήκος, τελικά ξεκινούν από τρεις διαφορετικές γωνίες: θ_γ ο Γιώργος, θ_ϵ η Ελένη και θ_α ο Αλέξης. Η γωνία που σχηματίζει η Ελένη είναι μεγαλύτερη από την γωνία που σχηματίζει ο Γιώργος, ενώ η γωνία που σχηματίζει ο Αλέξης είναι η μικρότερη από όλες.



Σχήμα 2

Οι φίλοι των τριών παιδιών οι οποίοι βρίσκονται στην παιδική χαρά τους παρακολουθούν και κάνουν διάφορες προβλέψεις σε σχέση με το ποιος αναμένεται να κερδίσει στον διαγωνισμό.

Ζητούν και από εσένα να εκφέρεις την άποψή σου απαντώντας στην παρακάτω ερώτηση:

Ποίο από τα παιδιά πιστεύεις ότι θα ολοκληρώσει πιο γρήγορα τις 10 ταλαντώσεις;

.....

.....

.....

Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

.....

.....

.....

.....

Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.

Υπάρχουν απόψεις με τις οποίες συμφωνούν όλα τα μέλη της ομάδας; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

.....

.....

.....

Υπάρχουν διαφωνίες σε σχέση με το ποιος θα ολοκληρώσει πρώτος τις δέκα ταλαντώσεις; Αν ναι ποιες είναι αυτές;

.....
.....

Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές για το σχήμα που έχεις προτείνει. Παρουσίασε τους λόγους για τους οποίους υποστηρίζεις τη δική σου άποψη.

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

.....
.....
.....
.....

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ ΟΜΑΔΑΣ

Σαν ομάδα αποφασίσαμε να ασχοληθούμε με τα παρακάτω ερωτήματα:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Εξερεύνηση

ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Με σκοπό να διερευνήσουμε τους παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον χρόνο που χρειάζεται ένα Εκκρεμές για να ολοκληρώσει 10 ταλαντώσεις θα συνδεθούμε στην ιστοσελίδα <https://phet.colorado.edu/en/simulation/pendulum-lab> και θα πραγματοποιήσουμε ορισμένα πειράματα σε ένα ψηφιακό περιβάλλον προσομοίωσης. Κάθε ομάδα καλείται να ελέγξει δύο παράγοντες οι οποίοι κατά την άποψή της είναι οι πιο σημαντικοί.

ΕΡΕΥΝΑ 1 (Δραστηριότητα 2)

Σχεδίαση έρευνας

Ερώτημα:.....
.....
.....

Υπόθεση:

.....
.....
.....

Παράγοντες / Μεταβλητές

Τι αλλάζω;	Τι κρατώ ίδια;	Τι μετρώ;

Πραγματοποίηση έρευνας

Πώς θα κάνω το πείραμα:

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Να παρουσιάσεις τα αποτελέσματα σε ένα πίνακα.

Συμπεράσματα

⌋ Τι διαπίστωσα από την έρευνα που έκανα;

.....
.....
.....

⌋ Αυτό που διαπίστωσα ήταν αυτό που περίμενα;

.....
.....
.....

⌋ Τι δυσκολίες συνάντησα σε αυτή την έρευνα;

.....
.....
.....

⌋ Τι άλλο θέλω να ερευνήσω;

.....
.....
.....

ΕΡΕΥΝΑ 2 (Δραστηριότητα 3)

Σχεδίαση έρευνας

Ερώτημα:.....
.....
.....

Υπόθεση:

.....
.....
.....

Παράγοντες / Μεταβλητές

Τι αλλάζω;	Τι κρατώ ίδια;	Τι μετρώ;

Πραγματοποίηση έρευνας

Πώς θα κάνω το πείραμα:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Να παρουσιάσεις τα αποτελέσματα σε ένα πίνακα.

Συμπεράσματα

⌋ Τι διαπίστωσα από την έρευνα που έκανα;

.....
.....
.....

⌋ Αυτό που διαπίστωσα ήταν αυτό που περίμενα;

.....
.....
.....

