



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

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

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Σταμάτιος Εμμανουήλ  
(Α.Μ:4282016006)**

**«Η συμβολή μιας διδακτικής ακολουθίας που υποστηρίζεται από εκπαιδευτικό λογισμικό για τον Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα στις αντιλήψεις των μαθητών και στις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση ερευνών στη χρήση μαθηματικής σκέψης »**

**ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ**

<b>Μιχαήλ Σκουμιός</b>	<b>Επίκουρος Καθηγητής</b>	<b>ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ</b>	<b>Επιβλέπων</b>
<b>Χρυσάνθη Σκουμπορδή</b>	<b>Αναπληρώτρια Καθηγήτρια</b>	<b>ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ</b>	<b>Μέλος</b>
<b>Γεώργιος Φεσάκης</b>	<b>Αναπληρωτής Καθηγητής</b>	<b>ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ</b>	<b>Μέλος</b>

**ΡΟΔΟΣ , 2018**

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

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία με τίτλο «*Η συμβολή μιας διδακτικής ακολουθίας που υποστηρίζεται από εκπαιδευτικό λογισμικό για τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα στις αντιλήψεις των μαθητών και στις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση ερευνών και στη χρήση μαθηματικής σκέψης*» του Τμήματος Επιστημών της Προσχολικής Αγωγής και του Εκπαιδευτικού Σχεδιασμού του Πανεπιστημίου Αιγαίου με έδρα τη Ρόδο. Αναμφισβήτητα, η παρούσα εργασία δεν θα είχε πραγματοποιηθεί αν δεν συνέβαλλαν με τον τρόπο τους μια σειρά ανθρώπων στην επιτυχή ολοκλήρωση της, γι' αυτό και νιώθω την ανάγκη να τους ευχαριστήσω.

Θα ήθελα λοιπόν, να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον Επίκουρο Καθηγητή του Πανεπιστημίου Αιγαίου κ. Μιχαήλ Σκουμιό, επιβλέποντα καθηγητή της μεταπτυχιακής μου εργασίας, για την πολύτιμη συμβολή, τη συστηματική καθοδήγηση και την αμέριστη συμπαράσταση του καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής της. Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Γιώργο Φεσάκη Αναπληρωτή Καθηγητή Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. του Πανεπιστημίου Αιγαίου και την κ. Χρυσάνθη Σκουμπουρδή Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τ.Ε.Π.Α.Ε.Σ. του Πανεπιστημίου Αιγαίου, μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής για την σημαντική βοήθεια τους στην ολοκλήρωση της συγκεκριμένης εργασίας. Δεν θα μπορούσα επίσης να παραλείψω να ευχαριστήσω τους μαθητές του σχολείου, χωρίς την βοήθεια των οποίων η παρούσα εργασία δεν θα είχε πραγματοποιηθεί.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη σύζυγό μου Ειρήνη και τα παιδιά μου Βιργινία και Πατρίτσια που μου συμπαραστάθηκαν και με στήριξαν ψυχολογικά όλο αυτό το διάστημα.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ .....	4
Κατάλογος Πινάκων.....	7
Κατάλογος Γραφημάτων.....	9
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	11
ABSTRACT .....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 <sup>ο</sup> :ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	13
1.1 Οριοθέτηση θέματος .....	13
1.2 Αναγκαιότητα πραγματοποίησης της εργασίας .....	13
1.3. Σκοπός και ερευνητικοί στόχοι .....	15
1.4. Σημασία της εργασίας .....	16
1.5. Δομή της εργασίας .....	16
1.6. Ανακεφαλαίωση .....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 <sup>ο</sup> : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ .....	18
2.1 Εισαγωγή.....	18
2.2 Οι αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών.....	18
2.2.1. Συμπεράσματα ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών.....	18
2.2.2. Γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών.....	20
2.2.3.Στρατηγικές διδακτικής αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών .....	22
2.3 Διδακτικές προσεγγίσεις Φυσικών Επιστημών.....	23
2.3.1. Η παραδοσιακή και η ανακαλυπτική διδακτική προσέγγιση στις Φυσικές Επιστήμες.....	23
2.3.2. Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.....	24
2.4 Μάθηση Φυσικών Επιστημών μέσω επιστημονικών πρακτικών .....	29
2.4.1. Οι επιστημονικές πρακτικές και ο ρόλος τους στη μάθηση των ΦΕ .....	29
2.4.2. Η σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών και η χρήση μαθηματικής σκέψης ως πρακτικές των Φυσικών Επιστημών .....	33
2.4.3. Το μαθησιακό μοντέλο 5E .....	34

2.5. Μάθηση Φυσικών Επιστημών και εκπαιδευτικά λογισμικά.....	36
2.6 Ανακεφαλαίωση .....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 <sup>ο</sup> : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	42
3.1 Εισαγωγή.....	42
3.2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και τη κίνηση.....	42
3.3.Βιβλιογραφική ανασκόπηση διδακτικών παρεμβάσεων που επεξεργάζονται τις αντιλήψεις των μαθητών για την δύναμη και κίνηση των σωμάτων .....	55
3.4. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για την ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση ερευνών και τη μαθηματική σκέψη.....	65
3.5. Κριτική αποτίμηση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης - Πρωτοτυπία της εργασίας ...	75
3.6. Ανακεφαλαίωση .....	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 <sup>ο</sup> : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ .....	77
4.1 Εισαγωγή.....	77
4.2 Συμμετέχοντες.....	77
4.3 Ερευνητική διαδικασία.....	78
4.4 Το εκπαιδευτικό υλικό .....	78
4.5 Ερευνητικά εργαλεία συλλογής δεδομένων .....	88
4.5.1. Η επιλογή του ερωτηματολογίου .....	88
4.5.2. Το ερωτηματολόγιο.....	89
4.6 Συλλογή Δεδομένων.....	93
4.7 Ανάλυση Δεδομένων.....	94
4.9 Ανακεφαλαίωση .....	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 <sup>ο</sup> :ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	101
5.1. Εισαγωγή.....	101
5.2 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το 2 <sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα .....	101
5.2.1 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση της συνισταμένης δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα με την ταχύτητά του. ....	101
5.2.2 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη κατεύθυνση της δύναμης και την κίνηση. ....	104
5.2.3 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση της δύναμης και της επιτάχυνσης.....	106
5.2.4 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση μάζας και επιτάχυνσης. ....	110

5.3. Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη.....	112
5.3.1 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην πρακτική των μαθητών που αφορά στην υποβολή ερώτησης .....	113
5.3.2 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην εκφορά υπόθεσης. ....	115
5.3.3 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην αναγνώριση των μεταβλητών και την εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν ....	116
5.3.4 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην σχεδίαση πλάνων για έρευνα. .	122
5.3.5 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην οπτική αναπαράσταση των δεδομένων .....	125
5.3.6 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στον μετασχηματισμό των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα. ....	127
5.3.7 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων .....	128
5.3.8. Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων και συμπεράσματος .....	130
5.3.9. Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή πληροφορίας από διάγραμμα. ....	132
5.4 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ.....	134
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 <sup>ο</sup> : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	135
6.1 Εισαγωγή.....	135
6.2 Κύρια ευρήματα και σχολιασμός τους.....	136
6.2.1. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβαση που βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών στις αντιλήψεις των μαθητών για το Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα .....	136
6.2.2. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών στην σχεδίαση ερευνών και στη μαθηματική σκέψη .....	137
6.2.3. Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου .....	138

6.3 Περιορισμοί της έρευνας.....	139
6.4 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα .....	140
6.5 Ανακεφαλαίωση .....	141
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ.....	142
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ.....	150
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 (Ερωτηματολόγιο).....	179
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 (Φύλλα Εργασίας) .....	185

## Κατάλογος Πινάκων

<b>Πίνακας 2.1</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των επιστημονικών πρακτικών με τις εννοιολογικές κατηγορίες και υποκατηγορίες.....	28
<b>Πίνακας 3.1</b> Κατανομή απαντήσεων μαθητών-φοιτητών (%) για το μέγεθος των δυνάμεων που ενεργούν στις μπάλες ενός ταχυδακτυλουργού που βρίσκονται στο ίδιο ύψος από τη γη αλλά σε διαφορετικές φάσεις της κίνησής τους.....	48
<b>Πίνακας 3.2</b> Τα ποσοστά των ορθών απαντήσεων κατά τάξη.....	58
<b>Πίνακας 3.3</b> Αρχικός σχεδιασμός του πειράματος (Eryilmaz, 2002).....	59
<b>Πίνακας 4.1</b> Αντιστοίχιση φάσεων-δραστηριοτήτων και πρακτικών (διδασκαλίας 1).....	80
<b>Πίνακας 4.2</b> Αντιστοίχιση φάσεων-δραστηριοτήτων και πρακτικών (διδασκαλίας 2).....	83
<b>Πίνακας 4.3</b> Αντιστοίχιση φάσεων-δραστηριοτήτων και πρακτικών (διδασκαλίας 3).....	85
<b>Πίνακας 4.4</b> Αντιστοίχιση ζητημάτων προς διερεύνηση, αντιλήψεων μαθητών και ερωτήσεων του ερωτηματολογίου.....	89
<b>Πίνακας 4.5</b> Αντιστοίχιση ερωτήσεων – διαστάσεις της πρακτικής που αφορούν στην σχεδίασης έρευνας.....	91
<b>Πίνακας 4.6</b> Αντιστοίχιση ερωτήσεων – διαστάσεις της πρακτικής που αφορούν την μαθηματική και υπολογιστική σκέψη.....	91
<b>Πίνακας 4.7</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών και η περιγραφή τους.....	94
<b>Πίνακας 4.8</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 6 (διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος).....	94
<b>Πίνακας 4.9</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 7 (διατύπωση υπόθεσης).....	95
<b>Πίνακας 4.10</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 8 (εντοπισμός ανεξάρτητης μεταβλητής).....	95
<b>Πίνακας 4.11</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 9 (εντοπισμός μεταβλητών ελέγχου).....	96

<b>Πίνακας 4.12</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 10 (εντοπισμός εξαρτημένης μεταβλητής).....	96
<b>Πίνακας 4.13</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 11 (διατύπωση πλάνου για έρευνα).....	96
<b>Πίνακας 4.14</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 12 (δημιουργία πίνακα για τη συλλογή και σύνοψη δεδομένων).....	97
<b>Πίνακας 4.15</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 13 (εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων).....	97
<b>Πίνακας 4.16</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 14 (εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων).....	98
<b>Πίνακας 4.17</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 14 (εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων).....	98
<b>Πίνακας 4.18</b> Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 16.....	98
<b>Πίνακας 5.1</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών για τη σχέση δύναμης και ταχύτητας, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	101
<b>Πίνακας 5.2</b> Τα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών σχετικά με το ότι κάθε κίνηση προϋποθέτει τη δράση μιας δύναμης στη διεύθυνσή της, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	103
<b>Πίνακας 5.3</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών για τη σχέση δύναμης και ταχύτητας, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	105
<b>Πίνακας 5.4</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών για τη σχέση δύναμης και ταχύτητας, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	107
<b>Πίνακας 5.5</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών για τη σχέση μάζας και επιτάχυνσης, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	109
<b>Πίνακας 5.6</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην πρακτική της διατύπωσης του ερευνητικού ερωτήματος, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	112
<b>Πίνακας 5.7</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών στην εκφορά υπόθεσης, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	114
<b>Πίνακας 5.8</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	116
<b>Πίνακας 5.9</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό των μεταβλητών της έρευνας που μένουν σταθερές, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	118
<b>Πίνακας 5.10</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό της μεταβλητής της έρευνας (εξαρτημένη μεταβλητή), πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	120



<b>Πίνακας 5.11</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην σχεδίαση πλάνων για έρευνα, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	122
<b>Πίνακας 5.12</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στη δημιουργία πίνακα για τη συλλογή και σύνοψη δεδομένων, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%)...124	124
<b>Πίνακας 5.13</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	126
<b>Πίνακας 5.14</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	128
<b>Πίνακας 5.15</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων και συμπεράσματος, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	130
<b>Πίνακας 5.16</b> Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή πληροφορίας από διάγραμμα, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).....	131

## Κατάλογος Γραφημάτων

<b>Σχήμα 2.1</b> Τρία σώματα της γνώσης που εμπλέκονται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.....	17
<b>Σχήμα 3.1</b> Το πρόβλημα των δυνάμεων που ενεργούν σ' ένα βλήμα και οι πιθανές απαντήσεις από τις οποίες οι μαθητές θα έπρεπε να επιλέξουν την απάντηση που ήταν σύμφωνη με τη σχολική γνώση.....	41
<b>Σχήμα 3.2</b> Οι δυνάμεις που ενεργούν σ' ένα κέρμα που ρίχνεται κατακόρυφα προς τα πάνω(α) όπως τις σχεδίασαν οι φοιτητές και (β) όπως θα τις σχεδίαζε ένας φυσικός.....	41
<b>Σχήμα 3.3</b> Οι δυνάμεις που ενεργούν σε δύο θέσεις της τροχιάς ενός εκκρεμούς (α) όπως τις σχεδίασαν οι φοιτητές και (β) όπως θα τις σχεδίαζε ένας φυσικός.....	42
<b>Σχήμα 3.4</b> Οι μπάλες ενός ταχυδακτυλουργού που βρίσκονται στο ίδιο ύψος από τη γη αλλά σε διαφορετικές φάσεις της κίνησής τους. Οι μαθητές και οι φοιτητές έπρεπε να συγκρίνουν τις δυνάμεις που ενεργούν στις μπάλες.....	48
<b>Σχήμα 3.5</b> Η πορεία που ακολουθεί ένα υποθετικό διαστημόπλοιο μετά από δύο διαδοχικές πυροδοτήσεις, όπως τη σχεδίασαν οι μαθητές.....	49
<b>Σχήμα 3.6</b> Η κατεύθυνση της 1ης, 2ης, 3ης, πυροδότησης αντίστοιχα ενός υποθετικού διαστημοπλοίου. Οι μαθητές έπρεπε να προβλέψουν την κατεύθυνση του διαστημοπλοίου μετά την 3η πυροδότηση.....	50
<b>Σχήμα 3.7</b> Οι δυνάμεις που ενεργούν σ' ένα βιβλίο που βρίσκεται ακίνητο πάνω σ' ένα τραπέζι (α) όπως θα τις σχεδίαζε ένας φυσικός και (β) όπως τις σχεδίασαν οι φοιτητές.....	51
<b>Σχήμα 3.8</b> Προβληματική κατάσταση που αφορά τη δράση δύναμης σε ακίνητο αυτοκίνητο, όπως	

δόθηκε σε μαθητές γυμνασίου.....	51
<b>Σχήμα 4.1</b> Το γενικό φύλλο εργασίας για σχεδίαση ερευνών (Σκουμιός & Μουτζούρη, 2016).....	79

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αν και έχουν διερευνηθεί οι αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη και την κίνηση των σωμάτων, είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην εξέλιξη αυτών των αντιλήψεων των μαθητών και ιδιαίτερα των αντιλήψεων που σχετίζονται με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα. Επιπλέον, μολονότι έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές, είναι ιδιαίτερα περιορισμένος ο αριθμός των ερευνών που μελετούν τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στις πρακτικές που αναπτύσσουν οι μαθητές και ιδιαίτερα στις πρακτικές που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη. Η εργασία αυτή επιδιώκει τη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών για τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα στη διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (που αφορούν στη σχεδίαση ερευνών και στη χρήση μαθηματικής σκέψης) σε μαθητές της Α΄ Λυκείου. Επιπρόσθετα, επιχειρείται η σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της διδακτικής παρέμβασης και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου. Για τις ανάγκες της έρευνας, συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τον Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα το οποίο βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών, το οποίο εφαρμόστηκε σε 35 μαθητές που φοιτούσαν σε δυο τμήματα της Α΄ τάξης του Λυκείου. Επιπρόσθετα, άλλοι 32 μαθητές δυο τμημάτων της Α΄ τάξης του Λυκείου διδάχθηκαν τον Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα με βάση το εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού τους εγχειριδίου. Για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων, συγκροτήθηκε ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε από τους μαθητές τόσο πριν όσο και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις. Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι είναι εφικτή η διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών και η ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (που αφορούν στη σχεδίαση ερευνών και στη χρήση μαθηματικής σκέψης) στους μαθητές της Α΄ Λυκείου, μέσω της εφαρμογής του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε. Επιπρόσθετα, προέκυψε ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης που βασιζόταν στο εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε ήταν σημαντικά καλύτερα από τα μαθησιακά αποτελέσματα της διδακτικής παρέμβασης που βασιζόταν στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου των μαθητών.

## **ABSTRACT**

Although the perceptions of students' conceptions of the force and movement of bodies has been researched, the research itself is limited within the study of the contribution of teaching intervention in the evolution of these conceptions and, more specifically, in the conceptions that are related to Newton's Second Law. Moreover, although the importance of the development of scientific practices used by students has been recognized, there's a particularly limited number of studies that look into the contribution of teaching intervention in the methods that students develop and especially practices that relate to planning investigations and mathematical thinking. This dissertation aims to explore the contribution of a teaching intervention, based on a constructive approach to learning through the use of scientific practices for Newton's Second Law both in analyzing the perceptions of students and in developing scientific practices that relate to planning investigations and using mathematical thinking for students of the A' grade of Lyceum. Additionally, I attempt to compare the learning results of this teaching intervention and the one based on the instructional material of the school book. For the needs of the research, I have gathered material for Newton's Second Law through a constructive approach for the teaching of Physical Sciences using scientific practices, which was applied on 35 students who were attending two classes of the A' grade of Lyceum. By contrast, 32 other students from different classes of the A' grade of Lyceum were taught Newton's Second Law based on the instructional material of their school book. In order to assess the learning results, I constructed a questionnaire which was completed by the students, both before and after the teaching intervention. The data analysis showed that it is possible to educationally process students' conceptions and to develop scientific practices related to planning investigations and the use of mathematical thinking for students in the A' grade of Lyceum, through the application of the instructional material that was gathered. An additional outcome from this analysis was that the learning results of the teaching intervention based on the material that was gathered were significantly better than the ones based on the instructional material of the students' school book.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup> :ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Οριοθέτηση θέματος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με θέμα: *«η συμβολή μιας διδακτικής ακολουθίας που υποστηρίζεται από εκπαιδευτικό λογισμικό για τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα στις αντιλήψεις των μαθητών και στις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση ερευνών και στη χρήση μαθηματικής σκέψης»* εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών « Διδακτική Θετικών Επιστημών και Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση: Διεπιστημονική Προσέγγιση» του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Η παρούσα εργασία διερευνά την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών και την ανάπτυξη πρακτικών, μέσω κατάλληλα σχεδιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται σε ερευνητικά δεδομένα (Baviskar, Hartle, & Whitney, 2009; Skoumios, 2013; Skoumios & Hatzinikita, 2006). Ειδικότερα, η παρούσα εργασία μελετά τη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης αφενός στην διδακτική αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών της Α΄ Λυκείου σχετικά με τη δύναμη και κίνηση των σωμάτων και ειδικότερα για την εννοιολογική περιοχή του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα και αφετέρου στην ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη των μαθητών. Η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για την δύναμη και την κίνηση των σωμάτων επιδιώκεται σε αυτή την εργασία μέσα από την εμπλοκή τους με διδασκαλίες που εδράζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών (Baviskar, Hartle, & Whitney, 2009; Driver & Oldham, 1986; Kerr, Beggs & Murphy, 2006; Skoumios, 2009; Skoumios & Hatzinikita, 2006). Η ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών επιδιώκεται μέσα από την εμπλοκή των μαθητών με σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών από τους ίδιους τους μαθητές (Chin & Kayalvizhi, 2002; Hackling & Fairbrother, 1996; Glaesser, Ros & Barry, 2009). Επισημαίνεται ότι στη συγκρότηση του διδακτικού υλικού έχει χρησιμοποιηθεί το εκπαιδευτικό λογισμικό για την εννοιολογική περιοχή της δύναμης και κίνησης με την επωνυμία «Interactive Physics»

## 1.2 Αναγκαιότητα πραγματοποίησης της εργασίας

Η παρούσα εργασία υιοθετεί τις θέσεις για τη διδακτική διαχείριση των αντιλήψεων των μαθητών. Η πρώτη θέση συνδέεται με την εποικοδομητική άποψη για τη διδασκαλία και τη μάθηση, σύμφωνα με την οποία η γνώση δεν λαμβάνεται παθητικά αλλά οικοδομείται από το μαθητή (Driver, 1983;

Osborne & Freyberg, 1985; Scott, 1987), ο οποίος με τη σειρά του αποφασίζει να αλλάξει τις αντιλήψεις του. Η δεύτερη θέση συνδέεται με την άποψη ότι οι μαθητές πριν ξεκινήσουν την εκπαίδευσή τους στο σχολικό πλαίσιο, έχουν ήδη διαμορφώσει τις δικές τους αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Driver, Guesne & Tiberghien, 1985; Driver, Squires, Rushworth & Wood-Robinson, 1998). Η τρίτη θέση αναφέρεται στη σχέση των αντιλήψεων με τη διδασκαλία. Η καλή γνώση των αντιλήψεων των μαθητών επιτρέπει την καλύτερη οργάνωση μιας πιο αποτελεσματικής διδασκαλίας (Baviskar, Hartle, & Whitney, 2009; Driver & Oldham 1986).