⌋ Τι δυσκολίες συνάντησα σε αυτή την έρευνα;

.....
.....
.....

⌋ Τι άλλο θέλω να ερευνήσω;

.....
.....
.....

Εξήγηση

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 2 (Δραστηριότητα 4)

Οι φίλοι του Γιώργου, της Ελένης και του Αλέξη οι οποίοι βρίσκονται στην παιδική χαρά και τους παρακολουθούν έχουν διαφορετικές απόψεις σχετικά με το ποιο από τα τρία παιδιά θα καταφέρει να ολοκληρώσει σε συντομότερο χρόνο τις 10 ταλαντώσεις. Ωστόσο, για να προβλεφθεί σωστά ποιο από τα παιδιά θα χρειαστεί τον λιγότερο χρόνο, θα πρέπει πρώτα να απαντηθούν ορισμένα ερωτήματα.

Χρησιμοποίησε τα στοιχεία της έρευνας που έκανες προηγουμένως για να γράψεις και να αιτιολογήσεις την απάντησή σου στις παρακάτω ερωτήσεις:

Ερώτηση: Το μήκος του εκκρεμούς επηρεάζει τον χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρώσει 10 ταλαντώσεις;

Όταν γράφεις την απάντησή σου, μην ξεχάσεις: (α) να την αιτιολογήσεις όσο πιο αναλυτικά μπορείς και (β) να πείσεις τους συμμαθητές του ότι η δική σου απάντηση είναι σωστή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΑ

Στο σημείο αυτό θα εισάγουμε κάποιες νέες πληροφορίες οι οποίες θα σε βοηθήσουν να διατυπώνεις περισσότερο εύστοχες και ολοκληρωμένες απαντήσεις στα ερωτήματα στα οποία καλείσαι να τοποθετηθείς. Μια τεκμηριωμένη απάντηση (ή διαφορετικά ένα επιχείρημα) θα πρέπει να διαθέτει τα τέσσερα παρακάτω στοιχεία:

- **Ισχυρισμό:** συμπέρασμα το οποίο απαντά σε μια ερώτηση ή ένα πρόβλημα.
- **Αποδεικτικά στοιχεία:** δεδομένα που υποστηρίζουν τον ισχυρισμό.
- **Συλλογισμό:** μία λογική πρόταση η οποία να συνδέει τον ισχυρισμό με τα αποδεικτικά στοιχεία, μέσω μιας επιστημονικής αρχής.
- **Αντίκρουση:** πρόταση που να αιτιολογεί πώς ή γιατί ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι λανθασμένος.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω στοιχεία προσπάθησε να επαναδιατυπώσεις την απάντησή σου ακολουθώντας την δομή του ακόλουθου πίνακα.

Ερώτηση 1: Το μήκος του εκκρεμούς επηρεάζει τον χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρώσει 10 ταλαντώσεις;

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

Ακολουθεί ένας πίνακας ο οποίος εξετάζει ένα προς ένα τα συστατικά του επιχειρήματος το οποίο διατυπώθηκε παραπάνω. Ο πίνακας αξιολόγησης των επιχειρημάτων είναι ένα χρήσιμο εργαλείο το οποίο μας βοηθά να ελέγξουμε κατά πόσο η απάντησή μας είναι τεκμηριωμένη.

Πίνακας αξιολόγησης επιχειρημάτων (Δραστηριότητα 5)

Με τη βοήθεια του παρακάτω πίνακα να αξιολογήσετε την απάντηση που δόθηκε στην Ερώτηση 1.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	ΝΑΙ	ΟΧΙ
1. Έχει διατυπωθεί ένας ισχυρισμός;		
2. Θεωρείς ότι ο ισχυρισμός αυτός είναι επαρκής (δηλαδή απάντα στην ερώτηση με σαφήνεια);		
3. Ο ισχυρισμός που διατυπώθηκε είναι ότι το μήκος του εκκρεμούς επηρεάζει τον χρόνο που χρειάζονται για να ολοκληρωθούν οι 10 ταλαντώσεις;		
4. Έχουν διατυπωθεί αποδεικτικά στοιχεία;		
5. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι επαρκή ώστε να στηρίζουν τον ισχυρισμό;		
6. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι κατάλληλα ώστε να μπορούν να συνδεθούν με τον ισχυρισμό;		
7. Τα αποδεικτικά στοιχεία που διατυπώθηκαν είναι τα παρακάτω: Δύο εκκρεμή που έχουν διαφορετικό μήκος και όλους τους υπόλοιπους παράγοντες ίδιους χρειάζονται διαφορετικό χρόνο για να εκτελέσουν 10 ταλαντώσεις.		
8. Υπάρχει συλλογισμός στην απάντηση;		
9. Ο συλλογισμός συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό;		
10. Βασίζεται ο συλλογισμός σε μια επιστημονική αρχή;		
11. Μια επιστημονική αρχή που υποστηρίζει τον συλλογισμό είναι η εξής: Όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος του εκκρεμούς τόσο περισσότερο χρόνο χρειάζεται για να ολοκληρώσει μια ταλάντωση. Περιέχει ο συλλογισμός που διατυπώθηκε μια τέτοια επιστημονική αρχή;		
12. Υπάρχει αντίκρουση στην απάντηση που έχει δοθεί;		
13. Θεωρείς ότι η αντίκρουση αυτή είναι επαρκής;		
14. Μια αντίκρουση που δείχνει ότι δεν μπορεί να ισχύει ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι η εξής: Αν το μήκος του εκκρεμούς δεν επηρέαζε τον χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρώσει μια ταλάντωση τότε δύο εκκρεμή με διαφορετικά μήκη θα χρειάζονταν τον ίδιο χρόνο για να εκτελέσουν 10 ταλαντώσεις. Υπάρχει η αντίκρουση αυτή (ή μια παρόμοια) στην απάντηση της ερώτησης;		
15. Οι προτάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην απάντηση είναι πλήρεις;		
16. Η απάντηση περιέχει εξειδικευμένο λεξιλόγιο (π.χ. τις λέξεις ταλάντωση, εκκρεμές, χρόνος, μήκος);		
17. Εμφανίζονται γραμματικά, ορθογραφικά ή συντακτικά λάθη στις προτάσεις που περιέχει η απάντηση;		

Προσπάθησε να απαντήσεις με δικά σου λόγια στην Ερώτηση 1 λαμβάνοντας υπόψη τις πληροφορίες του πίνακα αξιολόγησης επιχειρημάτων.

Ερώτηση 1: Το μήκος του εκκρεμούς επηρεάζει τον χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρώσει 10 ταλαντώσεις; (Δραστηριότητα 6)

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

Ερώτηση 2: Η μάζα η οποία είναι δεμένη στο άκρο του εκκρεμούς επηρεάζει τον χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρώσει 10 ταλαντώσεις; (Δραστηριότητα 7)

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

Να ανταλλάξετε τις απαντήσεις σας με τα άτομα της ομάδας σας και να αξιολογήσετε τα επιχειρήματα που διατυπώνει ο συμμαθητής σας με την βοήθεια του παρακάτω πίνακα. Να τοποθετήσετε ένα X αναλόγως με το αν η απάντησή σας είναι ΝΑΙ ή ΟΧΙ.
(Δραστηριότητα 8)

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ	ΝΑΙ	ΟΧΙ
1. Έχει διατυπωθεί ένας ισχυρισμός;		
2. Θεωρείς ότι ο ισχυρισμός αυτός είναι επαρκής (δηλαδή απάντα στην ερώτηση με σαφήνεια);		
3. Ο ισχυρισμός που διατυπώθηκε είναι ότι η μάζα του εκκρεμούς δεν επηρεάζει τον χρόνο που χρειάζονται για να ολοκληρωθούν οι 10 ταλαντώσεις;		
4. Έχουν διατυπωθεί αποδεικτικά στοιχεία;		
5. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι επαρκή ώστε να στηρίζουν τον ισχυρισμό;		
6. Τα αποδεικτικά στοιχεία είναι κατάλληλα ώστε να μπορούν να συνδεθούν με τον ισχυρισμό;		
7. Τα αποδεικτικά στοιχεία που διατυπώθηκαν είναι τα παρακάτω:		