Επιπλέον, έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών από τους μαθητές και έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1993; Archieve, 2012; National Research Council [NRC], 2000, 2011; OECD, 2006, 2013). Πιο συγκεκριμένα, επιδιώκεται οι μαθητές να είναι ικανοί να αναγνωρίζουν επιστημονικά ερωτήματα, να εκφέρουν υποθέσεις, να προβαίνουν σε έλεγχο των μεταβλητών, να επινοούν πειράματα, να συλλέγουν δεδομένα, να τα επεξεργάζονται και να εξάγουν συμπεράσματα (Hof & Mayer, 2009; Möller, Hartmann & Mayer, 2010; Wellnitz, Hartmann, & Mayer, 2010). Στην ανάπτυξη των παραπάνω πρακτικών μπορούν να συνεισφέρουν οι διαδικασίες σχεδίασης και πραγματοποίησης ερευνών από τους ίδιους τους μαθητές (Chin & Kayalvizhi, 2002; Hackling & Fairbrother, 1996; Glaesser, Ros & Barry, 2009; Μουντζούρη & Σκουμιός, 2016).

Ένα από τα θεμελιώδη ερωτήματα που θέτει η Φυσική είναι αυτό της κίνησης των σωμάτων, καθώς είναι σύμφυτη με την ύπαρξη όλων των οργανισμών στη γη, αφού όλα γύρω μας αλλά και εμείς οι ίδιοι κινούμαστε διαρκώς. Είναι μια έννοια με την οποία ερχόμαστε σε επαφή από πολύ μικρή ηλικία. Πολλές φορές την κίνηση αυτή την αντιλαμβανόμαστε όπως για παράδειγμα την κίνηση τη δική μας όταν περπατάμε, την κίνηση των οχημάτων, των ζώων. Όμως, την κίνηση των κυττάρων του οργανισμού μας, του ίδιου μας του πλανήτη, αλλά και των ουράνιων σωμάτων μολονότι αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό τους, δεν την αντιλαμβανόμαστε. Παράλληλα, στη πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και συγκεκριμένα στα αναλυτικά τους προγράμματα έχει ενταχθεί η δυναμική με τους Νόμους του Νεύτωνα αναγνωρίζοντας προφανώς την αναγκαιότητα μελέτης της.

Σχετικά με τη δύναμη και την κίνηση έχουν διερευνηθεί εκτεταμένα οι αντιλήψεις των μαθητών (Champagne et al. 1980 ; Champagne, Klopfer, and Anderson 1980 ; Halloun & Hestenes 1985, and Minstrell n.d. ; diSessa 1983 , Gilbert & Watts 1983, ; Trumper and Gorsky 1996 ; McCloskey 1983 ; Reiner, Slotta, Chi, and Resnick 2000 ; Ioannides and Vosniadou 2001). Όμως, είναι ιδιαίτερα περιορισμένη η έρευνα που αφορά στη διδακτική αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών για δύναμη και την κίνηση και ειδικότερα για το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα (Clement 1982 ; Στύλος, Ευαγγελάκης & Κώτσης, 2007 ; Στύλος & Κώτσης 2009· Κώτσης, 2011 ; Καράογλου, Κώτσης & Ρίζος, 2010 ; Κωσταρά & Κώτσης, 2015).

Επιπλέον, απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν την επίδραση διδασκαλιών που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού και επιστημονικών πρακτικών, τόσο στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά

με τις κινήσεις των σωμάτων όσο και στις επιστημονικές πρακτικές. Επιπρόσθετα, απουσιάζουν έρευνες που να συγκρίνουν τα μαθησιακά αποτελέσματα διδασκαλιών σχετικά με το ζήτημα της κίνησης των σωμάτων που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και διδασκαλιών που βασίζονται στην «παραδοσιακή προσέγγιση» (όπου ο εκπαιδευτικός παρέχει τη γνώση στους μαθητές) (Andoniadou & Skoumios, 2013).

Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης έρευνας που να εστιάζει στη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης, βασισμένης στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας με τη χρήση επιστημονικών πρακτικών, στην μελέτη αφενός των αντιλήψεων των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την εννοιολογική περιοχή του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα και αφετέρου στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών.

### **1.3. Σκοπός και ερευνητικοί στόχοι**

Η παρούσα εργασία εστιάζεται στη σχεδίαση, εφαρμογή και αξιολόγηση μιας διδακτικής παρέμβασης, για μαθητές της Α΄ Λυκείου, σχετικά με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών για τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, στις αντιλήψεις των μαθητών και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (που αφορούν στη σχεδίαση ερευνών και στη χρήση μαθηματικής σκέψης) σε μαθητές της Α΄ Λυκείου. Επιπρόσθετα, επιχειρείται η σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της διδακτικής παρέμβασης και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου.

Ειδικότερα, ως ερευνητικοί στόχοι της εργασίας αυτής τέθηκαν:

(α) η διερεύνηση της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα.

(β) η διερεύνηση της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση ερευνών και τη μαθηματική σκέψη.

(γ) η διερεύνηση της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στα μαθησιακά αποτελέσματα (αντιλήψεις και πρακτικές) αυτής της διδακτικής παρέμβασης που συγκροτήθηκε και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου της Φυσικής Α΄ Λυκείου για τον Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα.

## 1.4. Σημασία της εργασίας

Η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας έγκειται στο ότι αυτή εστιάζει στη συμβολή μιας διδακτικής παρέμβασης, βασισμένης στο εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας με τη χρήση επιστημονικών πρακτικών, στην μελέτη αφενός των αντιλήψεων των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με την εννοιολογική περιοχή του δεύτερου νόμου του Νεύτωνα και αφετέρου στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών. Επιπρόσθετα, συγκρίνει τα μαθησιακά αποτελέσματα διδασκαλιών σχετικά με το ζήτημα της κίνησης των σωμάτων που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και διδασκαλιών που βασίζονται στην «παραδοσιακή προσέγγιση»

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας αναμένεται να συμβάλλουν:

- (α) στη συγκρότηση κατάλληλων δραστηριοτήτων για την αποσταθεροποίηση των αντιλήψεων των μαθητών πάνω στην εννοιολογική περιοχή της κίνησης των σωμάτων με στόχο την εννοιολογική αλλαγή και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές,
- (β) στην αποσαφήνιση των γνωστικών στόχων της διδασκαλίας αναφορικά με την εννοιολογική περιοχή της δυναμικής της κίνησης των σωμάτων με γνώμονα την επέκταση ή την τροποποίηση των αντιλήψεων των μαθητών και την ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών,
- (γ) στη επανασχεδίαση των τμημάτων των αναλυτικών προγραμμάτων που αναφέρονται στην εννοιολογική περιοχή της δυναμικής και κινητικής στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση και
- (δ) στην κατάλληλη τροποποίηση της εκπαίδευσης και της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης ώστε να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των τροποποιημένων αναλυτικών προγραμμάτων.

## 1.5. Δομή της εργασίας

Η παρούσα εργασία αποτελείται από έξι κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο επιχειρείται η οριοθέτηση του θέματος της διπλωματικής εργασίας και η τεκμηρίωση της αναγκαιότητας της πραγματοποίησης της παρούσας έρευνας. Επιπλέον, καθορίζονται ο σκοπός και οι ερευνητικοί στόχοι καθώς και η δομή της εργασίας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας, ενώ στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την έννοια της δύναμης και της κίνησης και για τα αποτελέσματα των διδακτικών παρεμβάσεων που εστιάζονται στην αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών για τη συγκεκριμένη εννοιολογική περιοχή όπως επίσης παρουσιάζεται και η βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για την ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη.



Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η μεθοδολογία της έρευνας. Ειδικότερα, περιγράφεται η ερευνητική διαδικασία που ακολουθήθηκε στην συγκεκριμένη εργασία, οι συμμετέχοντες και το εκπαιδευτικό υλικό. Επιπρόσθετα, περιγράφεται το ερευνητικό εργαλείο συλλογής δεδομένων καθώς και η διαδικασία συλλογής και ανάλυσης των δεδομένων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας που αφορούν στη συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με την έννοια της δύναμης και της κίνησης και με την ανάπτυξη των πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας και μαθηματικής σκέψης, καθώς επίσης και στις διαφοροποιήσεις ανάμεσα στα μαθησιακά αποτελέσματα αυτής της διδακτικής παρέμβασης και μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου.

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

Τέλος, παρατίθενται οι βιβλιογραφικές αναφορές της εργασίας και τα παραρτήματα.

## **1.6. Ανακεφαλαίωση**

Η παρούσα εργασία μελετά τη διερεύνηση της συμβολής μιας διδακτικής παρέμβασης, που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών για τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, στις αντιλήψεις των μαθητών και στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (που αφορούν στη σχεδίαση ερευνών και στη χρήση μαθηματικής σκέψης) σε μαθητές της Α΄ Λυκείου. Επιπρόσθετα, επιχειρείται η σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων αυτής της διδακτικής παρέμβασης και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου. Τα συμπεράσματα της εργασίας μπορούν να αξιοποιηθούν τόσο στο επίπεδο της έρευνας όσο και στο επίπεδο της διδακτικής πράξης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup> : ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ**

### **2.1 Εισαγωγή**

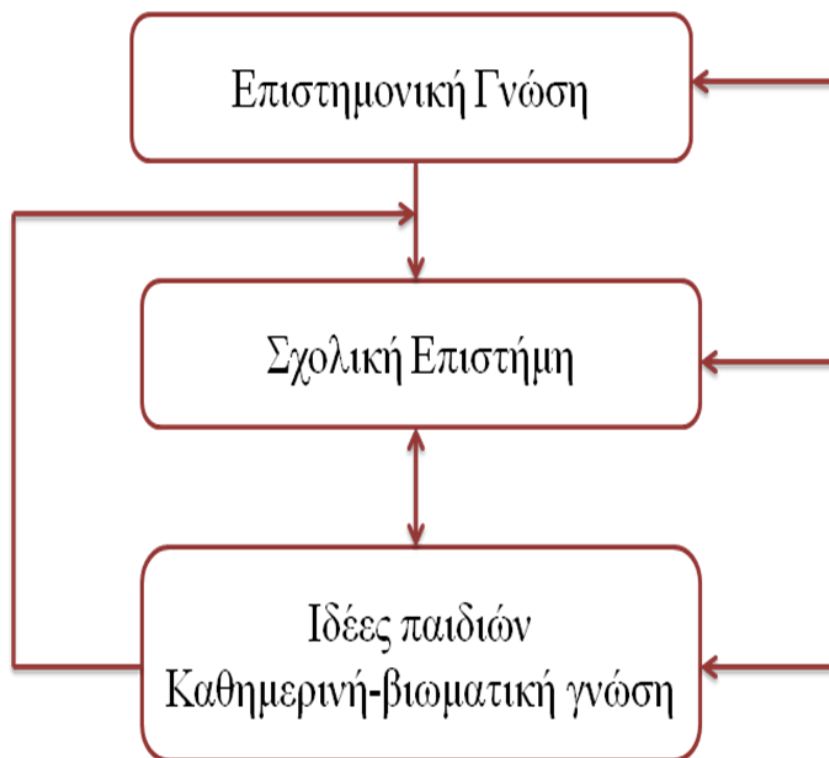
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζεται το θεωρητικό πλαίσιο της εργασίας, το οποίο αποτελείται από τέσσερις επιμέρους ενότητες. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται ερευνητικά δεδομένα σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (βλ. ενότητα 2.2). Στη δεύτερη ενότητα αναλύονται οι τρεις βασικές διδακτικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες (βλ. ενότητα 2.3). Αντικείμενο της τρίτης ενότητας αποτελεί η μάθηση ιδεών και εννοιών από τους μαθητές μέσω των επιστημονικών πρακτικών (βλ. ενότητα 2.4). Η τελευταία ενότητα επικεντρώνεται στη μάθηση ΦΕ με την χρήση εκπαιδευτικών λογισμικών (βλ. ενότητα 2.5).

### **2.2 Οι αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών**

Η ενότητα αυτή χωρίζεται σε τρεις υπο-ενότητες. Στην πρώτη υπο-ενότητα παρουσιάζονται τα κυριότερα συμπεράσματα των ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, όπως αυτά έχουν καταγραφεί τα τελευταία σαράντα έτη στη διεθνή ερευνητική βιβλιογραφία (βλ. υποενότητα 2.2.1), στη δεύτερη υπο-ενότητα αναφέρονται τα γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (βλ. υποενότητα 2.2.2) και στην τρίτη και τελευταία υπο-ενότητα αναλύονται οι στρατηγικές διδακτικής αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών (βλ. υποενότητα 2.2.3).

#### **2.2.1. Συμπεράσματα ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών**

Στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών εμπλέκονται τα παρακάτω τρία διακριτά σώματα γνώσης: η φυσικό-επιστημονική γνώση, η σχολική της εκδοχή και η καθημερινή-βιωματική γνώση των μαθητών (Κουλαϊδής 1994, 2001). Οι επιστημονικές κοινότητες των Φυσικών Επιστημών όταν προσπαθούν να προωθήσουν ή να αλλάξουν τη γνώση ασχολούνται με τη φυσικό-επιστημονική γνώση, της οποίας η σχολική εκδοχή έχει ως φορείς της τους διδάσκοντες και τα σχολικά βιβλία και ο χειρισμός της γίνεται κυρίως στην τάξη. Η πρακτικό-βιωματική γνώση των παιδιών πηγάζει από την καθημερινή εμπλοκή τους με τη ζωή και με το γεγονός ότι χρησιμοποιούν ορισμένους γλωσσικούς κώδικες.



**Σχήμα 2.1.** Τα τρία σώματα της γνώσης που εμπλέκονται στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Την τελευταία τριακονταετία η καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για τις βασικότερες περιοχές της διδασκόμενης φυσικό-επιστημονικής γνώσης, απετέλεσε το αντικείμενο μελέτης ενός εκτεταμένου αριθμού εμπειρικών ερευνών (Driver et al., 1985; Driver et al., 1994; Duit, 2009; Pfundt & Duit 2004). Τα κυριότερα συμπεράσματα, κοινά σε μεγάλο αριθμό αυτών των ερευνών, είναι τα εξής:

- Οι μαθητές έχουν διαμορφώσει αντιλήψεις πριν έρθουν στο σχολείο, με βάση τις αισθητηριακές τους εμπειρίες από το κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον, για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών. Σε πολλές περιπτώσεις οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών διαφέρουν από τις απόψεις της επιστημονικής γνώσης και της σχολικής της εκδοχής (Driver et al., 1994; Kang, Scharmann & Noh, 2004; Χατζηνικήτα, 2001).
- Οι αντιλήψεις των μαθητών συχνά αντιστέκονται σε οποιαδήποτε προσπάθεια τροποποίησής τους και τους ακολουθούν μέχρι την ενηλικίωσή τους, ενώ ελάχιστα επηρεάζονται από την παραδοσιακή διδασκαλία και συνήθως το οποιοδήποτε μαθησιακό αποτέλεσμα δεν έχει χρονική διάρκεια (Chi, Kistensen & Roscoe, 2012; Driver et al. 1994; Hartel, 1982; Lemmer, 2013; Viennot, L. 1979 ; Χατζηνικήτα, 2001; Ψύλλος κά 1993)
- Ορισμένες αντιλήψεις που καταγράφονται από την έρευνα φαίνεται να είναι αρκετά

διαδεδομένες ανάμεσα στους μαθητές (Driver et al., 1994; Χατζηνικήτα και Χρηστίδου, 2001).

- Σε ορισμένες περιπτώσεις οι μαθητές μπορεί να διατηρούν μετά τη διδασκαλία τόσο την εξήγηση του δασκάλου από τη «σχολική επιστήμη», όσο και τις δικές τους προϋπάρχουσες αντιλήψεις. Είναι δυνατόν επίσης να προκύψει ένα είδος συγχώνευσης ή αλληλεπίδρασης των δύο συστημάτων αντιλήψεων (Driver et al., 1994; Χατζηνικήτα και Χρηστίδου, 2001).
- Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των αντιλήψεων των μαθητών παίζει το πολιτιστικό πλαίσιο μέσα στο οποίο ζουν και κυρίως η γλώσσα μέσω της οποίας επικοινωνούν (Driver et al. 1985; Driver et al., 1994; Κόκκοτας, 1998; Ψύλλος κ.ά., 1993).

## **2.2.2. Γενικά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών**

Σε μια ποικιλία θεμάτων της φυσικό-επιστημονικής γνώσης, οι εμπειρικές έρευνες, σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών όλων των βαθμίδων, έχουν δείξει ότι οι αντιλήψεις των μαθητών έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά (Driver et al. 1985, Driver et al. 1994, Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001), ανεξάρτητα από την ηλικία των μαθητών και τον τόπο καταγωγής τους. Κατόπιν, παρουσιάζονται αυτά και δίδονται ενδεικτικά παραδείγματα.

### ***Κυριάρχηση της σκέψης από τα αντιληπτικά δεδομένα***

Όταν οι μαθητές βρίσκονται αντιμέτωποι με ένα πρόβλημα, τότε τείνουν να προβαίνουν σε μια «ανάγνωση» της κατάστασης που στηρίζεται αρχικά σε δεδομένα που γίνονται αντιληπτά μέσω των αισθήσεων (Driver et al., 1985; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η περίπτωση κατά την οποία ένας μαθητής θεωρεί ότι η ζάχαρη εξαφανίζεται όταν διαλύεται στο νερό (Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001), όπως επίσης και ότι η θερμοκρασία μιας μεταλλικής ράβδου είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία μιας ξύλινης ράβδου (Skoumios & Hatzinikita, 2006).

### ***Περιορισμένη εστίαση***

Οι μαθητές εμφανίζουν την τάση να επικεντρώνουν την προσοχή τους και να λαμβάνουν υπόψη τους ορισμένες μόνο όψεις των καταστάσεων που μελετούν, αγνοώντας κάποιες άλλες (Driver et al., 1985; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

Σαν παράδειγμα μπορεί να αναφερθεί η αντίληψη που εκδηλώνουν τα παιδιά όταν ερωτηθούν για την θερμοκρασία που έχουν ένα μικρό παγάκι και ένα μεγάλο μέσα στην κατάψυξη. Θεωρούν ότι η

θερμοκρασία στα δύο παγάκια εξαρτάται από το μέγεθός τους, αγνοώντας το περιβάλλον της κατάψυξης (Skoumios & Hatzinikita, 2005).

### ***Εξάρτηση αντιλήψεων από το πλαίσιο χρήσης τους***

Οι μαθητές συχνά ενεργοποιούν διαφορετικές αντιλήψεις προκειμένου να ερμηνεύσουν καταστάσεις που θεωρούνται ισοδύναμες σύμφωνα με την επιστημονική γνώση (Driver et al., 1985; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001). Στο βαθμό που οι μαθητές δεν αντιλαμβάνονται την αναγκαιότητα για συνεπή θεώρηση, διαμορφώνουν, για πανομοιότυπες καταστάσεις, διαφορετικά ή ακόμα και αντιφατικά μεταξύ τους νοήματα, ανάλογα με το εκάστοτε πλαίσιο συμφραζομένων.

### ***Έννοιες που δεν διαχωρίζονται***

Οι μαθητές συνήθως χρησιμοποιούν αδιακρίτως έννοιες, οι οποίες έχουν διαφορετική σημασία σύμφωνα με την επιστημονική γνώση (Driver et al., 1985; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001) όπου η μετάβαση από τη μια σημασία στην άλλη γίνεται μάλιστα χωρίς οπωσδήποτε να το συνειδητοποιούν οι μαθητές.