Δύο εκκρεμή που έχουν διαφορετική μάζα και όλους τους υπόλοιπους παράγοντες ίδιους χρειάζονται τον ίδιο χρόνο για να εκτελέσουν 10 ταλαντώσεις.		
8. Υπάρχει συλλογισμός στην απάντηση;		
9. Ο συλλογισμός συνδέει τα αποδεικτικά στοιχεία με τον ισχυρισμό;		
10. Βασίζεται ο συλλογισμός σε μια επιστημονική αρχή;		
11. Μια επιστημονική αρχή που υποστηρίζει τον συλλογισμό είναι η εξής: Η μάζα του εκκρεμούς δεν επηρεάζει τον χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρώσει μια ταλάντωση. Περιέχει ο συλλογισμός που διατυπώθηκε μια τέτοια επιστημονική αρχή;		
12. Υπάρχει αντίκρουση στην απάντηση που έχει δοθεί;		
13. Θεωρείς ότι η αντίκρουση αυτή είναι επαρκής;		
14. Μια αντίκρουση που δείχνει ότι δεν μπορεί να ισχύει ένας εναλλακτικός ισχυρισμός είναι η εξής: Αν η μάζα του εκκρεμούς επηρέαζε τον χρόνο που χρειάζεται για να ολοκληρώσει μια ταλάντωση, τότε δύο εκκρεμή με διαφορετικές μάζες θα χρειάζονταν διαφορετικό χρόνο για να εκτελέσουν 10 ταλαντώσεις. Υπάρχει η αντίκρουση αυτή (ή μια παρόμοια) στην απάντηση της ερώτησης;		
15. Οι προτάσεις που χρησιμοποιήθηκαν στην απάντηση είναι πλήρεις;		
16. Η απάντηση περιέχει εξειδικευμένο λεξιλόγιο (π.χ. τις λέξεις ταλάντωση, εκκρεμές, χρόνος, μάζα);		
17. Εμφανίζονται γραμματικά, ορθογραφικά ή συντακτικά λάθη στις προτάσεις που περιέχει η απάντηση;		

Προσπάθησε να απαντήσεις ξανά στην Ερώτηση 2 λαμβάνοντας υπόψη τις πληροφορίες του παραπάνω πίνακα.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

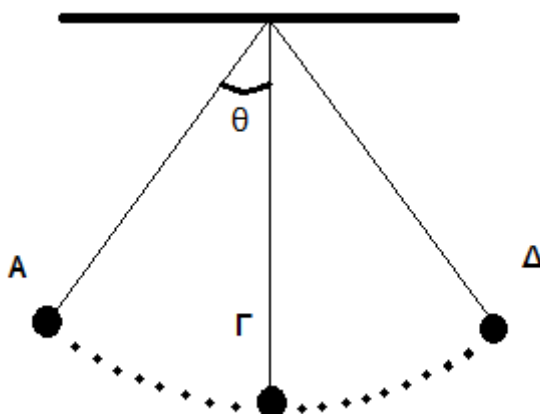
.....

.....

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν αντικείμενο μελέτης ήταν το απλό Εκκρεμές. Το **απλό Εκκρεμές** είναι μια διάταξη η οποία αποτελείται από ένα σώμα δεμένο στο άκρο αβαρούς νήματος του οποίου το άλλο άκρο είναι στερεωμένο σε σταθερό σημείο, όπως φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα.

Η κίνηση του εκκρεμούς πραγματοποιείται με επαναλαμβανόμενο τρόπο ανάμεσα σε δύο σταθερά σημεία, τις ακραίες θέσεις Α και Δ, και για τον λόγο αυτό η κίνησή του χαρακτηρίζεται ως **Ταλάντωση**.



Ο χρόνος που χρειάζεται το σώμα για να επιστρέψει στην θέση από την οποία ξεκίνησε έχοντας περάσει πρώτα από όλες τις υπόλοιπες θέσεις της τροχιάς του ονομάζεται **Περίοδος (T)** της ταλάντωσης και μετριέται σε δευτερόλεπτα. Δηλαδή η Περίοδος είναι ο χρόνος που χρειάζεται το σώμα για να ολοκληρώσει μια πλήρη διαδρομή Α -> Γ -> Δ -> Γ -> Α.

Η **Συχνότητα (f)** της ταλάντωσης είναι ένα μέγεθος το οποίο μας δείχνει τον αριθμό των ταλαντώσεων που εκτελεί ένα σώμα στην μονάδα του χρόνου (δηλαδή κάθε δευτερόλεπτο) και έχει μονάδα μέτρησης το Hz (Χερτζ) . Για να υπολογίσουμε την Συχνότητα αρκεί να διαιρέσουμε τον αριθμό N των ταλαντώσεων που μετράμε με το αντίστοιχο χρονικό διάστημα t στο οποίο πραγματοποιήθηκαν:

$$f = \frac{N}{t}$$

Έτσι εάν σκεφτούμε ότι η μια ταλάντωση N=1 πραγματοποιείται σε χρόνο t=T sec ο μαθηματικός τύπος υπολογισμού της συχνότητας γίνεται:

$$f = \frac{1}{T}$$

Το **Πλάτος** της ταλάντωσης είναι η μέγιστη απομάκρυνση από την θέση Γ, η οποία ονομάζεται θέση ισορροπίας. Στο Εκκρεμές το πλάτος της ταλάντωσης ταυτίζεται με την αρχική γωνία θ υπό την οποία εκτρέπουμε το σώμα.

Η Περίοδος της ταλάντωσης του Εκκρεμούς εξαρτάται από:

- ✓ Το *μήκος* του νήματος το οποίο συμβολίζεται με l (length). Συγκεκριμένα εάν μεγαλώσουμε το μήκος του νήματος τότε θα μεγαλώσει και ο χρόνος της περιόδου.
- ✓ Τον *τόπο* στο οποίο βρισκόμαστε, δηλαδή παίζει ρόλο η επιτάχυνση της βαρύτητας g που επικρατεί σε κάθε τοποθεσία. Συγκεκριμένα εάν η επιτάχυνση της βαρύτητας αυξηθεί τότε ο χρόνος της περιόδου θα μειωθεί.

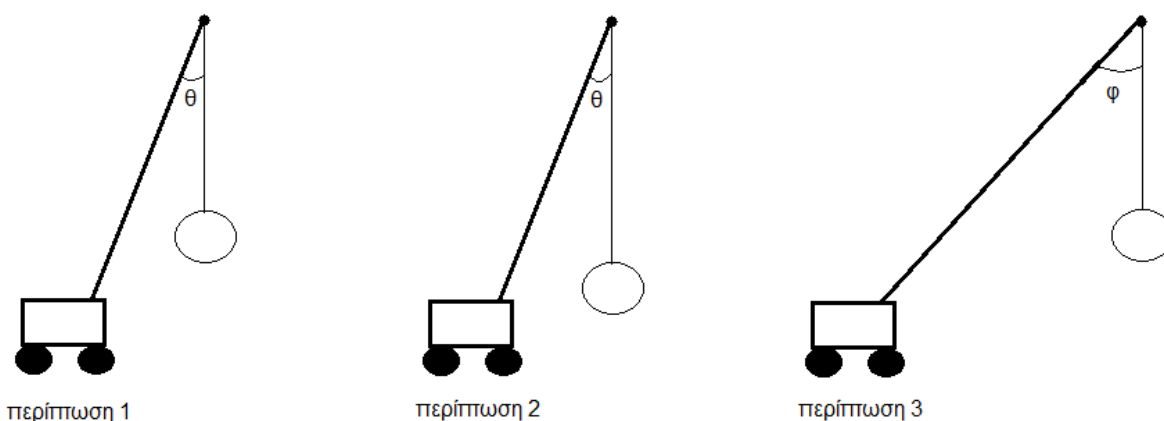
Αντιθέτως, η Περίοδος της ταλάντωσης του Εκκρεμούς δεν εξαρτάται από:

- Την *μάζα* του σώματος, δηλαδή από το πόσα κιλά είναι το σώμα.
- Το *πλάτος* της ταλάντωσης, δηλαδή δεν παίζει κανένα ρόλο η αρχική γωνία εκτροπής από την θέση ισορροπίας (γωνία θ). Ωστόσο αυτό ισχύει μόνο όταν η γωνία θ είναι σχετικά μικρή (μικρότερη από 10 μοίρες).