### ***Γραμμικός αιτιακός συλλογισμός***

Οι μαθητές, εξαιτίας της εφαρμογής μιας τοπικής και όχι ολικής θεώρησης των εξεταζόμενων συστημάτων, τείνουν να περιγράφουν και να ερμηνεύουν τις αλλαγές των συστημάτων με τη βοήθεια γραμμικών, χρονικών ή και τοπικών, αιτιακών αλυσίδων κάθε τμήμα των οποίων αναφέρεται σε ένα απλό φαινόμενο (Driver et al., 1985; Χατζηνικήτα & Χρηστίδου, 2001).

### ***Οι αντιλήψεις είναι ανθεκτικές στην αλλαγή***

Η εμπειρική έρευνα σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών όλων των βαθμίδων για μια ποικιλία θεμάτων της φυσικό-επιστημονικής γνώσης έχει αναδείξει τον ιδιαίτερο σταθερό και ανθεκτικό χαρακτήρα τους (Ψύλλος κ.ά., 1993; Βοσνιάδου 1994). Η σταθερότητα και ανθεκτικότητα που χαρακτηρίζει τις αντιλήψεις συνάγεται επίσης και σε σχέση με την εννοιολογική αλλαγή, η οποία, όποτε λαμβάνει χώρα, συνιστά μια μακρόχρονη και βραδεία διαδικασία, που υπερβαίνει τις συνήθεις βραχύχρονες σχολικές διαδικασίες μάθησης (Skoumios & Hatzinikita, 2005).

Για παράδειγμα, για τους μαθητές το ετερότροφο μοντέλο θρέψης των φυτών, όπως δείχνουν οι έρευνες, είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό και μετά τη διδασκαλία της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Τα περισσότερα παιδιά ερχόμενα στο σχολείο μέσα από τη βιομηχανική τους εμπειρία έχουν αποδώσει έναν ετερότροφο τρόπο θρέψης στα φυτά, ανάλογο με αυτό των ζώων και πιστεύουν ότι το φυτό είναι

σαν ένα ζώο που στηρίζεται στο έδαφος με τις ρίζες του και τρέφεται από αυτές (Χατζηνικήτα, 2001).

### **2.2.3.Στρατηγικές διδακτικής αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών**

Θέτοντας το ζήτημα των τρόπων με τους οποίους οφείλουμε να αντιμετωπίσουμε τις αντιλήψεις των μαθητών, μπορούμε να διακρίνουμε τις ακόλουθες θέσεις (Giordan & de Vecchi 1987): (α) αγνόηση ή αποφυγή των αντιλήψεων των μαθητών και (β) γνώση των αντιλήψεων των μαθητών.

#### ***(α)Αγνόηση ή αποφυγή των αντιλήψεων των μαθητών (λειτουργώντας χωρίς τις αντιλήψεις)***

Η θέση αυτή καταγράφει μια αρνητική στάση που πλησιάζει την πλήρη απόρριψη. Σύμφωνα με αυτήν την θέση, οι αντιλήψεις που εκφράζουν οι μαθητές συνιστούν ένα «παρασιτικό φαινόμενο» στο πλαίσιο του οποίου ο μαθητής εκφράζει «ότι του κατέβει στο μυαλό». Επιπλέον, οι αντιλήψεις είναι μερικές φορές πολύπλοκες και μπερδεμένες, ποικίλουν υπερβολικά και ενέχουν τον κίνδυνο να «μολύνουν» και τις αντιλήψεις των συμμαθητών του.

#### ***(β)Γνώση των αντιλήψεων των μαθητών***

Παρόλο που οι ερευνητές του χώρου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών στο σχεδιασμό της διδασκαλίας, συμφωνούν για την αναγκαιότητα της γνώσης των αντιλήψεων εντούτοις αυτό δεν αντανακλάται στην εκπαιδευτική πρακτική. Θα παρουσιάσουμε συνοπτικά τις εξής στρατηγικές αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών (Giordan & de Vecchi 1987).

i)Λειτουργώντας μαζί με τις αντιλήψεις. Σύμφωνα με αυτή τη θέση υπάρχει μια συνέχεια ανάμεσα στην επιστημονική γνώση και στη πρακτικο-βιωματική, και συνεπώς στη μετάβαση από τη μια μορφή γνώσης στην άλλη χωρίς καμιά τομή.

ii) Λειτουργώντας ενάντια στις αντιλήψεις.Σύμφωνα με αυτή τη θέση υπάρχει μια ασυνέχεια ανάμεσα στην πρακτικο-βιωματική και στη επιστημονική γνώση, οπότε και στη μετάβαση από τη μια μορφή γνώσης στην άλλη με τομές.

iii) Λειτουργώντας «μαζί» και «ενάντια» στις αντιλήψεις.Σύμφωνα με αυτή τη θέση είναι χρήσιμο ο εκπαιδευτικός να στηριχθεί αφενός στις υπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών, εφόσον αυτές αντιστοιχούν στα μοναδικά εργαλεία που διαθέτει ο μαθητής για την προσέγγιση και την αποκωδικοποίηση της πραγματικότητας, και αφετέρου να «συνταράξει», να αμφισβητήσει αυτό το οικοδόμημα των καθημερινών γνώσεων εφόσον αυτές συνιστούν ένα φίλτρο της πραγματικότητας. Αυτό που πρέπει να πραγματοποιηθεί είναι μια συνολική αλλαγή του πρωτοκόλλου ανάλυσης του περιβάλλοντος, μια τροποποίηση της οργάνωσης των ιδεών του με ριζικό τρόπο που ισοδυναμεί με

την ανάληψη ενός είδους συνολικής αναδιοργάνωσης της σκέψης τους.

## **2.3 Διδακτικές προσεγγίσεις Φυσικών Επιστημών**

Η ενότητα αυτή αποτελείται από δυο επιμέρους υπο-ενότητες. Αρχικά παρουσιάζονται δύο διδακτικές προσεγγίσεις των Φυσικών Επιστημών (παραδοσιακή και ανακαλυπτική) (βλ. υποενότητα 2.3.1) και στη δεύτερη υπο-ενότητα παρουσιάζονται οι αρχές της επικοδομητικής προσέγγισης μάθησης και αναλύεται η έννοια της εννοιολογικής αλλαγής (βλ. υποενότητα 2.3.2).

### **2.3.1. Η παραδοσιακή και η ανακαλυπτική διδακτική προσέγγιση στις Φυσικές Επιστήμες.**

Υπάρχουν τρεις κυρίαρχες διδακτικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Σπυροπούλου - Κατσάνη Δ. , 2002 ;Κόκκοτας, Π., 2002 ; Ραβάνης Κ., 2003 ; Κουλαϊδής, Β., 2007 ; Γεώργιος Κ, Στύλος ,2014) :η παραδοσιακή προσέγγιση, η ανακαλυπτική προσέγγιση και η επικοδομητική προσέγγιση. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι δύο πρώτες, ενώ η τρίτη προσέγγιση παρουσιάζεται στην επόμενη ενότητα.

#### **α. Η «παραδοσιακή» προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών**

Η παραδοσιακή προσέγγιση, που χρησιμοποιήθηκε στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 19ου αιώνα -και που σε πολλές χώρες χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα- θεωρεί το μυαλό του παιδιού σαν άγραφο χαρτί πάνω στο οποίο ο δάσκαλος μπορεί να εγγράφει οτιδήποτε ή καλύτερα να εγγράφει τη δική του επιστήμη και θεωρεί ότι ο μαθητής δεν έχει καμία γνώση για κάποιο θέμα πριν το διδαχθεί επίσημα στο σχολείο (Κόκκοτας, 2004). Σύμφωνα με την παραπάνω άποψη η γνώση μεταδίδεται από το δάσκαλο στους μαθητές (Symington & Kirkwood, 1995). Η μάθηση θεωρείται ως απομνημόνευση και ανάκληση της γνώσης και η διδασκαλία είναι μια διαδικασία μεταφοράς της γνώσης (Barnes, 1976; Bloom, Englehart et al., 1956). Στόχος της διδασκαλίας είναι οι μαθητές να είναι σε θέση να αναπαράγουν αυτά που διδάχτηκαν. Οι στρατηγικές διδασκαλίας που υιοθετούνται από το δάσκαλο, είναι η διάλεξη (μονόλογος), οι ερωτήσεις και σε ορισμένες περιπτώσεις, τα πειράματα επίδειξης τα οποία αποσκοπούν στην επαλήθευση της θεωρίας (Ashiq, Azeem & Shakoor, 2011). Η κύρια διδακτική πρακτική είναι εκείνη στην οποία οι μαθητές επιβεβαιώνουν επιστημονικές αρχές πραγματοποιώντας πειράματα που προτείνονται από το δάσκαλο. Σχετικά με την οργάνωση της τάξης, οι μαθητές εργάζονται ατομικά. Επιπλέον, οι λάθος απαντήσεις των μαθητών πιστεύεται ότι

εμποδίζουν την πρόοδο της διδασκαλίας και για το λόγο αυτό σε αυτή τη διδακτική προσέγγιση ως στόχος τίθεται η αποφυγή τους (Andoniadou & Skoumios, 2013).

#### β. Η ανακαλυπτική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Η ανακαλυπτική προσέγγιση για τη μάθηση εμφανίστηκε στη δεκαετία του 1960. Σύμφωνα με αυτή, η γνώση δεν μεταφέρεται από το δάσκαλο στο μαθητή, αλλά ανακαλύπτεται από τον ίδιο το μαθητή με τη σωστή καθοδήγηση του δασκάλου (Sund et al., 1967; Thier, 1970). Η μάθηση, δηλαδή, θεωρείται ως ανακάλυψη της νέας γνώσης (Fleer, 2007). Στηρίζεται στην υπόθεση ότι αν στα παιδιά δοθούν τα απαραίτητα μέσα και τους υποβληθούν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, τότε αυτά καθοδηγούμενα με κατάλληλο τρόπο θα μπορέσουν να ανακαλύψουν για τους εαυτούς τους τη γνώση (Κόκκοτας, 2004). Στόχος δεν είναι για το μαθητή να απομνημονεύσει μεγάλες ποσότητες πληροφοριών, αλλά να είναι σε θέση να εξηγήσει τι έχει ανακαλύψει (Hodson, 1985). Οι στρατηγικές διδακτικής της ανακαλυπτικής προσέγγισης είναι ο πειραματισμός, οι ερωτήσεις, η έρευνα και η συζήτηση (Fleer, 2007). Η κύρια διδακτική πρακτική είναι εκείνη στην οποία οι μαθητές ανακαλύπτουν επιστημονικούς κανόνες ακολουθώντας στοιχεία της επιστημονικής μεθόδου (Hodson, 1985). Σχετικά με την οργάνωση της τάξης, οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες, όπου κάθε μαθητής αναλαμβάνει ένα συγκεκριμένο έργο. Επιπλέον, οι λάθος απαντήσεις των μαθητών πιστεύεται ότι εμποδίζουν την πρόοδο της διδασκαλίας και για το λόγο αυτό σε αυτή τη διδακτική προσέγγιση ως στόχος τίθεται η αποφυγή τους (Andoniadou & Skoumios, 2013).

Αξίζει να σημειωθεί, ότι στο πρότυπο της ανακαλυπτικής διδασκαλίας εντάσσεται και το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο που προτείνει το σχολικό εγχειρίδιο της Α΄ Λυκείου. Στο ερευνητικά αυτό εξελισσόμενο μοντέλο ο δάσκαλος αναζητά εναύσματα προκαλώντας το ενδιαφέρον των μαθητών, προβληματίζει τους μαθητές προτρέποντας τους να διατυπώσουν υποθέσεις, τους ενεργοποιεί στην εξέλιξη των πειραμάτων και στην καταγραφή παρατηρήσεων, προκαλεί συζήτηση για τη διερεύνηση των παρατηρήσεων και την εξαγωγή συμπερασμάτων και εξασφαλίζει την εμπέδωση οδηγώντας σταδιακά τους μαθητές στη γενίκευση, στη μεταφορά και εφαρμογή της γνώσης στα φαινόμενα της καθημερινής ζωής (Ο.Ε.Δ.Β., 2004)

Στην επόμενη υπο-ενότητα παρουσιάζονται οι βασικές αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης στη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών.

### **2.3.2. Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.**

Σύμφωνα με το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης, οι μαθητές κατασκευάζουν οι ίδιοι μια καινούργια γνώση μέσα από μια διαδικασία αλληλεπίδρασης βιωματικών ιδεών για το εκπαιδευτικό περιβάλλον



και για τα φυσικά φαινόμενα που έχουν ήδη δημιουργήσει για αυτά (Κολιόπουλος, 2001; Phillips 2000; Widolo, Duit & Muller 2002). Η οικοδόμηση της γνώσης, λοιπόν, επειδή απαιτεί τη συμμετοχή του υποκειμένου είναι μια δυναμική διαδικασία.

Από τη σχετική βιβλιογραφία προκύπτουν οι ακόλουθες αρχές σχετικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση (Phillips 2000, Widolo, Duit & Muller 2002):

- Οι μαθητές έχουν σχηματίσει αντιλήψεις πριν από τη διδασκαλία.
- Οι μαθητές κατασκευάζουν τη γνώση ενεργητικά και η μάθηση που βασίζεται στην υπάρχουσα γνώση, είναι μια ενεργός διαδικασία οικοδόμησης νέας γνώσης .
- Οι μαθησιακές εμπειρίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν γνωστικές συγκρούσεις στους μαθητές.
- Η μάθηση θεωρείται ως διαδικασία αλλαγής των αντιλήψεων των μαθητών.

Σύμφωνα με το Matthews (1994) υπάρχουν διάφορες εκδοχές του εποικοδομητισμού. Στα επόμενα θα αναφερθούμε στον ατομικό και τον κοινωνικό εποικοδομητισμό.

Ο Ατομικός Εποικοδομητισμός με κύριο εκπρόσωπο τον Piaget, στρέφεται περισσότερο προς το άτομο και την υποκειμενική θέση του για τη μάθηση (Matthews, 2007). Σύμφωνα με το έργο του Ελβετού βιολόγου Jean Piaget «Γενετική Επιστημολογία» η γνώση αποκτάται χάρη σε δύο συμπληρωματικούς μεταξύ τους μηχανισμούς, την *αφομοίωση*, που συμβαίνει όταν η νέα πληροφορία ενσωματώνεται στην προϋπάρχουσα γνωστική δομή, και την *προσαρμογή*, που συμβαίνει όταν η νέα πληροφορία αντιτίθεται στην προϋπάρχουσα γνωστική δομή, προκαλεί αναδιατάξεις και ανακατατάξεις, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας νέας γνωστικής δομής (Δανασσής & Αφεντάκης, 2004).

Γενικά, ο Ατομικός Εποικοδομητισμός πρεσβεύει ότι η γνώση των ατόμων για το φυσικό κόσμο κατασκευάζεται και δε μεταβιβάζεται και ότι η προϋπάρχουσα γνώση επηρεάζει τη μαθησιακή διαδικασία. Επίσης, υποστηρίζει ότι άτομα διαφορετικής κοινωνικής τάξης και κουλτούρας έχουν παρόμοιες παρανοήσεις και ότι η πραγματική μάθηση επιτυγχάνεται μόνο όταν ο μαθητής εμπλέκεται ενεργά σε κατάλληλα σχεδιασμένες δραστηριότητες (Χαλκιά, 2010α).

Το μοντέλο διδασκαλίας που προτείνει ο ατομικός εποικοδομητισμός εστιάζει σε τρία σημεία: α) στην *Αφετηρία*, δηλαδή στη εξακρίβωση της προηγούμενης γνώσης των μαθητών και ανάδειξη των εναλλακτικών ιδεών για τις φυσικές έννοιες και τα φαινόμενα, β) στο *Στόχο*, δηλαδή στην επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής μέσω γνωστικής σύγκρουσης, γ) στην *Έμφαση*, δηλαδή στη διαδικασία της μεταγνώσης, η οποία είναι η ικανότητα ενός ατόμου «να γνωρίζει πως μαθαίνει» (Κόκκοτας, 2008).

Στο πλαίσιο του εποικοδομητισμού, εκτός από τις γνωστικές θεωρίες της μάθησης, κινούνται και οι κοινωνικοπολιτισμικές θεωρίες, οι οποίες θα μπορούσαμε να πούμε ότι λειτουργούν συμπληρωματικά με αυτές, ρίχνοντας όμως το βάρος τους στον κοινωνικό καθορισμό της γνώσης (κοινωνικός εποικοδομητισμός). Ο Vygotsky υποστήριξε ότι η σκέψη είναι εσωτερικευμένη γλώσσα, ενώ εισήγαγε τη έννοια της «ζώνης της επικείμενης ανάπτυξης» (zone of proximal development), της

οποίας βασικός άξονας είναι η κρίσιμη για την ανάπτυξη διαμεσολαβητική λειτουργία του περιβάλλοντος και των ατόμων που προσφέρουν στο παιδί βοήθεια για την ανάπτυξή του αυτή (Σολομωνίδου, 2006). Σύμφωνα με τον Κοινωνικό Εποικοδομητισμό, η γνώση προηγείται της ανάπτυξης, οδηγώντας σε αυτή, οπότε και ο ρόλος του εκπαιδευτικού γίνεται περισσότερο απαραίτητος και ενεργός, ώστε να δοθεί στο μαθητή η κατάλληλη γνωστική στήριξη και πολύ πιο σημαντικός όσον αφορά τη «λειτουργία του» ως διαμεσολαβητή των κοινωνικών και πολιτισμικών μηνυμάτων που προσφέρονται στο μαθητή ως στοιχεία που θα τον οδηγήσουν στην οικοδόμηση των δικών του γνωστικών σχημάτων (Ράπτης & Ράπτη, 2007).

Όπως έχουμε αναφέρει, από τις βασικές παραδοχές του εποικοδομητισμού είναι ότι η μάθηση είναι ενεργά δομημένη από το ίδιο το υποκείμενο και δεν επιτυγχάνεται με τον εκπαιδευόμενο ως παθητικό δέκτη. Μαθαίνουμε, λοιπόν δρώντας και αυτό πραγματοποιείται εντός ενός κοινωνικού πλαισίου, αποδίδοντας έτσι εξέχοντα ρόλο στη συμβολή της κοινωνικής ομάδας στην κατασκευή της γνώσης η οποία είναι προσδιορισμένη κοινωνικά και σαν κατασκευή κοινωνική μπορεί να πραγματοποιηθεί στο πλαίσιο της κοινότητας – μαθητικής ομάδας. Η εργασία κατά ομάδες, η διατύπωση προβλέψεων και η συζήτηση των μαθητών πάνω σε αυτές, τα πειραματικά αποτελέσματα που συνήθως είναι διαφορετικά από τις προβλέψεις και η συζήτηση που έπεται, δημιουργούν τις προϋποθέσεις για την οικοδόμηση της νέας γνώσης (Πανέτσος, & Κατσίρης, 2008; Skoumios, 2009).

Ο κοινωνικός εποικοδομητισμός λοιπόν, για τη διδασκαλία και τη μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες, αναγνωρίζει ότι η μάθηση είναι μια κοινωνική δραστηριότητα κατά την οποία οι μαθητές εμπλέκονται σε μια κατασκευή εννοιών μέσω συζητήσεων και διαπραγματεύσεων με τους άλλους συμμαθητές τους και με τους διδάσκοντες (Solomon, 1987). Στο πλαίσιο του κοινωνικού εποικοδομητισμού η μάθηση των Φυσικών Επιστημών, θεωρείται ως διαδικασία όπου οι μαθητές μέσω τόσο ατομικών όσο και κοινωνικών διαδικασιών κατασκευάζουν γνώση, (Driver et al. 1994).

Η εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση σχετίζεται με τον όρο *εννοιολογική αλλαγή* η οποία υποδηλώνει ότι «η διδασκαλία της επιστήμης εμπεριέχει συχνά μία εκ θεμελίων αναδόμηση της προϋπάρχουσας γνώσης» (Βοσνιάδου, 1994, σελ. 233-261). Γενικά, με τη έκφραση «εννοιολογική αλλαγή» εννοούμε την τροποποίηση των διαισθητικών αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών σε γνώσεις που είναι συμβατές με τη σχολική εκδοχή της φυσικο-επιστημονικής γνώσης (Κόκκοτας, 2004). Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί ένας αριθμός στρατηγικών παρέμβασης που αποσκοπούν να βοηθήσουν τους μαθητές στη μετατόπιση τους προς κατανοήσεις των φαινομένων που είναι επιστημονικά αποδεκτές (Wandersee et al., 1993)

Σύμφωνα με τους Rumelhart and Norman (1978), για να πετύχουμε «συμφωνία» των νοητικών δομών των μαθητών με τη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης, θα πρέπει να τα τροποποιήσουμε και αυτό μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους:

*Την επαύξηση της υπάρχουσας γνώσης*, με την παροχή για παράδειγμα νέων πληροφοριών, εννοιών και νόμων, που να εντάσσονται στις αντίστοιχες δομές κάθε μαθητή και να συνδέονται με τις υφιστάμενες ιδέες που έχει ήδη ο μαθητής.

*Την εναρμόνιση* *υπαρχόντων νοητικών δομών που έχουν ήδη σχηματίσει οι μαθητές με μικρές τροποποιήσεις, ώστε να γίνουν πιο συμβατές με το επιστημονικό πρότυπο, όπως για παράδειγμα με το σχεδιασμό κατάλληλων δραστηριοτήτων ή εργασιών πεδίου.*

*Την αναδιοργάνωση των γνωστικών δομών των μαθητών, αρχικά με την οργάνωση των αποθηκευμένων ήδη πληροφοριών, και την αντικατάστασή τους, με νέες γνωστικές δομές που θα είναι πιο συμβατές προς το επιστημονικό πρότυπο.*

Η θεωρία της εννοιολογικής αλλαγής, που είχε ήδη αναπτυχθεί στις αρχές της δεκαετίας του '80 υποστηρίζει ότι υπάρχει μια τετράδα συνθηκών για την επίτευξη εννοιολογικής αλλαγής (Hewson 1982, Posner et al. 1982, Strike et al. 1985). Συγκεκριμένα, οι Posner and Strike (1982) προτείνουν τέσσερις συνθήκες που οδηγούν σε εννοιολογική αλλαγή και άρα συμβάλλουν στην αλλαγή των γνωστικών δομών των μαθητών, στην περιοχή των Φ.Ε. :

1. Η πρώτη είναι η ανάγκη δημιουργίας δυσaráεσκείας με τις υπάρχουσες έννοιες, αφού δεν θα μπορούν να περιγράψουν και να ερμηνεύσουν συγκεκριμένα φυσικά φαινόμενα.
2. Η δεύτερη αφορά τη δυνατότητα των μαθητών να μάθουν τις νέες έννοιες, όταν διαπιστώσουν τη δυνατότητα που τους παρέχουν για περιγραφή της εμπειρίας τους.
3. Η τρίτη συνθήκη σχετίζεται με το αν οι νέες έννοιες είναι ευλογοφανείς και αυτό αποδεικνύεται με την ικανότητά τους να λύσουν τα προβλήματα που παρουσιάζουν οι έννοιες τις οποίες αντικαθιστούν.
4. Η τέταρτη συνθήκη αναφέρεται στην επεκτασιμότητα των νέων εννοιών, η οποία δείχνει τη δυνατότητα για άνοιγμα νέων προοπτικών στην έρευνα, όπως και την επεξηγηματική ή και τεχνολογική ισχύ τους.

Οι Dykstra, Boyle και Monarch (1992) ισχυρίστηκαν ότι η εννοιολογική αλλαγή είναι μια προοδευτική διαδικασία βελτίωσης των μαθησιακών αντιλήψεων και προτείνει μια ταξινόμηση της εννοιολογικής αλλαγής που αποτελείται από διαφοροποίηση, επέκταση τάξης και επαναπροσδιορισμό. Ομοίως, οι Niedderer και Goldberg (1994) περιγράφουν την εννοιολογική αλλαγή ως μια διαδικασία αλλαγής από τις προηγούμενες αντιλήψεις του μαθητή σε μερικές ενδιάμεσες αντιλήψεις και στη συνέχεια σε επιστημονικές αντιλήψεις. Σε μια πιο πρόσφατη μελέτη της εννοιολογικής αλλαγής στην εξέλιξη, οι Demastes , Good , & Peebles (1996) προσδιόρισαν τέσσερα πρότυπα αλλαγής: (α) μια αλληλουχία(cascade) αλλαγών δηλαδή μια ακολουθία εννοιολογικών αλλαγών που προκλήθηκαν από την αλλαγή σε μία αντίληψη, β) χονδρικές (wholesale) αλλαγές δηλαδή εναλλακτικές αντιλήψεις που απορρίπτονται υπέρ των επιστημονικών αντιλήψεων, γ) σταδιακές (incremental) αλλαγές δηλαδή εναλλακτικές αντιλήψεις που μεταβάλλονται σταδιακά σε επιστημονικές αντιλήψεις και δ) διπλές κατασκευές (dual constructions) δηλαδή μαθητές που κατέχουν δύο λογικά ασύμβατες αντιλήψεις.

Με την εφαρμογή κατάλληλων διδακτικών στρατηγικών οι μαθητές αναστοχάζονται πάνω στις αντιλήψεις τους ώστε να αξιολογήσουν κατά πόσο είναι λειτουργικές και εφαρμόσιμες. Στην περίπτωση που διαπιστωθεί πως οι αντιλήψεις αυτές είναι ανεπαρκείς οι μαθητές οδηγούνται σε

«γνωστική σύγκρουση», γεγονός που ενδέχεται να οδηγήσει στην διαδικασία της «εννοιολογικής αλλαγής» (Ραβάνης, 1997; Skoumios & Hatzinikita, 2005).

Ειδικότερα, η *γνωστική σύγκρουση* (cognitive conflict) έχει χρησιμοποιηθεί ως διδακτική στρατηγική με σκοπό την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών (Kwon, 1997; Lee, 1998; Skoumios, 2008, 2009; Zohar, & Aharon-Kravetsky, 2005). Στο πλαίσιο αυτής της στρατηγικής οι αντιλήψεις που εκδηλώνει ένας μαθητής διαψεύδονται ή αμφισβητούνται -συνήθως με την παρουσίαση αντιφατικών πειραματικών γεγονότων- με τρόπο που να δημιουργείται γνωστική διαταραχή ή αποσταθεροποίηση και κατά συνέπεια οι αντιλήψεις εγκαταλείπονται ή αντικαθίστανται από άλλες (Hewson & Hewson, 1984).

Ορισμένοι όμως ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι στρατηγικές γνωστικής σύγκρουσης δεν οδηγούν απαραίτητα στην εννοιολογική αλλαγή (Drekkers & Thijs, 1998; Dreyfus, Jungwirth & Eliovitch, 1990; Skoumios, 2008; Skoumios & Hatzinikita, 2005; Treagust & Duit, 2009). Ειδικότερα, οι μαθητές είναι δυνατόν είτε να αρνηθούν να παραδεχθούν το πειραματικό γεγονός, είτε να κάνουν ένα «συμβιβασμό» στο πλαίσιο του οποίου συνυπάρχουν στοιχεία της αρχικής τους αντίληψης και αυτής που επιδιώκεται να οικοδομήσουν, είτε να αποδεχθούν μια αντίληψη χωρίς όμως στην πραγματικότητα να την έχουν ενσωματώσει στον τρόπο σκέψης τους (Skoumios & Hatzinikita, 2005). Εδώ παρατηρούμε την κοινωνικογνωστική σύγκρουση όπου έχουμε το σημείο σύγκλισης του κοινωνικού με το γνωστικό. Συνδέεται άμεσα με τον όρο της γνωστικής σύγκρουσης του Πιαζέ όπου μια γνωστική σύγκρουση αναπτύσσεται όταν στη σκέψη ενός ατόμου ανάμεσα στις ιδέες του τις αναπαραστάσεις του, και τις πράξεις του, εμφανίζεται μια αντίφαση ή μια ασυμβατότητα.

Σημαντική συμβολή στην ανάπτυξη της έννοιας της κοινωνικογνωστικής σύγκρουσης έχει διαδραματίσει η θεωρία του L. Vygotsky (Vygotsky, 1978), η οποία δίνει έμφαση στο ρόλο της γλώσσας και του ενήλικα, στη γνωστική εξέλιξη του παιδιού και στη μετάδοση των γνώσεων. Σύμφωνα με τον Vygotsky, η πραγματική κατεύθυνση της ανάπτυξης της σκέψης δεν κατευθύνεται από το ατομικό στο κοινωνικό, αλλά από το κοινωνικό στο ατομικό. Συνεπώς, η μάθηση έχει κοινωνική φύση. Όσον αφορά την κοινωνικογνωστική σύγκρουση στη σχολική τάξη, Ένας ιδιαίτερα ενδιαφέρων όρος στη Διδακτική των Επιστημών είναι ο όρος της κοινωνικογνωστικής σύγκρουσης (conflict sociocognitif) που αναπτύχθηκε από τους Doise και Mugny (Doise & Mugny 1981). Η έννοια της κοινωνικογνωστικής σύγκρουσης αντιλαμβάνεται τη μάθηση ως διαδικασία προσωπικής οικοδόμησης των γνώσεων μέσω γνωστικών συγκρούσεων κοινωνικής προέλευσης. Η χρησιμότητα της κοινωνικογνωστικής σύγκρουσης στα πλαίσια της διδακτικής, είναι ότι εμφανίζεται ως μία ασυμφωνία ανάμεσα σε υποκείμενα ανάλογων νοητικών δυνατοτήτων σχετικά με την λύση ενός προβλήματος η οποία συνιστά ένα μηχανισμό με τον οποίο η παιδική σκέψη οδηγείται σε εξισορρόπηση ανώτερου επιπέδου. Πρόκειται, δηλαδή, για τη διαδικασία κατά την οποία, όταν το άτομο αντιμετωπίζοντας ένα πρόβλημα διατυπώνει κάποια εκτίμηση, δέχεται από το κοινωνικό περιβάλλον μια συγκροτημένη αντίδραση που υπερασπίζεται με σαφήνεια απόψεις αντίθετες από τη δική του. Το υποκείμενο συνειδητοποιεί συνεπώς ότι εκτός από τη δική του άποψη υπάρχουν και

άλλες θεωρήσεις, ενώ ταυτόχρονα η κοινωνικογνωστική σύγκρουση του παρέχει και νέες πληροφορίες και το καθιστά ικανό για διαφορετικές απαντήσεις.

## **2.4 Μάθηση Φυσικών Επιστημών μέσω επιστημονικών πρακτικών**

Η ενότητα αυτή χωρίζεται σε τρεις υπο-ενότητες. Στην πρώτη υπο-ενότητα παρουσιάζονται οι επιστημονικές πρακτικές και ο ρόλος τους στη μάθηση των ΦΕ (βλ. υποενότητα 2.4.1), στη δεύτερη υπο-ενότητα αναλύεται η σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και η χρήση μαθηματικής σκέψης ως πρακτικές των Φυσικών Επιστημών (βλ. υποενότητα 2.4.2) και στην τρίτη και τελευταία υπο-ενότητα παρουσιάζεται ένα μαθησιακό μοντέλο για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού που εμπλέκει επιστημονικές πρακτικές (βλ. υποενότητα 2.4.3).

### **2.4.1. Οι επιστημονικές πρακτικές και ο ρόλος τους στη μάθηση των ΦΕ**

Πληθώρα των μελετών που σχετίζονται με τη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών τις δύο τελευταίες δεκαετίες, οδήγησε το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ στην ανάπτυξη ενός νέου πλαισίου για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012) με σκοπό τη βελτίωση του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών. Το νέο πλαίσιο θεωρεί ότι οι δραστηριότητες του εκπαιδευτικού υλικού είναι αναγκαίο να εμπλέκουν τρεις διαστάσεις: τις επιστημονικές πρακτικές, τις βασικές ιδέες και τις εγκάρσιες έννοιες.

Οι βασικές ιδέες είναι οι γνώσεις που πρέπει να διδάσκονται οι μαθητές από το νηπιαγωγείο μέχρι και το Λύκειο και οι οποίες εκλεπτόνονται καθώς οι μαθητές φοιτούν σε μαγαλύτερη τάξη και βαθμίδα εκπαίδευσης.

Σύμφωνα με AAAΣ (1989), AAAΣ (1993), NRC (1996), NSTA (2010), NRC (2012), Duschl (2011) και Sneider (2013), οι εγκάρσιες έννοιες είναι οι έννοιες που γεφυρώνουν τις βασικές ιδέες όλων των περιοχών των Φ.Ε. Αποσκοπούν στην πληρέστερη αντίληψη των βασικών ιδεών, καθώς επίσης και σε μια επιστημονικά ευρύτερη θέαση των μαθητών για τον κόσμο που μας περιβάλλει, προπαρασκευάζουν επίσης τη σύνδεση των γνώσεων που λαμβάνονται από περιοχές των Φ.Ε.

Οι διαδικασίες τις οποίες ακολουθούν οι επιστήμονες για την παραγωγή και τη μελέτη των μοντέλων καθώς και την κατασκευή των θεωριών που σχετίζονται με τον κόσμο σύμφωνα με το NRC (2012) ονομάζονται επιστημονικές πρακτικές. Τα τελευταία χρόνια ο όρος επιστημονικές πρακτικές (science practices) χρησιμοποιείται αντί του όρου δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών (science process skills) για να δώσει έμφαση στο ότι η εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε μια πρακτική που ακολουθείται (NRC, 2012).

Για να εμπλακούν οι μαθητές στη διαδικασία των επιστημονικών πρακτικών κατά τη διδακτική πράξη θα πρέπει να έχουν και τις ανάλογες ικανότητες. Σ' αυτό το σημείο είναι ανάγκη να εστιάσουν την προσοχή τους οι ειδικοί, οι οποίοι συνθέτουν τα αναλυτικά προγράμματα και διατυπώνουν τους μαθησιακούς στόχους, καθώς και οι εκπαιδευτικοί στην ορθή επιλογή των κατάλληλων για την νοητική ηλικία, τάξη και βαθμίδα εκπαίδευσης επιστημονικών πρακτικών για τους μαθητές τους. Η επιτροπή του NRC (2012) διατείνεται ότι οι επιστημονικές πρακτικές σε όλο το φάσμα της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης είναι ίδιες. Εκείνο το στοιχείο που αλλάζει στο βάθος του χρόνου είναι η εκλέπτυνση και η σύνθεση των πρακτικών (NRC, 2012).

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

- (α) υποβολή ερωτημάτων,
- (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων,
- (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας,
- (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων,
- (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης,
- (στ) συγκρότηση εξηγήσεων,
- (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και
- (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

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

Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται οι οκτώ επιστημονικές πρακτικές και οι επιμέρους διαστάσεις τους. Ο Πίνακας αυτός συγκροτήθηκε με βάση τις περιγραφές των επιστημονικών πρακτικών που αναφέρονται στο νέο πλαίσιο για την εκπαίδευση στις ΦΕ του Εθνικού Συμβουλίου Ερευνών των ΗΠΑ (NRC, 2012). Στην εργασία αυτή θα αναφέρουμε τις επιστημονικές πρακτικές με τα αρχικά γράμματα ΕΠ.

**Πίνακας 2.1:** Το πλαίσιο ανάλυσης των επιστημονικών πρακτικών με τις εννοιολογικές κατηγορίες και υποκατηγορίες

ΕΠ1: Υποβολή ερωτήσεων

- 1.Υποβολή ερωτήσεων που μπορούν να απαντηθούν μέσω εμπειρικής έρευνας
- 2.Αξιολόγηση ερωτήσεων
- 3.Υποβολή ερωτήσεων πάνω στην εργασία άλλων

ΕΠ2: Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων

1. Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή ερωτήσεων
2. Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή και τον έλεγχο εξηγήσεων
3. Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση αυτών που έχουν κατανοηθεί
4. Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την επικοινωνία ιδεών
5. «Ευέλικτη» μετατόπιση ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους μοντέλων
6. Αναγνώριση των ορίων των μοντέλων
7. Αξιολόγηση των ορίων των μοντέλων
8. Αναθεώρηση των μοντέλων

ΕΠ3: Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας

1. Υποβολή ερώτησης που μπορεί να διερευνηθεί
2. Εκφορά μιας υπόθεσης βασισμένης σε ένα μοντέλο ή μια θεωρία
3. Αναγνώριση των μεταβλητών
4. Εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν
5. Εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να ελεγχθούν
6. Εξέταση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων
7. Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο
8. Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που ελέγχουν μια υπάρχουσα θεωρία και τις εξηγήσεις
9. Σχεδίαση πλάνων για έρευνα ατομικά
10. Σχεδίαση πλάνων για έρευνα συνεργατικά
11. Αξιολόγηση πλάνων για έρευνα

ΕΠ4: Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων

1. Χρήση πινάκων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων
2. Χρήση διαγραμμάτων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων
3. Χρήση απεικονίσεων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων
4. Χρήση στατιστικής ανάλυσης για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων
5. Αναγνώριση των σημαντικών

χαρακτηριστικών και των τάσεων στα δεδομένα.

6.Χρήση των δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων.

7.Αναγνώριση των πηγών των σφαλμάτων.

ΕΠ5: Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης.

- 1.Οπτική αναπαράσταση των δεδομένων
- 2.Μετασχηματισμός των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα
- 3.Στατιστική ανάλυση των δεδομένων
- 4.Αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων
- 5.Εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων
- 6.Εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων

ΕΠ6: Συγκρότηση εξηγήσεων

- 1.Εφαρμογή εξηγήσεων στα φαινόμενα
- 2.Συγκρότηση εξηγήσεων για τα φαινόμενα βασισμένων σε αποδεικτικά στοιχεία
- 3.Σύνδεση αποδεικτικών στοιχείων με τους ισχυρισμούς (συγκρότηση συλλογισμών)
- 4.Διατύπωση ισχυρισμού
- 5.Χρήση αποδεικτικών στοιχείων για την υποστήριξη ή την αντίκρουση μιας εξήγησης
- 6.Αναγνώριση κενών ή αδυναμιών σε μια εξήγηση

ΕΠ7: Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία με αποδεικτικά στοιχεία

- 1.Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη πειραματική σχεδίαση
- 2.Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη τεχνική ανάλυσης των δεδομένων
- 3.Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη ερμηνεία μιας ομάδας δεδομένων
- 4.Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό σχετικά με το πώς τα δεδομένα υποστηρίζουν ένα ισχυρισμό
- 5.Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την εύρεση της καλύτερης εξήγησης για ένα φαινόμενο ατομικά
- 6.Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την εύρεση της καλύτερης εξήγησης για ένα



φαινόμενο συνεργατικά  
7. Παροχή κριτικής σε εργασία άλλων  
8. Αναγνώριση αδυναμιών σε ένα επιχείρημα  
9. Τροποποίηση μιας εργασίας υπό το πρίσμα των αποδεικτικών στοιχείων  
10. Αναγνώριση δυνατών και αδύνατων σημείων σε αναφορές των Φυσικών Επιστημών  
11. Αναγνώριση του τρόπου με τον οποίο οι ισχυρισμοί αιτιολογούνται από την επιστημονική κοινότητα

ΕΠ8: Απόκτηση, εκτίμηση και επικοινωνία της πληροφορίας

1. Προφορική επικοινωνία ιδεών  
2. Γραπτή επικοινωνία ιδεών  
3. Επικοινωνία ιδεών μέσω πινάκων και διαγραμμάτων  
4. Επικοινωνία ιδεών μέσω εκτενών συζητήσεων με τους συνομηλίκους  
5. Αντληση νοημάτων από επιστημονικά άρθρα και κείμενα  
6. Αντληση νοημάτων από επιστημονικές πληροφορίες που παρουσιάζονται προφορικά  
7. Αξιολόγηση της αξιοπιστίας των επιστημονικών πληροφοριών  
8. Ενοποίηση πληροφοριών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές

#### **2.4.2. Η σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών και η χρήση μαθηματικής σκέψης ως πρακτικές των Φυσικών Επιστημών**

Η παρούσα εργασία περιορίζεται στις επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στην σχεδίαση ερευνών και στη χρήση μαθηματικής σκέψης.