Εφαρμογή

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 3 (Δραστηριότητα 9)

Απέναντι από το σπίτι του Κωστή υπάρχει μια παλιά πολυκατοικία η οποία έχει υποστεί ζημιές από έναν μεγάλο σεισμό και έχει κριθεί κατεδαφιστέα. Οι εργάτες οι οποίοι έχουν αναλάβει να την κατεδαφίσουν μελετούν τα σχέδιά τους και συζητούν πώς θα γίνει να ολοκληρώσουν την κατεδάφιση όσο το δυνατόν πιο γρήγορα. Έχουν γίνει τρεις προτάσεις κατεδάφισης στις οποίες ο γερανός και η σφαίρα κατεδάφισης που διαθέτει το συνεργείο συνδυάζονται με διαφορετικούς τρόπους.



Σχήμα 3

Σκέψου ότι ανήκεις στην ομάδα με τους εργάτες που εξετάζουν το θέμα και χρειάζεται να διατυπώσεις την γνώμη σου μπροστά στους συναδέλφους σου. Προκειμένου να τους πείσεις θα πρέπει να εξηγήσεις για ποιο λόγο η δική σου επιλογή θα εξασφαλίσει ότι η σφαίρα θα ταλαντώνεται πιο γρήγορα και κατ' επέκταση ότι θα κατεδαφίσει σε συντομότερο χρόνο την πολυκατοικία. Κάθε μία από τις σφαίρες ξεκινά την ταλάντωσή της από τις γωνίες που φαίνονται στο παραπάνω σχήμα. Επίσης το μήκος του συρματόσχοινου από το οποίο κρέμεται η σφαίρα είναι μεγαλύτερο στην περίπτωση 2, ενώ στις περιπτώσεις 1 και 3 το μήκος είναι ακριβώς ίδιο ($l_1 = l_3 < l_2$).

Καλείσαι να απαντήσεις στο παρακάτω ερώτημα:

Σε ποια από τις τρεις περιπτώσεις πιστεύεις ότι η σφαίρα κατεδάφισης θα κινηθεί πιο γρήγορα;

Συμπληρώνοντας την απάντησή σου θα πρέπει να εξηγήσεις αναλυτικά για ποιο λόγο η δική σου απάντηση είναι σωστή έτσι ώστε να πείσεις τους συναδέλφους σου ότι αυτή την περίπτωση θα πρέπει να επιλέξουν αν θέλουν να τελειώσει γρήγορα η κατεδάφιση. Θυμήσου να χρησιμοποιήσεις τα τέσσερα απαραίτητα στοιχεία που πρέπει να έχει μια απάντηση για να θεωρείται τεκμηριωμένη.

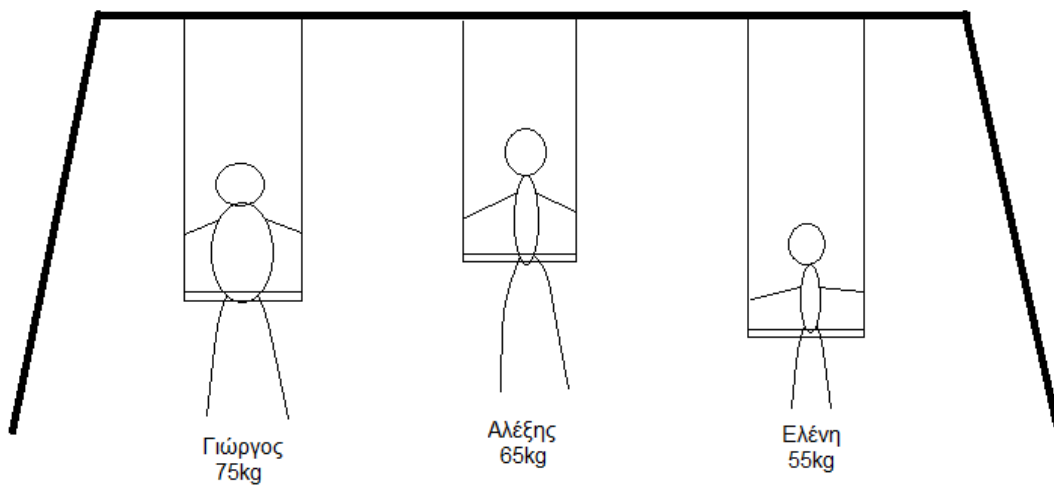
.....
.....
.....