##### **Σχεδίαση και πραγματοποίηση ερευνών**

Τα χαρακτηριστικά που καθιερώνουν κάποιον ως επιστήμονα είναι η κατασκευή θεωριών και η αποσαφήνιση του μηχανισμού λειτουργίας των φυσικών φαινομένων (NGSS, 2013). Η υλοποίηση των παραπάνω χαρακτηριστικών προϋποθέτουν έρευνες για να επαληθευτούν τα μοντέλα και οι προβλέψεις των επιστημόνων μέσα από αυτά. Οι επιστήμονες μέσα από τις έρευνες διαπιστώνουν κατά πόσο επαληθεύονται τα συμπεράσματα που εξάγουν από τη χρήση των μοντέλων (NRC, 2012). Κατά το σχεδιασμό της έρευνας, έπειτα από τη διατύπωση μιας καλής ερευνητικής ερώτησης, οι επιστήμονες αποφασίζουν, ποιες είναι οι ανεξάρτητες και ποιες οι εξαρτημένες μεταβλητές, ποιες

μεταβλητές θα ελεγχθούν, με ποιο τρόπο θα γίνει η συγκέντρωση των δεδομένων και κάτω από ποιες συνθήκες, τα όργανα που θα χρησιμοποιηθούν για την εγκυρότητα καθώς επίσης και την επανάληψη των μετρήσεων για την πιστότητα της μέτρησης (NGSS, 2013). Στη διάρκεια της πραγματοποίησης των ερευνών επισημαίνονται οι σχετικές μεταβλητές οι οποίες υπόκεινται σε παρατήρηση, μέτρηση και έλεγχο. Ο έλεγχος των μεταβλητών είναι κομβικός, επειδή ο επιστήμονας διαπιστώνει ποιες μεταβλητές του δίνουν χρήσιμα και σημαντικά δεδομένα για τις επαληθεύσεις των μοντέλων και των προβλέψεών του (Worth, Duque, & Saltiel, 2009). Είναι σημαντικό οι μαθητές να είναι ικανοί να εντοπίζουν ποια στοιχεία (μεταβλητές) πρέπει να διερευνηθούν και πώς, να χρησιμοποιούν τα απαραίτητα όργανα, να επαληθεύουν τις μετρήσεις τους και να τις καταγράφουν. Αν οι παραπάνω διαδικασίες επαναλαμβάνονται στη διδακτική πράξη έπειτα από πρωτοβουλία του εκπαιδευτικού στις μικρές τάξεις ή έπειτα από διατύπωση ερευνητικής ερώτησης από τους μαθητές αργότερα, τότε οι μαθητές θα αποκτήσουν την εμπειρία της παραπάνω πρακτικής (Worth, Duque, & Saltiel, 2009).

### **Χρήση Μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης**

Οι Barr και Stephenson (2011) θεωρούν ότι η επιστημονική πρακτική της χρήσης των μαθηματικών και της υπολογιστικής σκέψης είναι σημαντικά μέσα για τις Φυσικές Επιστήμες, αφού επιτρέπουν την παρουσίαση των μεταβλητών και τις σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσά τους. Τα μαθηματικά δίνουν τη δυνατότητα να αναλυθούν τα δεδομένα, να αναγνωριστούν, να εκφραστούν και να εφαρμοστούν οι ποσοτικές σχέσεις τους. Επίσης συμβάλλουν στην κατασκευή των μοντέλων (προσομοιώσεις, φυσικά αντίγραφα κ.τ.λ.) (Grover & Pea, 2013). Υποβοηθούν στην πρόγνωση των αντιδράσεων που μπορεί εμφανιστούν σε κάποια συστήματα. Επιπλέον με τη στατιστική είναι δυνατόν να επισημανθούν οι ακολουθίες των μοντέλων και να διερευνηθεί η συσχέτισή τους (Bybee, 2011). Με την εφαρμογή αυτής της επιστημονικής πρακτικής αναμένεται οι μαθητές να κάνουν χρήση διαφόρων οργάνων μέτρησης όπως χρονόμετρο, θερμομέτρα, γεωμετρικά, και άλλα, να χρησιμοποιούν υπολογιστές και υπολογιστικά προγράμματα, ώστε να υποβοηθούνται στην ταχύτητα των υπολογισμών αλλά και να απεικονίζουν τα αποτελέσματα των ερευνών τους και τα χαρακτηριστικά των ακολουθιών, όταν ο όγκος των δεδομένων είναι αρκετά μεγάλος με μαθηματικές σχέσεις. Επιπρόσθετα, με την πραγματοποίηση της παραπάνω πρακτικής, δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να παρατηρούν, να μετρούν, να καταγράφουν, να επεξεργάζονται και να διαχειρίζονται τα δεδομένα με τη βοήθεια των διαφόρων περιφερειακών συσκευών των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Τέλος, επιδιώκεται να αναπτύξουν οι μαθητές τη μαθηματική και υπολογιστική τους σκέψη με τεχνικές οργάνωσης και να συνηθίσουν στην τήρηση πρωτοκόλλου (ακολουθία σταδίων που συναρθρώνουν την κάθε πρακτική) (STS, 2013).

### **2.4.3. Το μαθησιακό μοντέλο 5E**

Στο πλαίσιο της εποικοδομητικής προσέγγισης για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχουν προταθεί διάφορα διδακτικά μοντέλα (παιδαγωγικά πλαίσια) για τη σχεδίαση του εκπαιδευτικού υλικού και της διδακτικής διαδικασίας που αποσκοπούν στη μάθηση βασικών ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών μέσω ορισμένων επιστημονικών πρακτικών. Σε αυτά συμπεριλαμβάνονται (Σκουμιός & Σκουμπουρδή, 2015): το μαθησιακό μοντέλο 5E των (Bybee et al. 2006) μαθησιακός κύκλος των White et al. (1999), το μαθησιακό μοντέλο 7E του Eisenkraft (2003), το διδακτικό πλαίσιο EIMA των Schwarz και Gwekwerere (2007), το μοντέλο 4EX2 των Marshall et al. (2009) και το πλαίσιο των Minner et al. (2010)

Παρά τις επιμέρους διαφοροποιήσεις τους αρχικά τα μοντέλα αυτά αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη του εκπαιδευτικού υλικού, υποστηρίζουν τον εκπαιδευτικό και οργανώνουν τη διδακτική ακολουθία ώστε οι μαθητές να έχουν πολλαπλές ευκαιρίες να κατανοήσουν τις ιδέες και τις έννοιες μέσω της πρακτικής, της ανατροφοδότησης, της αναθεώρησης και του αναστοχασμού (Σκουμιός & Σκουμπουρδή, 2015). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται αναλυτικά οι φάσεις του μαθησιακού μοντέλου 5E (Bybee et al. 2006).

### **1) ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗ**

Η φάση αυτή επιδιώκει τη πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, την ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων, την συνειδητοποίηση των μεταξύ τους διαφορών και τη διατύπωση των ερωτημάτων για έρευνα (Bybee et al. 2006).

Σε αυτή τη φάση ο δάσκαλος μέσα από κατάλληλα ερωτήματα προκαλεί το ενδιαφέρον και την περιέργεια των μαθητών και τους ζητά προβλέψεις και εξηγήσεις για ένα πρόβλημα. Στην αρχή, οι μαθητές εργάζονται μόνοι τους δικαιολογώντας γραπτά τις προβλέψεις και τις εξηγήσεις τους, κατόπιν απαντώντας σε ερωτήσεις του δασκάλου του δίνουν την ευκαιρία να εντοπίσει τις αντιλήψεις τους. Οι μαθητές συζητώντας με τους συμμαθητές τους διαπιστώνουν ότι δεν έχουν όλοι την ίδια άποψη οπότε εντοπίζουν ένα πρόβλημα για λύση (Bybee et al., 2006).

### **2) ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ**

Η φάση αυτή αποσκοπεί στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας από τους μαθητές με απώτερο στόχο τη δημιουργία γνωστικής αποστεθεροποίησης των αρχικών τους αντιλήψεων (στην περίπτωση που δεν συνάδουν με τη σχολική γνώση) και την οικοδόμηση νέων αντιλήψεων προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης (Bybee, 1997).

Στη φάση αυτή οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες. Αφού αναγνωρίσουν το ερευνητικό ερώτημα, κάνουν υποθέσεις, σχεδιάζουν και πραγματοποιούν έρευνα, συλλέγουν δεδομένα και τα επεξεργάζονται για την εξαγωγή συμπερασμάτων. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να διευκολύνει και να ενθαρρύνει τους μαθητές (Bybee, 1997).

### **3) ΕΞΗΓΗΣΗ**

Στην φάση αυτή επιδιώκεται οι μαθητές να συγκροτήσουν τεκμηριωμένες εξηγήσεις (εξηγήσεις που είναι βασισμένες στα αποδεικτικά στοιχεία που συνέλεξαν) (Bybee 1997). Κατά τη φάση της εξήγησης, οι μαθητές επεξεργάζονται τα δεδομένα, εξάγουν από αυτά συμπεράσματα και συγκρίνουν τις διαπιστώσεις τους από την έρευνα με τις αρχικές τους προβλέψεις και συγκροτούν εξηγήσεις. Ο δάσκαλος ενθαρρύνει τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν αποδεικτικά στοιχεία στις εξηγήσεις τους και να χρησιμοποιήσουν τις παρατηρήσεις και τις διαπιστώσεις από την έρευνα που έκαναν. Στη φάση αυτή ο μαθητής επιδιώκεται να ακούσει και να κρίνει την εξήγηση κάποιου συμμαθητή του ή και του δασκάλου. (Bybee 1997).

#### **4) ΕΦΑΡΜΟΓΗ**

Στη φάση αυτή οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν τις γνώσεις που έχουν αποκτήσει σε νέες καταστάσεις, έτσι ώστε να εμβαθύνουν στη νέα γνώση και να την κατανοήσουν καλύτερα. (Bybee 1997).

Κατά τη φάση της εφαρμογής, οι μαθητές επεξεργάζονται διαφορετικά προβλήματα σε σχέση με αυτά που είχαν διαπραγματευτεί αρχικά. Τους δίνεται έτσι η δυνατότητα να εφαρμόσουν και να χρησιμοποιήσουν τη νέα γνώση στις εξηγήσεις τους (Bybee 1997).

#### **5) ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ**

Στη φάση αυτή επιδιώκεται οι μαθητές να αξιολογήσουν τις γνώσεις που απέκτησαν και να τις γενικεύσουν και ο εκπαιδευτικός να αξιολογήσει κατά πόσο πέτυχε τους διδακτικούς του στόχους (Bybee et al. 2006).

Στη φάση της αξιολόγησης, οι μαθητές αφού απαντήσουν εκ νέου σε ερωτήσεις τις οποίες είχαν ήδη απαντήσει στη φάση της ενεργοποίησης, τους ζητείται να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις με τις τρέχουσες απαντήσεις τους. Τέλος τους ζητείται να αναλογιστούν, τι τους είχε δυσκολέψει, τι ήταν αυτό που τους εμπόδιζε να καταλάβουν και τι τους βοήθησε τελικά να αλλάξουν αντιλήψεις. Ο δάσκαλος παρατηρεί πως ο μαθητής χρησιμοποιεί τη νέα γνώση και την αλλαγή στον τρόπο σκέψης του (Bybee et al. 2006).

## **2.5. Μάθηση Φυσικών Επιστημών και εκπαιδευτικά λογισμικά**

Η χρησιμοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού βοηθά στο να παρουσιαστεί μια κατάσταση προβλήματος με τέτοιο τρόπο ώστε σε συνεργασία οι μαθητές με τους εκπαιδευτικούς να ανασύρουν την προϋπάρχουσα γνώση ή και να οικοδομήσουν νέα.

Σε μια τέτοια διδασκαλία το χρησιμοποιούμενο λογισμικό πρέπει να είναι εστιασμένο στο πρόβλημα και να προκαλεί το ενδιαφέρον του μαθητή. Ο υπολογιστής παρέχει τη δυνατότητα για πολλαπλή

αναπαράσταση των εννοιών. Επειδή, όπως επισημαίνεται από τον Tall (1991), υπάρχει μεγάλη απόσταση μεταξύ της προσωπικής αντίληψης για μια έννοια (*concept image*) που διαμορφώνουν οι μαθητές και του αντικειμενικού ορισμού της έννοιας (*concept definition*), το κατάλληλο εκπαιδευτικό λογισμικό μπορεί να βοηθήσει στη μείωση αυτής της απόστασης, αναπαριστώντας μία έννοια με πολλαπλούς τρόπους. Πρέπει να τονίσουμε ότι οι διαδραστικές προσομοιώσεις λειτουργούν πάντα για να συμπληρώσουν την εμπειρία των μαθητών και όχι να την αντικαταστήσουν. Οι διαδραστικές προσομοιώσεις ως «διερευνητικές» εφαρμογές είναι ένας τύπος εξωτερικής απεικόνισης των δυναμικών συστημάτων και επιστημονικών φαινομένων (Kozma et al., 1997, 2005).

Άλλα μοντέλα μάθησης μέσω υπολογιστή χρησιμοποιούν τις ατομικές διαφορές μεταξύ των μαθητών ως το βασικό μέσο εκτίμησης του μαθησιακού αποτελέσματος (Carroll, 1963). Αυτό συμβαίνει επειδή πράγματι όλοι οι μαθητές δεν έχουν την ίδια προηγούμενη γνώση και εμπειρία, την ίδια προδιάθεση και τις ίδιες δεξιότητες, δεν κινητοποιούνται από τις ίδιες αιτίες και δεν έχουν τον ίδιο τρόπο να μαθαίνουν. Πρέπει λοιπόν να δίνεται στο μαθητή, μέσω του περιβάλλοντος/ προγράμματος που χρησιμοποιεί, η δυνατότητα

- να συνειδητοποιεί τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία του,
- να εντοπίζει πιθανά λάθη στη διαδικασία επίλυσης ενός προβλήματος
- να αναπτύσσει νέα στρατηγική για την επιτυχία του μαθησιακού του στόχου

Το τελευταίο σημείο αφορά την *αποενοχοποίηση του λάθους*, σύνδρομο το οποίο έχει αποτρέψει πολλούς μαθητές από την εμπλοκή τους στην περιπέτεια της μάθησης.

Η συμβολή του υπολογιστή και των ΤΠΕ γενικότερα στην εξατομικευμένη διδασκαλία και μάθηση είναι ιδιαίτερος σημαντική σε σχολικές τάξεις 25-30 μαθητών όπου ο εκπαιδευτικός θα πρέπει από τη μια να διαχειριστεί την τάξη ως ένα σύνολο, από την άλλη να λάβει υπ' όψιν τις μαθησιακές δυσκολίες κάθε μαθητή και να τον καθοδηγήσει και να παρακολουθήσει ξεχωριστά.

Η αρχή της συνεργατικής μάθησης κατά την οποία η τάξη οργανώνεται σε ομάδες επιδιώκοντας ένα κοινό μαθησιακό στόχο, σκοπεύει στη διερεύνηση των εννοιών και την ανακάλυψη της γνώσης μέσα από συζήτηση και βασίζεται επίσης στην αξιοποίηση των ικανοτήτων των καλύτερων μαθητών προς όφελος των πιο αδύνατων. Έτσι ο μαθητής κερδίζει και σε μαθησιακό αλλά και σε κοινωνικό επίπεδο (Slavin 1987, Johnson and Johnson 1987). Η συνεργατική μάθηση ενισχύει την ανάπτυξη επικοινωνιακών δεξιοτήτων, ικανοτήτων δόμησης της συνεργασίας, αναζήτησης έκφρασης, ανταλλαγής απόψεων και ιδεών και ανοίγει το δρόμο για την ανάπτυξη διαλογικής σχέσης μεταξύ των συμμετεχόντων όπως επίσης δίνεται η δυνατότητα που προσφέρει ο υπολογιστής για διαθεματική προσέγγιση ενός γνωστικού αντικείμενου. Η διαθεματική προσέγγιση μπορεί να υλοποιηθεί όταν η διδασκαλία καλύπτει περισσότερες από μια επιστήμες που έχουν σχέση με το ίδιο γνωστικό αντικείμενο και δίνει στο μαθητή τη δυνατότητα να αναζητήσει τη σχέση που έχουν. Με βάση τα όσα αναφέραμε η παιδαγωγική αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας θα πρέπει να βασίζεται σε εκπαιδευτικό λογισμικό που είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε:

- Να προσφέρει τη δυνατότητα πολλαπλών αναπαραστάσεων των εννοιών.

- Να διευκολύνει την εξατομικευμένη και ανακαλυπτική μάθηση.
- Να προωθεί τη συνεργατική μάθηση.
- Να ενισχύει τη διαθεματική προσέγγιση στη διδασκαλία και στη μάθηση.
- Να συμβάλει στην αύξηση της ενεργητικής και αυτόνομης συμπεριφοράς των μαθητών.

Εκπαιδευτικό λογισμικό με την αυστηρή έννοια του όρου θεωρείται το λογισμικό που επιφέρει συγκεκριμένα μαθησιακά αποτελέσματα, περιέχει διδακτικούς στόχους και ολοκληρωμένα σενάρια, interface και αλληγορίες με παιδαγωγική σημασία. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται για εκπαιδευτικούς σκοπούς δεν πληροί πάντοτε αυτές τις συνθήκες. Συνήθως ο όρος εκπαιδευτικό λογισμικό συμπεριλαμβάνει και πακέτα εφαρμογών επιμορφωτικού, εγκυκλοπαιδικού και ψυχαγωγικού τύπου που συχνά αναφέρεται με τον Αμερικάνικο νεολογισμό edu-trainment. Σύμφωνα με τον Μικρόπουλο (2000), εκπαιδευτικό λογισμικό με την αυστηρή έννοια του όρου, θεωρείται το λογισμικό που εμπεριέχει διδακτικούς στόχους, ολοκληρωμένα σενάρια, αλληγορίες με παιδαγωγική σημασία και κυρίως επιφέρει συγκεκριμένα διδακτικά και μαθησιακά αποτελέσματα. Δηλαδή ως εκπαιδευτικό λογισμικό (educational software) θεωρούμε το προϊόν της τεχνολογίας που έχει σχεδιαστεί ειδικά με στόχο να ενταχθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία, υλοποιώντας συγκεκριμένη παιδαγωγική φιλοσοφία και συγκεκριμένη εκπαιδευτική στρατηγική. Ο ορισμός αυτός προφανώς εξαρτά τον χαρακτηρισμό ενός λογισμικού ως « εκπαιδευτικού » και από τις προθέσεις του κατασκευαστή του. Κατά τους Μπακογιάννη και Γρηγοριάδου (2000), η διευκόλυνση της μάθησης μπορεί να επιτευχθεί, είτε χρησιμοποιώντας το εκπαιδευτικό λογισμικό ως συμπληρωματικό μέσο υποστήριξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας από τον εκπαιδευτικό στη διαδικασία της διδασκαλίας του, είτε σαν υποστηρικτικό μέσο αυτοδιδασκαλίας από τον μαθητή. Το εκπαιδευτικό λογισμικό μπορεί να έχει διάφορες μορφές (Κόμης, 2004):

- Ειδικό λογισμικό με σαφή μαθησιακό και διδακτικό σκοπό, π.χ. σε μορφή CD-ROM, δικτυακού τύπου, κλπ. Το ειδικό λογισμικό διακρίνεται σε 1. διαδραστικό 2. Μη διαδραστικό.
- Λογισμικό γενικής χρήσης, π.χ. Λογισμικό επεξεργασίας εικόνων, κειμενογράφος, λογιστικό φύλλο βάσεις δεδομένων, κλπ που χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων σε διάφορα γνωστικά αντικείμενα.

Εκπαιδευτικά λογισμικά μπορούν να χαρακτηρισθούν διάφοροι τύποι πακέτων:

- Λογισμικό γενικής χρήσης όπως αυτοματισμού γραφείου και επικοινωνιών.
- Γλώσσες προγραμματισμού διαδικαστικού ή μη τύπου .
- Παιχνίδια κυρίως στρατηγικής .
- Πακέτα εξάσκησης και πρακτικής (drill & practice).
- Προσομοιώσεις .
- Εκπαιδευτικά περιβάλλοντα ανοικτού τύπου .

- Τεχνητή νοημοσύνη, έμπειρα συστήματα (artificial intelligence. Intelligent tutoring systems) .
- Εικονική πραγματικότητα .
- Πολυμέσα / υπερμέσα στατικά ή προσαρμοστικά.

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και ειδικότερα της Φυσικής αποτελεί σήμερα το πιο ευρύ πεδίο εφαρμογής της πληροφορικής στην εκπαίδευση. Φύλλα εργασίας (spreadsheets), εργαστήρια βασισμένα σε υπολογιστή (computer-based labs), προσομοιώσεις (simulations) και εφαρμογές πολυμέσων (multimedia) είναι εργαλεία, με τα οποία εύκολα εξοικειώνονται οι μαθητές και μπορούν να εισαχθούν άμεσα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Το κύριο χαρακτηριστικό των τεχνολογιών αυτών είναι ότι διαμορφώνουν μία ριζικά διαφορετική διδακτική προσέγγιση σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία. Ο υπολογιστής αλλάζει καθοριστικά το πλαίσιο διδασκαλίας, το οποίο βασίζεται στην ενεργητική συμμετοχή των μαθητών και όχι στην παθητική παρακολούθηση της παρουσίασης του αντικειμένου από τον διδάσκοντα ή το βιβλίο.

Η Φυσική είναι η επιστήμη που εισήγαγε την πληροφορική τεχνολογία στη διδακτική πράξη, ήδη με την εμφάνιση των πρώτων προσωπικών υπολογιστών. Η σημασία της χρήσης των υπολογιστών στη διδασκαλία της Φυσικής έχει αξιολογηθεί θετικά σε μία σειρά ανεξάρτητες έρευνες. Σήμερα η έρευνα της διδασκαλίας της Φυσικής και η πληροφορική επιστήμη θεωρούνται άμεσα σχετιζόμενα πεδία, καθώς

- η έρευνα της διδασκαλίας της Φυσικής μπορεί να οδηγήσει στο σχεδιασμό και την ανάπτυξη νέων πακέτων εκπαιδευτικού λογισμικού
- ο υπολογιστής μπορεί να μας δείξει το βαθμό κατανόησης των βασικών φυσικών εννοιών

Στην παραδοσιακή διδασκαλία της Φυσικής έχουμε την παθητική στάση των μαθητών απέναντι στο αντικείμενο. Παρότι η Φυσική είναι κατά βάση πειραματική επιστήμη, η χρήση του εργαστηρίου (όταν υπάρχει) περιορίζεται μόνο σε επιδείξεις από τον διδάσκοντα, εντούτοις οι μαθητές δεν έχουν τη δυνατότητα να πειραματιστούν, να αλλάξουν τις μεταβλητές ή τις συνθήκες, να δουν και να συγκρίνουν τα αποτελέσματά τους, και να έρθουν σε άμεση επαφή με την επιστήμη. Κατά συνέπεια, δεν καλλιεργείται σε ικανοποιητικό βαθμό η Φυσική διαίσθηση-περιέργεια και η διερευνητική προσέγγιση της νέας γνώσης. Σε σχέση με το αναλυτικό πρόγραμμα, οι υπολογιστές στη διδασκαλία της Φυσικής στοχεύουν:

- στην καλλιέργεια της κριτικής σκέψης και της φυσικής διαίσθησης των μαθητών
- στην ανάπτυξη δεξιοτήτων στην επίλυση προβλημάτων
- στην ενίσχυση της μαθησιακής διαδικασίας μέσω εξατομικευμένης διδασκαλίας

- στην αποδέσμευση της διδασκαλίας της Φυσικής από το μαθηματικό φορμαλισμό της, απελευθερώνοντας χρόνο στους μαθητές για να κάνουν προβλέψεις, υποθέσεις και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Στην έρευνα αυτή χρησιμοποιήσαμε το πακέτο Interactive Physics II της Knowledge Revolution. Με αυτό παρέχεται η δυνατότητα ανάπτυξης ενός πλήρους εικονικού εργαστηρίου Φυσικής στον υπολογιστή, το οποίο υποστηρίζεται από ένα ισχυρό περιβάλλον προσομοίωσης σε χώρο δύο διαστάσεων. Οι προσομοιώσεις γίνονται σύμφωνα με τους νόμους της Νευτώνειας μηχανικής, χρησιμοποιώντας εναλλακτικά, κατά την επιθυμία του χρήστη, μία από τις προκαθορισμένες μεθόδους αριθμητικής ολοκλήρωσης (Euler, Predictor-Corrector και Runge-Kutta). Το Interactive Physics χαρακτηρίζεται από ένα ιδιαίτερα φιλικό περιβάλλον επικοινωνίας (interface) και ενσωματώνει μία σειρά από δυνατότητες, οι οποίες διαμορφώνουν ένα εναλλακτικό εργαστήριο Φυσικής. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρεις τρόπους:

- σαν μέσο παρουσίασης και επίδειξης προσομοιώσεων
- σαν ένα εικονικό εργαστήριο για την υλοποίηση πειραμάτων από τους μαθητές
- ως μέσο εξάσκησης και επίλυσης προβλημάτων για τους μαθητές.

Ο διδάσκων μπορεί να δημιουργήσει εύκολα και γρήγορα ένα ισχυρό εικονικό εργαστηριακό περιβάλλον, για να παρουσιάσει φαινόμενα ή να εκτελέσει πειράματα, ξεφεύγοντας από την παραδοσιακή στατική παρουσίαση της εικόνας του βιβλίου ή του πίνακα. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες του Interactive Physics μπορεί :

- να ελέγχει τις πειραματικές συνθήκες, αλλάζοντας τις τιμές μεγεθών όπως μάζα, θέση, ταχύτητα, τριβή των σωμάτων .
- να τροποποιεί το φυσικό περιβάλλον (workspace) του πειράματος έχοντας τη δυνατότητα αλλαγών σε ιδιότητες όπως βαρύτητα, αντίσταση αέρα ή να ορίζει ο ίδιος δυνάμεις με τη μορφή αλληλεπιδράσεων πεδίων (πεδίο αέρα)
- να χρησιμοποιεί τα όργανα μετρήσεων του πειράματος για τη λήψη των αποτελεσμάτων σε αριθμητική, γραφική ή διανυσματική μορφή, ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής
- να παρέχει μία στροβοσκοπική εικόνα παρατήρησης και να καταγράφει τα ίχνη της κίνησης σωμάτων στην οθόνη.
- να βλέπει τα πειράματα του από διάφορα αδρανειακά συστήματα αναφοράς .
- να τροποποιεί το interface των εφαρμογών δημιουργώντας ειδικά πλήκτρα επιλογών, τα οποία επιτρέπουν τη θωράκιση ενός τρίτου χρήστη (π.χ. μαθητή) από την πολυπλοκότητα του πειράματος, παρέχοντας πρόσβαση σε ένα περιορισμένο αριθμό παραμέτρων



- να εισάγει στο πείραμα ελέγχους (controls), οι οποίοι επιτρέπουν στο χρήστη της εφαρμογής την αλλαγή των παραμέτρων του πειράματος, χωρίς να είναι υποχρεωμένος να ανατρέχει σε παράθυρα επιλογών
- να βάζει τα δεδομένα του πειράματος σε άλλα εκπαιδευτικά λογισμικού για περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση (π.χ. φύλλα εργασίας) .
- να εισάγει εικόνες και σχήματα από άλλα σχεδιαστικά πακέτα και να τις ενσωματώνει στα υπόλοιπα αντικείμενα του πειράματος
- να δημιουργεί όργανα μετρήσεων ακόμη και για μη προκαθορισμένα

Ο μαθητής μπορεί με απλούς χειρισμούς :

- να κάνει πειράματα και να επιλύει προβλήματα, βλέποντας αμέσως τα αποτελέσματα του στην οθόνη .
- να επαναλαμβάνει την εργασία του όσες φορές είναι απαραίτητο, ανάλογα με τις ανάγκες του και το επίπεδο γνώσης του αντικειμένου, ώστε να δημιουργήσει τις κατάλληλες αναπαραστάσεις και να κατανοήσει τις συσχετίσεις μεταξύ των διαφόρων μεγεθών
- να αλληλεπιδρά δυναμικά με το περιβάλλον της προσομοίωσης, καθώς μπορεί να τροποποιεί τις αρχικές συνθήκες ή παραμέτρους του πειράματος, να κάνει προβλέψεις, να οδηγηθεί σε συμπεράσματα

## 2.6 Ανακεφαλαίωση

Οι μαθητές έχουν και χρησιμοποιούν αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα της διδασκόμενης γνώσης. Συχνά οι αντιλήψεις αυτές είναι διαφορετικές από τις επιστημονικές απόψεις και έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηριστικά, ανεξάρτητα από τον τόπο καταγωγής και την ηλικία των ατόμων. Οι αντιλήψεις των μαθητών θεωρούνται αποφασιστικός παράγοντας στη διαδικασία της μάθησης. Η εποικοδομητική προσέγγιση πρεσβεύει ότι οι μαθητές μπορούν να οικοδομούν μόνοι τους τη γνώση συμμετέχοντας ενεργά στην εκπαιδευτική διαδικασία, ενεργοποιώντας και τροποποιώντας τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις του για τα φυσικά φαινόμενα με σκοπό την κατασκευή της νέας γνώσης. Επίσης, η ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης από τους μαθητές αποτελεί βασικό στόχο της εκπαίδευσής τους. Οι διερευνήσεις Φυσικών Επιστημών μπορούν να συμβάλλουν στην ανάπτυξη ενεργών πολιτών που θα είναι ικανοί να ανταπεξέρχονται σε προβλήματα της καθημερινής τους ζωής και εκτός σχολικής τάξης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup> : ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

### 3.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών που είναι σχετικές με το θέμα της παρούσας εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, το κεφάλαιο αυτό αποτελείται από τέσσερις επιμέρους ενότητες. Στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται τα ερευνητικά δεδομένα για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την έννοια της δύναμης και την κίνηση των σωμάτων (βλ. ενότητα 3.2). Στην δεύτερη ενότητα περιγράφονται οι έρευνες που αφορούν σε διδακτικές παρεμβάσεις που επεξεργάζονται τις αντιλήψεις των μαθητών για την δύναμη και την κίνηση των σωμάτων (βλ. ενότητα 3.3). Στην τρίτη ενότητα, περιγράφεται η βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για την ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη (βλ. ενότητα 3.4). Στην τέταρτη σχολιάζονται τα αποτελέσματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης και καταδεικνύεται η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας (βλ. ενότητα 3.5).

### 3.2. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και τη κίνηση

Η ανασκόπηση των αντιλήψεων των μαθητών για τη δύναμη και την κίνηση καλύπτει έρευνες που έχουν δημοσιευθεί σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και σε πρακτικά επιστημονικών συνεδρίων.

Τα αποτελέσματα των ερευνών μπορούν να συνοψιστούν σε πέντε κατηγορίες.

(α) Κάθε κίνηση προϋποθέτει τη δράση μιας δύναμης στη διεύθυνσή της.

(β) Η δύναμη είναι ανάλογη με την ταχύτητα.

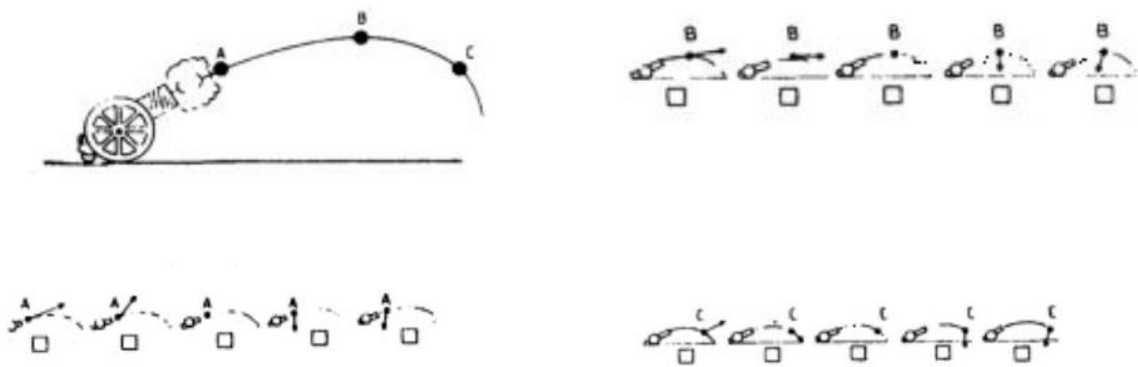
(γ) Η κίνηση γίνεται στη διεύθυνση της εφαρμοζόμενης δύναμης.

(δ) Αν ένα σώμα δεν κινείται δεν δρα δύναμη επάνω του.

(ε) Η δύναμη και η επιτάχυνση δεν έχουν πάντα την ίδια κατεύθυνση.

**(α) Κάθε κίνηση προϋποθέτει τη δράση μιας δύναμης στη διεύθυνσή της**

Έρευνες, έδειξαν ότι ορισμένοι μαθητές θεωρούν ότι για να κινηθεί ένα σώμα είναι απαραίτητο να ενεργεί σ' αυτό κάποια δύναμη, η οποία πρέπει να δρα στην κατεύθυνση της κίνησης (Watts & Zylbersztajn, 1981; Clement, 1982; McCloskey, 1983α; Fuschini et al., 1984; Nachtingal, 1984; Nielsen & Thomsen, 1984; Sjoberg & Lie, 1984; Osborne & Freyberg, 1985; Allen, 2002; Τουλάτου, 2006 ; Σκοπέτος, 2007). Στις περιπτώσεις που δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια εξωτερική δύναμη η οποία να διατηρεί την κίνηση του σώματος τότε οι μαθητές αποδέχονται την ύπαρξη κάποιας εσωτερικής δύναμης μέσα στο σώμα που κινείται. Η σύνδεση της κίνησης με τη δράση μιας δύναμης έρχεται σε αντίθεση με τους νόμους του Newton. Συγκεκριμένα στην έρευνα των Watts & Zylberztajn (1981) που πραγματοποιήθηκε σε περισσότερο από εκατό Άγγλους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης δόθηκαν στους μαθητές, τέσσερα σκίτσα που απεικόνιζαν τρεις διαφορετικές θέσεις της τροχιάς ενός βλήματος που ρίχνεται από κανόνι (βλ. σχήμα 3.1).



**Σχήμα 3.1.**

Το πρόβλημα των δυνάμεων που ενεργούν σ' ένα βλήμα και οι πιθανές απαντήσεις από τις οποίες οι μαθητές θα έπρεπε να επιλέξουν την απάντηση που ήταν σύμφωνη με τη σχολική γνώση

Ένα βλήμα ρίχνεται από ένα κανόνι. Τα σημεία A, B και C είναι τρεις διαφορετικές θέσεις της τροχιάς του βλήματος. Οι παραπάνω τρεις εικόνες αναφέρονται σ' αυτήν την κατάσταση.

Τα βέλη στο σχήμα δείχνουν τη διεύθυνση της της δύναμης στο βλήμα. Σε ποιο σχήμα φαίνεται σωστότερα η δύναμη επάνω στο βλήμα καθώς αυτό περνά από τη θέση A;

Εξήγηση:

Τώρα, σε ποιο σχήμα φαίνεται σωστότερα η δύναμη στο βλήμα καθώς αυτό περνά από τη θέση B (στο υψηλότερο σημείο της τροχιάς);

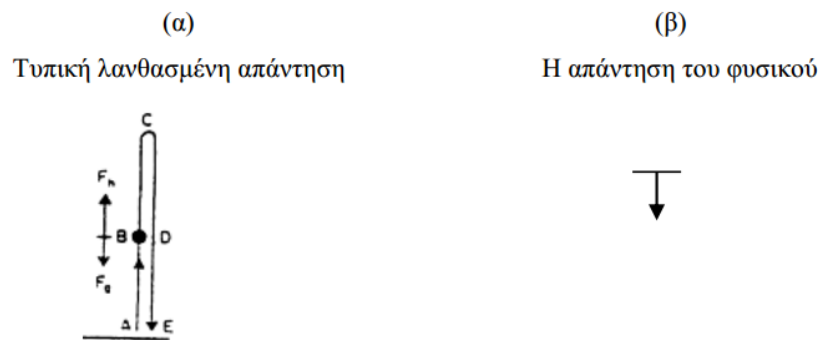
Εξήγηση:

Τώρα, σε ποιο σχήμα φαίνεται σωστότερα η δύναμη στο βλήμα καθώς αυτό περνά από τη θέση C;

Εξήγηση:

Από τις απαντήσεις που δόθηκαν, προέκυψε πως το 85% των μαθητών θεωρούσαν ότι για να κινηθεί ένα σώμα είναι απαραίτητο να δρα σ' αυτό μια δύναμη, η οποία θα πρέπει να ενεργεί στην κατεύθυνση της κίνησης. Όμως η μοναδική δύναμη που ενεργεί στο βλήμα είναι η δύναμη της βαρύτητας, η οποία

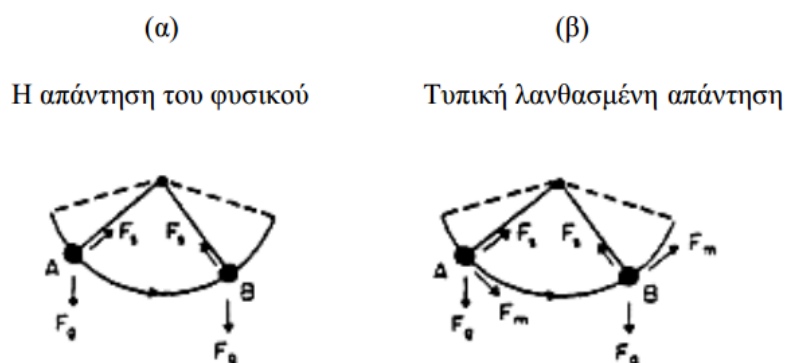
ευθύνεται για την παραβολική τροχιά. Η ίδια αντίληψη κυριαρχεί στις απαντήσεις μιας ομάδας Αμερικανών φοιτητών του τμήματος των Μηχανικών, σε ποσοστό 80% μιας μελέτης που πραγματοποιήθηκε από τον Clement (1982). Ειδικότερα δόθηκε στους φοιτητές στην αρχή του εξαμήνου και κατά τη διάρκεια του μαθήματος ένα σχέδιο που απεικόνιζε ένα κέρμα το οποίο ρίχονταν κατακόρυφα προς τα πάνω (βλ. σχ. 3.2). Στη συνέχεια ζητήθηκε από τους φοιτητές να σχεδιάσουν τα διανύσματα των δυνάμεων που δρούσαν στο κέρμα (Οι τριβές εξαιτίας του αέρα παραλείπονται).



**Σχήμα 3.2.**

Οι δυνάμεις που ενεργούν σ' ένα κέρμα που ρίχεται κατακόρυφα προς τα πάνω (α) όπως τις σχεδίασαν οι φοιτητές και (β) όπως θα τις σχεδίαζε ένας φυσικός

Από τις απαντήσεις διαπιστώθηκε ότι το 80% των φοιτητών θεωρούν απαραίτητη τη δράση πάνω στο κέρμα μιας δύναμης (της  $F_n$ ) η οποία έχει την κατεύθυνση της κίνησης. Με τη βοήθεια αυτής της δύναμης οι φοιτητές εξηγούν την προς τα πάνω κίνηση του νομίσματος και παράλληλα απέδιδαν την προέλευση της δύναμης αυτής στο αίτιο που έθεσε αρχικά σε κίνηση το νόμισμα. Η δύναμη αυτή θεωρήθηκε από τους φοιτητές ως «δύναμη που δίνω σ' ένα σώμα», «δύναμη ριξίματος» ή «η αρχική προς τα πάνω δύναμη». Αξίζει να σημειωθεί ότι το ίδιο πρόβλημα δόθηκε σε φοιτητές του ίδιου τμήματος που είχαν ήδη παρακολουθήσει ένα εξάμηνο μηχανικής και οι υποστηρικτές της επιστημονικής άποψης πλησίαζαν το 28%. Στην ίδια έρευνα (Clement, 1982) παρουσιάστηκε στους φοιτητές το σχέδιο ενός εκκρεμούς σε δυο θέσεις της τροχιάς του και ζητήθηκε από τους φοιτητές να σημειώσουν τις δυνάμεις που ενεργούν σ' αυτό (βλ. σχ. 3.3).



$F_g$ : Η δύναμη της βαρύτητας-  $F_s$ : Η τάση του νήματος-  $F_m$ : Η δύναμη που κάνει το εκκρεμές να κινηθεί προς την άλλη πλευρά. Αν δεν υπήρχε , το εκκρεμές ποτέ δεν θα μπορούσε να κινηθεί μέχρι την κορυφή της τροχιάς του.

### Σχήμα 3.3.

Οι δυνάμεις που ενεργούν σε δύο θέσεις της τροχιάς ενός εκκρεμούς ( $\alpha$ ) όπως τις σχεδίασαν οι φοιτητές και ( $\beta$ ) όπως θα τις σχεδίαζε ένας φυσικός

Από τις απαντήσεις που δόθηκαν προκύπτει ότι ένας μεγάλος αριθμός των ερωτηθέντων πίστευαν στην ύπαρξη μιας δύναμης (της  $F_m$ ), οποία κινεί το αντικείμενο που είναι κρεμασμένο στο νήμα και η οποία ενεργεί στη κατεύθυνση της κίνησής του.