.....
.....

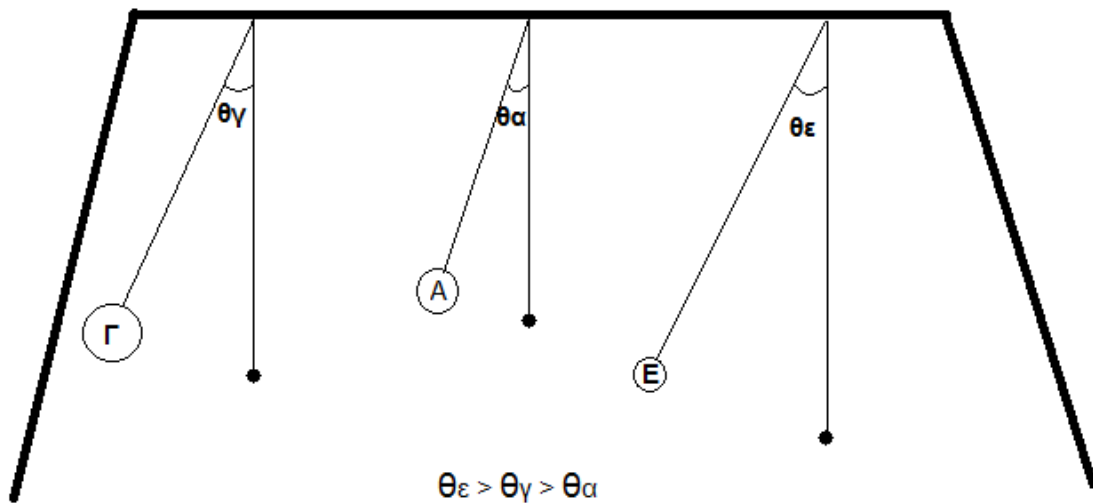
Αξιολόγηση

Επιστροφή στο ΠΡΟΒΛΗΜΑ 1 (Δραστηριότητα 10)

Ας επιστρέψουμε στο Πρόβλημα 1 με τα τρία παιδιά τα οποία κάνουν κούνια στην παιδική χαρά και διαγωνίζονται στο ποιος θα καταφέρει να ολοκληρώσει σε συντομότερο χρόνο δέκα ταλαντώσεις. Τα τρία παιδιά έχουν διαφορετική μάζα, διαφορετικό μήκος στην αλυσίδα της κούνιας τους και ξεκινούν από διαφορετική αρχική γωνία εκτροπής.



Σχήμα 1



Σχήμα 2

Μετά από την έρευνα που πραγματοποίησες και τα συμπεράσματα τα οποία προέκυψαν από αυτήν καλείσαι να απαντήσεις στην παρακάτω ερώτηση:

Ποιό από τα τρία παιδιά θα ολοκληρώσει σε λιγότερο χρόνο τις 10 ταλαντώσεις;

Γράψε τι απάντηση έδωσες στην αρχή της διδασκαλίας.

.....
.....
.....
.....

Τι απάντηση θα δώσεις τώρα;

.....
.....
.....
.....
.....

Αν οι απαντήσεις σου στις παραπάνω ερωτήσεις είναι διαφορετικές, τι νομίζεις ότι ήταν εκείνο που σε έκανε να αλλάξεις γνώμη;

.....
.....
.....
.....
.....
.....