Η έρευνα των Jimoyiannis & Komis (2003) στοχεύει σε μια βαθύτερη διερεύνηση των ιδεών των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τις δυνάμεις που εμπλέκονται σε αντικείμενα που κινούνται υπό τη μόνη επίδραση της βαρύτητας. Οι κύριοι στόχοι είναι: (1) η διερεύνηση άλλων ιδεών ή δυσκολιών που παρεμβαίνουν και καθορίζουν τα νοητικά μοντέλα των μαθητών σχετικά με την κίνηση και τη δύναμη, και (2) να αποκαλύψει πώς οι μαθητές του δείγματος ομαδοποιούνται σύμφωνα με τις εναλλακτικές αντιλήψεις τους. Συμμετείχαν έξι τυπικά δημόσια υψηλά Σχολεία στην πόλη των Ιωαννίνων. Συνολικά 146 μαθητές (83 αγόρια και 63 κορίτσια) που παρακολουθούσαν την Α' Λυκείου (15-16 ετών) . Έχουν επιλεγεί τυχαία και αντιπροσωπεύουν ένα ευρύ φάσμα επιπέδων επίτευξης. Οι μαθητές του δείγματος προέρχονταν από ποικίλες κοινωνικοοικονομικές καταβολές. Η έρευνά έλαβε χώρα περίπου έξι μήνες αφότου οι μαθητές έλαβαν το σχολείο διδάσκοντας τους νόμους του Νεύτωνα. Δεν πραγματοποιήθηκε εκπαιδευτική παρέμβαση πριν από την ερευνητική διαδικασία. Οι δραστηριότητές τους, στην τάξη , περιορίζονταν γενικά στην συμβατική επίλυση προβλημάτων, βασιζόμενη κυρίως στη διαχείριση των μαθηματικών εξισώσεων και στην εξαγωγή ποσοτικών αποτελεσμάτων.

Οι ερωτήσεις ήταν οι εξής:

α) Ένας παίκτης μπάσκετ ρίχνει τη μπάλα στο καλάθι. Ποιές δυνάμεις ασκούνται στη σφαίρα στο ανώτατο σημείο της τροχιάς της;

β) Ένας παίκτης τένις, που χειρίζεται άσχημα τη ρακέτα του, χτυπάει την μπάλα κάθετα προς τα πάνω. Ποιές δυνάμεις ασκούνται στη μπάλα στο ανώτατο σημείο της τροχιάς της;

γ) Ένας παίκτης του μπέιζμπολ χτυπά με τη ρόπαλο του την μπάλα οριζόντια. Ποιές δυνάμεις ασκούνται στη σφαίρα κατά τη διάρκεια της κίνησης της;

Οι έννοιες της ταχύτητας και της επιτάχυνσης στο ανώτερο σημείο της τροχιάς ενός αντικειμένου περιγράφονται ως ένα θέμα ιδιαίτερης δυσκολίας (Arons, 1981, 1990). Χρησιμοποιήθηκε η πολλαπλή ανάλυση αλληλογραφίας (MCA) που είναι μια καλά εδραιωμένη πολυπαραγοντική μέθοδος που επιτρέπει την ανάλυση και τη περιγραφή γραφικά και συνθετικά μιας μεγάλης ποσότητας ερευνητικών δεδομένων. Αυτή η μέθοδος είναι επίσης γνωστή ως ανάλυση ομοιογένειας. Η

πλειοψηφία των μαθητών στη μελέτη αυτή διέθετε την εναλλακτική αντίληψη ότι «υπάρχει ανάγκη για μια δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης για να διατηρηθεί η κίνηση» σε ποσοστό 68,5% στην πρώτη, 52,8% στη δεύτερη και 69,9% στην τρίτη ερώτηση. Φαίνεται επίσης ότι οι εναλλακτικές τους αντιλήψεις έχουν εξυπηρετήσει τους μαθητές καλά στην παροχή ικανοποιητικών ερμηνειών ή προβλέψεων κινήσεων στον κόσμο γύρω. Οι πεποιθήσεις των μαθητών είναι αντίθετες με τη Νευτώνεια θεωρία και τη γνώση του σχολείου. Τα αποτελέσματα μας δείχνουν καλύτερη απόδοση των μαθητών σε σύγκριση με εκείνες που αναφέρθηκαν σε προηγούμενες μελέτες, οι οποίες έχουν βρει ποσοστά μεταξύ 80-93% (McCloskey, Caramazza, & Green, 1980), 85% (Watts & Zylbersztajn, 1981), and 78-94% (Enderstein & Spango, 1996). Ωστόσο, τα αποτελέσματά μας δεν επιβεβαιώνουν τα ευρήματα των Enderstein και Spango (1996) σχετικά με το ποσοστό των μαθητών που αγνόησαν την παρουσία βαρυτικής δύναμης. Επιπλέον, φαίνεται ότι τα χαρακτηριστικά της κατάστασης που παρουσιάστηκαν (ο τύπος της κίνησης, η θέση της μπάλας, η σιωπηρή ταχύτητά της κλπ.) καθόρισε, σε μεγάλο βαθμό, τις ιδέες των μαθητών σχετικά με την κινητήρια δύναμη και την παρουσία της βαρυτικής δύναμης. Αυτό επιβεβαιώνει τα ευρήματα που αναφέρθηκαν από τον Palmer (1997) σχετικά με το ρόλο των παραμέτρων στη συλλογιστική των μαθητών σχετικά με την δύναμη και την κίνηση. Λόγω της τριβής, πρέπει να ασκούμε συνεχώς μια δύναμη στον άξονα κίνησης, προκειμένου να διατηρήσουμε ένα αντικείμενο που κινείται. Δεδομένου ότι η πλειοψηφία των μαθητών δεν είναι σε θέση να το αποδώσουν άμεσα στις τριβές, η εναλλακτική τους αντίληψη «μια δύναμη απαιτείται για να διατηρηθεί μια κίνηση» παραμένει αμετάβλητη ακόμη και μετά από μια σειρά μαθημάτων σχετικά με τους νόμους του Νεύτωνα. Φαίνεται επίσης ότι η συμβατική μελέτη της σχέσης δύναμης και κίνησης είναι ακατάλληλη για να οδηγήσουν τους μαθητές να οργανώσουν τις γνώσεις τους: «μια δύναμη απαιτείται μόνο για να αλλάξει ορμή».

Σε έρευνα των (Πετροχείλου Ελένη et.al. 2007), χρησιμοποιήθηκε ένα διαγνωστικό τεστ της Νευτώνειας Μηχανικής, το ερωτηματολόγιο Force and Motion Conceptual Evaluation (FMCE) (Thornton & Sokoloff, 1998) όπου μεταφράστηκαν στα ελληνικά και μελετήθηκαν – μετά από άδεια των συγγραφέων – οι 31, από τις 47, ερωτήσεις του FMCE, και δόθηκε σε φοιτητές φυσικής, για να ερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο εκφράζονται καθώς και ο βαθμός στον οποίο αλλάζουν οι αντιλήψεις τους για τη δύναμη και την κίνηση των σωμάτων κατά τη διάρκεια των σπουδών τους. Τα αποτελέσματα της έρευνας επεξεργάστηκαν με τη βοήθεια των προγραμμάτων Microsoft Office Excel και SPSS for Windows. Σε ένα πρόβλημα που περιγράφει ένα φορτηγό που χάλασε κι ένα αυτοκίνητο που το σπρώχνει, ζητείται να επιλέξουν την πρόταση (α έως ε) που συγκρίνει καλύτερα τα μέτρα των δυνάμεων που ασκούν το αυτοκίνητο και το φορτηγό το ένα στο άλλο, σε κάθε μία από τις καταστάσεις 1 έως 4.

α. Η δύναμη που ασκεί το αυτοκίνητο στο φορτηγό είναι ίση (σε μέτρο) με τη δύναμη που ασκεί το φορτηγό στο αυτοκίνητο.

β. Η δύναμη που ασκεί το αυτοκίνητο στο φορτηγό είναι μικρότερη (σε μέτρο) από τη δύναμη που ασκεί το φορτηγό στο αυτοκίνητο.

γ. Η δύναμη που ασκεί το αυτοκίνητο στο φορτηγό είναι μεγαλύτερη (σε μέτρο) από τη δύναμη που ασκεί το φορτηγό στο αυτοκίνητο.

δ. Η μηχανή του αυτοκινήτου δουλεύει έτσι ώστε το αυτοκίνητο να ασκεί μια δύναμη στο φορτηγό, αλλά η μηχανή του φορτηγού δε δουλεύει οπότε δε μπορεί να ασκήσει δύναμη στο αυτοκίνητο.

ε. Ούτε το αυτοκίνητο ούτε το φορτηγό ασκούν δύναμη το ένα στο άλλο. Το φορτηγό κινείται απλά επειδή βρίσκεται στην πορεία του αυτοκινήτου.

1. Το αυτοκίνητο σπρώχνει το φορτηγό, αλλά όχι αρκετά ώστε να το κινήσει.

2. Το αυτοκίνητο, σπρώχνοντας το φορτηγό, επιταχύνει μέχρι να φτάσει σε μια τελική ταχύτητα.

3. Το αυτοκίνητο, σπρώχνοντας το φορτηγό, πιάνει μια τελική ταχύτητα και συνεχίζει να κινείται σταθερά με αυτή.

4. Το αυτοκίνητο, σπρώχνοντας το φορτηγό, κινείται με την τελική ταχύτητα που απέκτησε και κάποια στιγμή το φορτηγό πατάει τα φρένα και αναγκάζει το αυτοκίνητο να επιβραδύνει.

Η νευτώνεια απάντηση και στις 4 ερωτήσεις του προβλήματος, είναι η απάντηση ε, ότι οι δυνάμεις που ασκούν τα δύο οχήματα είναι ίσες. Στις ερωτήσεις 1 και 4 η κύρια εναλλακτική ιδέα εκφράζεται από την απάντηση β (το φορτηγό ασκεί μεγαλύτερη δύναμη) ενώ στις ερωτήσεις 2 και 3, η κύρια εναλλακτική ιδέα εκφράζεται από την απάντηση γ (το αυτοκίνητο ασκεί μεγαλύτερη δύναμη). Από τις απαντήσεις αυτές προκύπτει ότι οι φοιτητές, συγκρίνοντας τις δυνάμεις των δύο οχημάτων, συγχέουν το 2ο με τον 3ο νόμο του Νεύτωνα και επιλέγουν την απάντησή τους με βάση τις ιδέες τους για το 2ο νόμο και όχι τον 3ο νόμο. Για παράδειγμα στην ερώτηση 12 όπου το σύστημα των δύο οχημάτων κινείται με σταθερή ταχύτητα, αρκετοί φοιτητές (71,7% των πρωτοετών και 54,3% των δευτεροετών) φαίνεται να θεωρούν ότι πρέπει να υπάρχει μια δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης, η οποία συγκρινόμενη με την αντίδραση είναι μεγαλύτερη.

Στην έρευνα των Φριστίνα Κωσταρά, Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης (2015), συμμετείχαν συνολικά 316 πρωτοετείς φοιτητές της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων εκ των οποίων οι 169 (53.5%) ήταν αγόρια και οι 147 (46.5%) κορίτσια. Οι φοιτητές, με βάση το ισχύον Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών είχαν παρακολουθήσει προχωρημένα θέματα Φυσικής της Θετικής Κατεύθυνσης τόσο στη Β' όσο και τη Γ' Λυκείου. Το δείγμα της έρευνας απαρτίζουν αριστούχοι μαθητές του εκπαιδευτικού συστήματος καθώς πέτυχαν πολύ υψηλές βαθμολογικές επιδόσεις στις Πανελλαδικές Εξετάσεις για να εισαχθούν στη συγκριμένη σχολή. Η μέθοδος συλλογής των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε ήταν η δειγματοληπτική έρευνα. Στους φοιτητές δόθηκε κατάλληλο ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου το οποίο κλήθηκαν να απαντήσουν γραπτώς στη διάρκεια μιας διδακτικής ώρας. Οι ερωτήσεις που τέθηκαν είναι συνδεδεμένες με απλά φαινόμενα που συμβαίνουν στην καθημερινή ζωή ώστε οι φοιτητές να βρεθούν αντιμέτωποι με καταστάσεις που δείχνουν ενδεχόμενες παρανοήσεις τους στις δυνάμεις. Στο ερωτηματολόγιο δεν περιλαμβάνονται ερωτήσεις με τις οποίες θα γινόταν στείρος έλεγχος των γνώσεων των φοιτητών που αποκόμισαν κατά τη διάρκεια των χρόνων τους στο Γυμνάσιο και το Λύκειο. Ορισμένες ερωτήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενες έρευνες (Στύλος και Κώτσης, 2009· Κώτσης, 2011). Η ανάλυση των δεδομένων

πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πακέτο SPSS 22.00. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων της παρούσας μελέτης αναδεικνύει πως ένας πολύ μεγάλος αριθμός πρωτοετών φοιτητών της Ιατρικής Σχολής, που πρέπει να σημειωθεί ότι είναι οι αριστούχοι μαθητές του εκπαιδευτικού μας συστήματος με ιδιαίτερα υψηλές βαθμολογικές επιδόσεις στις Πανελλήνιες σε όλα τα μαθήματα και επομένως και στο μάθημα της Φυσικής Κατεύθυνσης, διατηρεί σε ένα μεγάλο ποσοστό τις εναλλακτικές ιδέες για τις έννοιες της δύναμης. Μια κυρίαρχη εναλλακτική ιδέα των φοιτητών που αναδύεται σε αυτή τη μελέτη είναι το γεγονός πως η ύπαρξη της κίνησης ενός αντικειμένου προϋποθέτει την παρουσία μιας δύναμης που ενεργεί σε αυτό ή η δύναμη που ενεργεί στο αντικείμενο θα έχει την κατεύθυνση της κίνησής του. Η αντίληψη αυτή είναι γνωστή ως «Αριστοτελική» στην οποία πιστεύεται πως η σταθερή κίνηση ενός σώματος είναι αποτέλεσμα μιας σταθερής δύναμης που έχει την κατεύθυνση της ταχύτητας. Η εναλλακτική αυτή ιδέα είναι σε συμφωνία και με άλλες μελέτες που έχουν δημοσιευτεί στο παρελθόν (Στύλος, Ευαγγελάκης & Κώτσης, 2007· Καραόγλου, Κώτσης & Ρίζος, 2010· Clement, 1982). Η αντίληψη που έχουν οι φοιτητές για τη δύναμη και την ιδιότητα που της αποδίδουν να συνεχίζει να δρα σε ένα σώμα ακόμα και όταν αυτή δεν εφαρμόζεται, έχει προκύψει και από μελέτη που έγινε στα πλαίσια διερεύνησης των αντιλήψεων των πρωτοετών φοιτητών τμημάτων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων (Στύλος, Ευαγγελάκης & Κώτσης 2007). Οι απαντήσεις των φοιτητών στην παρούσα μελέτη, όπως και σε άλλες παρόμοιες έρευνες εμφανίζουν τα δυο γνώριμα χαρακτηριστικά, που διακρίνονται και στις αντιλήψεις των μαθητών όλων των βαθμίδων της εκπαίδευσης σε έννοιες της Φυσικής. Στηρίζονται αφενός σε δικά τους νοητικά σχήματα που έχουν διαισθητικό ή εμπειρικό χαρακτήρα και αφετέρου σε επιστημονικές γνώσεις που αποκόμισαν από τη διδασκαλία, οι οποίες έχουν δημιουργήσει σύγχυση αυτών των εμπειριών.

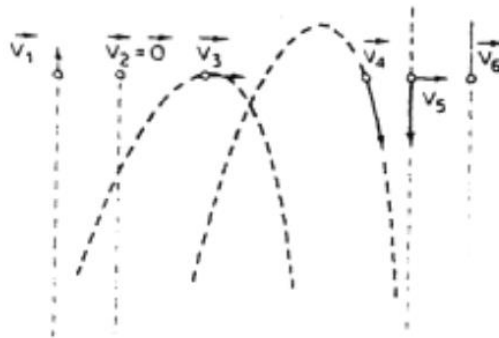
Από τις αναλύσεις των αποτελεσμάτων των ερευνών που προαναφέρθηκαν προκύπτει ότι τόσο οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης όσο και οι φοιτητές συνδέουν τη δύναμη με την κίνηση. Θεωρούν ότι υπάρχει μια δύναμη (αίτιο) μέσα στα κινούμενα σώματα η οποία διατηρεί την κίνηση ακόμη και όταν τα σώματα χάσουν την επαφή τους με το σώμα που αρχικά ασκεί τη δύναμη. Σύμφωνα με τις αντιλήψεις τους η δύναμη «ξοδεύεται» με την πάροδο του χρόνου και τελικά υποχωρεί ώστε το σώμα να επιβραδύνεται και να σταματά. Οι εναλλακτικές αυτές αντιλήψεις φαίνεται να μην εξελίσσονται και να μην πλησιάζουν τις επιστημονικά αποδεκτές κατά τη μετάβαση των μαθητών από τη μέση στην ανώτερη βαθμίδα εκπαίδευσης καθώς τα ποσοστά των φοιτητών που τις υιοθετούν δεν διαφοροποιούνται από τα αντίστοιχα ποσοστά των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η συγκεκριμένη εναλλακτική αντίληψη μπορεί να θεωρηθεί ως «διαισθητικός κανόνας» καθώς συνδέεται με την τάση των παιδιών να εξηγήσουν την έννοια της δύναμης βασιζόμενα στις αισθήσεις τους, στην εμπειρία και γενικότερα στην εμπλοκή τους στην καθημερινή ζωή. Συνεπώς τα παιδιά βασιζόμενα στις αισθήσεις τους θεωρούν ότι η δύναμη με την οποία ο άνθρωπος ρίχνει ένα αντικείμενο εμβάλλεται σ' αυτό με αποτέλεσμα να διατηρείται η κίνηση του αντικειμένου. Οι απόψεις των μαθητών φαίνεται να παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες τόσο με τη θεωρία του Αριστοτέλη όσο



και με θεωρητικές θέσεις που αναπτύχθηκαν κατά τον Μεσαίωνα και ειδικότερα με τη γνωστή ως «θεωρία του impetus» που ο σημαντικότερος εκφραστής της ήταν ο Buridan (Κουλαϊδής, 2002).

### (β) Η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας

Σύμφωνα μ' αυτή την αντίληψη η δύναμη που δρα σ' ένα σώμα είναι ανάλογη με την ταχύτητα που αποκτά το σώμα και συγκεκριμένα όσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται στο σώμα τόσο μεγαλύτερη ταχύτητα αποκτά το σώμα, ενώ όταν η δύναμη σταματάει να ενεργεί στο σώμα τότε η ταχύτητά του μηδενίζεται (Viennot, 1979; Αλιμήσης, 1998; Allen, 2002; Κώτσης & Αναγνωστόπουλος, 2006; Τουλάτου, 2006). Η εναλλακτική αυτή αντίληψη έρχεται σε αντίθεση με το 2ο νόμο του Newton. Η Viennot πραγματοποίησε έρευνα (1979) σε Γάλλους, Βέλγους Άγγλους μαθητές της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και σε φοιτητές Πανεπιστημίου. Σε μια από τις ερωτήσεις της έρευνας δόθηκε, στους μαθητές ένα σχήμα όπου παριστάνονταν έξι μπάλες ενός ταχυδακτυλουργού, που βρίσκονταν στο ίδιο ύψος από τη γη αλλά σε διαφορετικές φάσεις της κίνησής τους (βλ. σχ. 3.4). Στο σχήμα υπήρχαν τα διανύσματα της ταχύτητας, σε διάφορα σημεία της τροχιάς.



Σχήμα 3.4.

Οι μπάλες ενός ταχυδακτυλουργού που βρίσκονται στο ίδιο ύψος από τη γη αλλά σε διαφορετικές φάσεις της κίνησής τους. Οι μαθητές και οι φοιτητές έπρεπε να συγκρίνουν τις δυνάμεις που ενεργούν στις μπάλες

Οι συμμετέχοντες στην έρευνα (μαθητές και φοιτητές) ερωτήθηκαν κατά πόσο οι δυνάμεις που δρουν στις μπάλες κατά τη στιγμή που παριστάνονται στο σχήμα είναι ίδιες. Πολλοί φοιτητές απάντησαν πως οι δυνάμεις που ενεργούν στις μπάλες έχουν διαφορετικό μέγεθος επειδή κάθε μπάλα έχει διαφορετική ταχύτητα. Ειδικότερα τα αποτελέσματα που προέκυψαν περιγράφονται στον ακόλουθο Πίνακα 3.1:

### ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1

Κατανομή απαντήσεων μαθητών-φοιτητών (%) για το μέγεθος των δυνάμεων που ενεργούν στις μπάλες ενός ταχυδακτυλουργού που βρίσκονται στο ίδιο ύψος από τη γη αλλά σε διαφορετικές φάσεις της κίνησής τους

Αριθμός ατόμων που απάντησαν	Έτος σπουδών	Οι δυνάμεις είναι ίδιες	Οι δυνάμεις είναι διαφορετικές	Δεν απάντησαν
29	Τελευταίο έτος στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση	39%	55%	6%
36	Πρώτο έτος πανεπιστημίου (Γάλλοι)	58%	42%	0%
228	Πρώτο έτος πανεπιστημίου (Βέλγοι)	44%	54%	2%

Επιπρόσθετα για τη μπάλα που είχε μηδενική ταχύτητα, υποστηρίχτηκε από τους μαθητές ότι η δύναμή της είναι μηδενική. Ακόμη, θεωρούσαν ότι οι δυνάμεις βρίσκονται μέσα στη μπάλες «δύναμη της μάζας» συντηρούν την κίνησή τους («απόθεμα δύναμης») και συνδέονται τόσο με την κίνηση όσο και με την ταχύτητα με μια σχέση αναλογίας (Viennot, 1979).

Σε ένα δεύτερο πρόβλημα της έρευνας των (Πετροχειίλου Ελένη et.al. 2007), όπου αναφερόταν στο πέταγμα νομίσματος (ερωτήσεις 5 έως και 7), ένα παιδί πετά ένα νόμισμα προς τα πάνω στον αέρα. Το νόμισμα κινείται προς τα πάνω, φτάνει σ' ένα μέγιστο ύψος και έπειτα κινείται προς τα κάτω. Η αντίσταση του αέρα είναι αμελητέα. Ζητείται να επιλέξουν μία από τις παρακάτω προτάσεις (Α έως Η) για να προσδιορίσουν τη δύναμη που ασκείται στο νόμισμα σε κάθε μία από τις καταστάσεις 5 έως 7.

A. Η δύναμη έχει φορά προς τα κάτω και το μέτρο της είναι σταθερό.

B. Η δύναμη έχει φορά προς τα κάτω και το μέτρο της αυξάνεται.

Γ. Η δύναμη έχει φορά προς τα κάτω και το μέτρο της μειώνεται.

Δ. Η δύναμη είναι μηδέν.

E. Η δύναμη έχει φορά προς τα πάνω και το μέτρο της είναι σταθερό.

Z. Η δύναμη έχει φορά προς τα πάνω και το μέτρο της αυξάνεται.

H. Η δύναμη έχει φορά προς τα πάνω και το μέτρο της μειώνεται.

5. Το νόμισμα κινείται προς τα πάνω.

6. Το νόμισμα βρίσκεται στο ψηλότερο σημείο της κίνησης.

7. Το νόμισμα κινείται προς τα κάτω.

Τη Νευτώνεια απάντηση και στις 3 ερωτήσεις του προβλήματος ,(ότι η δύναμη έχει φορά προς τα κάτω και το μέτρο της είναι σταθερό) επέλεξαν μόλις το 13.3% των πρωτοετών φοιτητών Φυσικής και το 34.3% των δευτεροετών φοιτητών Φυσικής. Στην ερώτηση 5 η εναλλακτική ιδέα εκφράζεται από την απάντηση Η,στην ερώτηση 6 από την απάντηση Δ και στην ερώτηση 7 από την απάντηση Β. Και οι τρεις απαντήσεις εκφράζουν την ιδέα ότι η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας. Η απάντηση Η στην ερώτηση 5 εκφράζει επιπλέον και την εναλλακτική ιδέα ότι υπάρχει μια προωθητική δύναμη που διατηρεί την κίνηση, μια ιδέα παρόμοια με τη θεωρία της όρμησης του Buridan.Οι πρωτοετείς

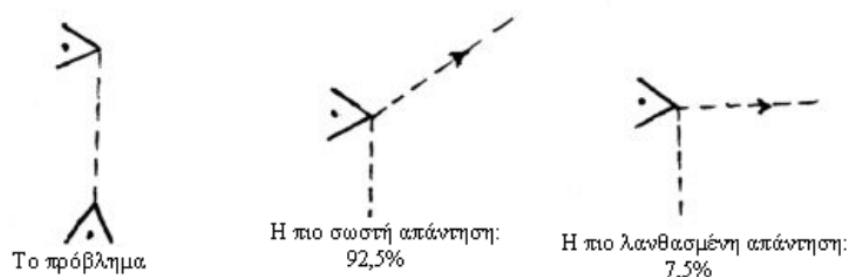
φοιτητές επέλεξαν σε αρκετά χαμηλά ποσοστά τη νευτώνεια απάντηση. Αντιθέτως ένα μεγάλο ποσοστό φοιτητών επέλεξαν την εναλλακτική ιδέα, ότι η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας. Οι δευτεροετείς φοιτητές επιλέγουν σε μεγαλύτερο ποσοστό τη νευτώνεια ιδέα απ' ότι οι πρωτοετείς, εντούτοις ένα μεγάλο ποσοστό φοιτητών επιλέγουν την εναλλακτική ιδέα. Σε ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά (76,7% των πρωτοετών και 57,1% των δευτεροετών) οι φοιτητές απαντούν ότι όταν το νόμισμα είναι στιγμιαία ακίνητο η δύναμη πάνω του είναι μηδέν. Φαίνεται ότι για τους φοιτητές η ακινησία συνδέεται με μηδενική δύναμη ανεξάρτητα από το πρόβλημα.

### (γ) Η κίνηση γίνεται στη διεύθυνση της εφαρμοζόμενης δύναμης

Με βάση την αντίληψη αυτή η διεύθυνση της κίνησης ενός σώματος συμπίπτει με τη διεύθυνση της δύναμης που ενεργεί στο σώμα που κινείται (diSessa, 1982; White, 1983). Η αντίληψη αυτή ισχύει όταν το αντικείμενο στο οποίο ασκείται η δύναμη, είναι αρχικά ακίνητο. Διαφορετικά, η νέα τροχιά που θα ακολουθήσει λόγω της δράσης της δύναμης είναι το αποτέλεσμα της σύνθεσης της αρχικής κίνησης με εκείνη που θα προκαλούσε η δύναμη, αν το αντικείμενο ήταν αρχικά ακίνητο.

Η σχέση της δύναμης με τη διεύθυνση της κίνησης αποτέλεσε αντικείμενο της έρευνας της White (1983) στην οποία συμμετείχαν μαθητές, μέσου όρου ηλικίας 16,4 χρονών, οι οποίοι είχαν διδαχτεί φυσική και ιδιαίτερα μηχανική. Στους μαθητές δόθηκαν μια σειρά προβλημάτων που αφορούσαν ένα υποθετικό διαστημόπλοιο το οποίο ταξίδευε στο διάστημα χωρίς τριβές. Το διαστημόπλοιο είχε μια περιστρεφόμενη μηχανή που μπορεί να πυροδοτείται προς κάθε κατεύθυνση. Κάθε φορά που πυροδοτείται η μηχανή το διαστημόπλοιο δέχεται μια δύναμη σταθερού μεγέθους στην κατεύθυνση της πυροδότησης.

Στο πρώτο πρόβλημα, το διαστημόπλοιο αρχικά πυροδοτούνταν κατακόρυφα με φορά προς τα πάνω και στη συνέχεια, αφού στρεφόταν η μηχανή κατά 90 μοίρες προς τα δεξιά, το διαστημόπλοιο πυροδοτούνταν ξανά. Ζητήθηκε από τους μαθητές: (α) να σχεδιάσουν τη διεύθυνση του διαστημόπλοιου μετά τη δεύτερη πυροδότηση και (β) να προβλέψουν αν η ταχύτητά του θα ήταν μεγαλύτερη, ίδια ή μικρότερη σε σχέση με την ταχύτητά του μετά την πρώτη πυροδότηση. Αναφορικά με τη σχεδίαση της διεύθυνσης του διαστημόπλοιου μετά τη δεύτερη πυροδότηση οι απαντήσεις των μαθητών απεικονίζονται στη σχήμα (σχ.3.5).

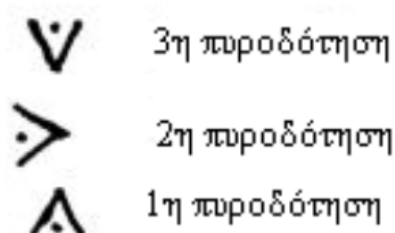


**Σχήμα 3.5.**

Η πορεία που ακολουθεί ένα υποθετικό διαστημόπλοιο μετά από δύο διαδοχικές

πυροδοτήσεις, όπως τη σχεδίασαν οι μαθητές

Για το 2ο μέρος του προβλήματος το 50% των ερωτηθέντων απάντησαν σύμφωνα με τη σχολική γνώση δηλαδή ότι η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη, ενώ το 37,5% απάντησαν, θεωρώντας ότι η ταχύτητα είναι ίδια. Στο δεύτερο πρόβλημα το διαστημόπλοιο εκτός από τις δυο πυροδοτήσεις δεχόταν και μια τρίτη πυροδότηση η οποία είχε κατεύθυνση κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω (βλ. σχ. 3.6). Ζητήθηκε από τους μαθητές να προβλέψουν την κατεύθυνση του διαστημόπλοιου μετά την τρίτη πυροδότηση.



**Σχήμα 3.6.**

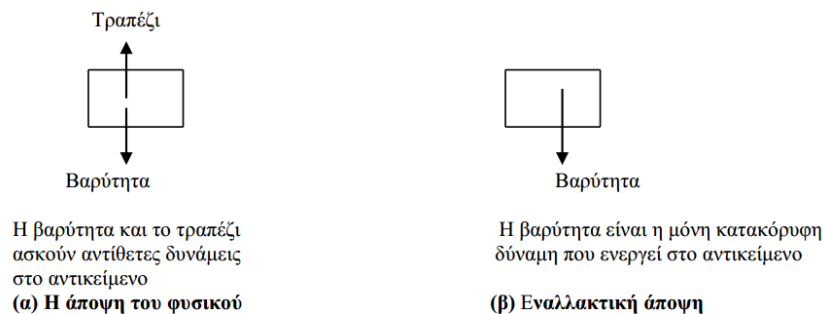
Η κατεύθυνση της 1ης, 2ης, 3ης, πυροδότησης αντίστοιχα ενός υποθετικού διαστημοπλοίου. Οι μαθητές έπρεπε να προβλέψουν την κατεύθυνση του διαστημοπλοίου μετά την 3η πυροδότηση

Από τις απαντήσεις που δόθηκαν προέκυψε ότι: (α) το 60% των ερωτηθέντων απάντησαν σύμφωνα με τη σχολική γνώση, δηλαδή θεωρούσαν ότι το διαστημόπλοιο θα κινηθεί οριζόντια με φορά προς τα δεξιά, (β) το 25% των ερωτηθέντων θεωρούσαν ότι το διαστημόπλοιο θα κινηθεί σε διεύθυνση πλάγια και (γ) το 15% των ερωτηθέντων θεωρούσε ότι το διαστημόπλοιο θα κινηθεί στη διεύθυνση της τελευταίας πυροδότησης. Στο τρίτο πρόβλημα ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν ένα σχήμα και να εξηγήσουν πως το διαστημόπλοιο μπορεί να κινηθεί σε κυκλική τροχιά. Μόλις το 20% των ερωτηθέντων απάντησε σύμφωνα με τη σχολική γνώση ενώ το 70% θεωρούσε απαραίτητη την παρουσία δυνάμεων κατά μήκος της κυκλικής τροχιάς. Τέλος στο τέταρτο πρόβλημα ζητήθηκε από τους μαθητές να περιγράψουν ένα σχήμα με το οποίο θα μπορούσε το διαστημόπλοιο να πετάξει σε πορεία τετραγώνου σχήματος. Προέκυψε ότι το 37,5% των μαθητών απάντησαν σύμφωνα με τη σχολική εκδοχή της επιστημονικής γνώσης. Όπως παρατηρεί η White (1983) μόνο το 10% με 20%, ανάλογα με την ερώτηση, δεν έπαιρναν υπόψη τους την ορμή του διαστημοπλοίου όταν προέβλεπαν πως η δύναμη θα αλλάξει τη διεύθυνση της κίνησης (προβλήματα 1(α), 2, 4). Θεωρείτο το πρόβλημα (3) πιο σύνθετο από μια απλή πρόσθεση ταχυτήτων, αφού θα πρέπει να προσεγγιστεί η κυκλική διαδρομή με μια πολυγωνική. Σύμφωνα με τη White (1983) οι κυριότερες δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές οφείλονται στα διάφορα στοιχεία των γνώσεων που χρησιμοποιούν, όπου μερικά από αυτά έχουν χαρακτηριστικά που έρχονται σε αντίθεση με την τυπική φυσική. Το

αποτέλεσμα είναι ότι κατανοούν μερικώς τα συμπεράσματα των νόμων του Newton.

### (δ) Αν ένα σώμα δεν κινείται δεν δρα δύναμη επάνω του

Από έρευνες συνάγεται ότι οι μαθητές θεωρούν πως δεν μπορεί να ενεργεί δύναμη σε σώματα τα οποία είναι ακίνητα (Ericson & Hobbs, 1978; Clement, 1982; Ministrel, 1982; McCloskey, 1983a; Osborne & Freyberg, 1985; Allen, 2002). Στην έρευνα που υλοποιήθηκε από τον Ministrell (1982) ζητήθηκε από τους μαθητές μιας τάξης γυμνασίου να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που ασκούνται σε ένα βιβλίο που βρίσκεται ακίνητο σ' ένα τραπέζι (βλ. σχ.3.7). Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε ότι πάνω από το 50% των μαθητών θεωρούσαν ότι το τραπέζι δεν ασκεί καμία δύναμη πάνω στο βιβλίο. Πολλοί από αυτούς εξήγησαν την απάντησή τους θεωρώντας ότι το τραπέζι βρίσκεται απλώς στο δρόμο του βιβλίου ως προς το πάτωμα. Ο Ministrel συμπέρανε ότι οι μαθητές αισθάνονταν ότι η δύναμη συνεπάγεται μια δράση πάνω στο βιβλίο και για αυτό δυσκολεύονταν να χρησιμοποιήσουν τη λέξη αυτή για να εκφράσουν την ιδέα της στήριξης του βιβλίου απ' το τραπέζι.



**Σχήμα 3.7.**

Οι δυνάμεις που ενεργούν σ' ένα βιβλίο που βρίσκεται ακίνητο πάνω σ' ένα τραπέζι (α) όπως θα τις σχεδίαζε ένας φυσικός και (β) όπως τις σχεδίασαν οι φοιτητές.

Σε μια άλλη έρευνα των Osborne & Freyberg (1985) τέθηκε, σε μαθητές ηλικίας 7 έως 19 χρονών, το πρόβλημα που απεικονίζεται στο σχήμα (βλ. σχ.3.8).



**Σχήμα 3.8.**

Προβληματική κατάσταση που αφορά τη δράση δύναμης σε ακίνητο αυτοκίνητο, όπως δόθηκε σε μαθητές γυμνασίου

Χαρακτηριστική ήταν η απάντηση ενός δεκατριάχρονου ο οποίος θεωρούσε ότι δεν υπάρχει δύναμη στο αυτοκίνητο γιατί αν υπήρχε θα ανάγκαζε το αυτοκίνητο να κινηθεί. Όπως επισημαίνουν οι ερευνητές, τα παιδιά που απάντησαν με τον παραπάνω τρόπο έδιναν έμφαση στην ανθρώπινη άποψη της κατάστασης θεωρώντας ότι ο άνθρωπος ίσως προσπαθούσε να αναγκάσει το αυτοκίνητο να κινηθεί. Παράλληλα πίστευαν ότι εφόσον ο άνθρωπος δεν καταφέρει να κινήσει το αυτοκίνητο δεν υπάρχει στην πραγματικότητα ανάμιξη δύναμης. Ένα άλλο στοιχείο που προκύπτει από την παραπάνω απάντηση, σύμφωνα με τους ερευνητές, είναι η ανθρωποκεντρική άποψη που θα αγνοούσαν από ένα φυσικό κατά την ανάλυση του προβλήματος. Συνεπώς τα παιδιά θεωρούν ότι αν ο άνθρωπος ήθελε να κινήσει το αυτοκίνητο θα το έκανε βάζοντας δύναμη (Obsorne & Freyberg, 1985). Η ίδια αντίληψη εμφανίστηκε και στην έρευνα του Clement (1982) όπου διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι σπουδαστές του τμήματος των Μηχανικών δεν αναγνώριζαν τη δύναμη της αντίδρασης από το τραπέζι στο βιβλίο και θεωρούσαν πως το τραπέζι απλά «παρεμβάλλεται».

### **(ε) Η δύναμη και η επιτάχυνση δεν έχουν πάντα την ίδια κατεύθυνση**

Σύμφωνα με την αντίληψη αυτή το διάνυσμα της δύναμης και της επιτάχυνσης κάποιες φορές έχει την ίδια κατεύθυνση και κάποιες φορές έχει διαφορετική κατεύθυνση. Τα αποτελέσματα της έρευνας (Thornton & Sokoloff, 1998) επιβεβαιώνουν την τάση των μαθητών να μη συνδέουν πάντοτε την κατεύθυνση της δύναμης με την κατεύθυνση της επιτάχυνσης. Η αντίληψη αυτή έρχεται σε αντίθεση με το 2ο νόμο του Newton. Κατά τη διάρκεια 1989 – 1990 πραγματοποιήθηκε έρευνα από τον Thornton και τον Sokoloff, σε 240 Πανεπιστήμια των Tufts και Oregon αντίστοιχα με σκοπό τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για τους νόμους του Newton. Ειδικότερα οι αντιλήψεις διερευνήθηκαν πριν και μετά από μια παραδοσιακή διδασκαλία όπως και μετά από εργαστηριακή διδασκαλία. Μια σειρά ερωτήσεων είχε βασιστεί στην κίνηση ενός έλκηθρου πάνω σε πάγο. Δόθηκε στους μαθητές ένα σκίτσο όπου ένας άνθρωπος ασκούσε σταθερή δύναμη με φορά προς τα δεξιά στο έλκηθρο. Η τριβή θεωρούνταν αμελητέα και δεν επηρέαζε την κίνηση του έλκηθρου. Σε μια ερώτηση ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν ανάμεσα σε έξι απαντήσεις αναφορικά με τη δύναμη εκείνη που ευθύνεται για την κίνηση του έλκηθρου προς τα δεξιά με σταθερή επιτάχυνση. Μόλις το 20% των ερωτηθέντων απάντησαν σύμφωνα με τους νόμους του Newton. Σε μια δεύτερη ερώτηση της ίδιας σειράς ερωτήσεων ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν τη δύναμη εκείνη που είναι υπεύθυνη για την κίνηση του έλκηθρου όταν μειώνεται η ταχύτητά του με σταθερό ρυθμό αλλά η επιτάχυνση εξακολουθεί να έχει φορά προς τα δεξιά. Στη ερώτηση αυτή λιγότερο από το 10% των μαθητών απάντησε σύμφωνα με τους νόμους του Newton, γεγονός που υποδηλώνει ότι το 10% των ερωτηθέντων της προηγούμενης ερώτησης που απάντησε σύμφωνα με τους νόμους του Newton θεωρώντας ότι η δύναμη και η επιτάχυνση έχουν την ίδια κατεύθυνση, στη δεύτερη

ερώτηση φαίνεται να αλλάζουν την αντίληψή τους πιστεύοντας ότι η δύναμη και η επιτάχυνση έχουν διαφορετική κατεύθυνση. Οι παραπάνω απαντήσεις δόθηκαν πριν τη διδασκαλία παραδοσιακού τύπου των νόμων του Newton ενώ μετά τη διδασκαλία παραδοσιακού τύπου η πρώτη ερώτηση απαντήθηκε σύμφωνα με τους νόμους του Newton σε ένα ποσοστό της τάξης του 25% ενώ η δεύτερη ερώτηση απαντήθηκε σε ένα ποσοστό της τάξης του 15%. Παρατηρείται μια μικρή αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών μετά τη διδασκαλία παραδοσιακού τύπου γεγονός που φανερώνει ότι η διδασκαλία επιδρά στις αντιλήψεις των μαθητών, όμως η επίδραση αυτή δεν είναι σημαντική και δεν είναι αρκετή να τις επηρεάσει σε μεγαλύτερο βαθμό. Στην ίδια έρευνα χρησιμοποιήθηκε αντίστοιχη σειρά ερωτήσεων όπου στην κίνηση συμμετείχε ένα αυτοκίνητο κατά μήκος μιας ράμπας. Τα ποσοστά των απαντήσεων σύμφωνα με τους νόμους του Newton ήταν χαμηλότερα περίπου της τάξης 50% σε σχέση με εκείνα όπου χρησιμοποιούνταν έλκηθρο. Φαίνεται ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να αντιμετωπίζουν καταστάσεις κίνησης σε κεκλιμένο επίπεδο. Δυσκολίες παρατηρήθηκαν και σε μια άλλη σειρά ερωτήσεων της ίδιας έρευνας όπου περιλάμβαναν γραφικές παραστάσεις. Τα ποσοστά όμως ήταν λίγο καλύτερα από εκείνα των ερωτήσεων που χρησιμοποιούσαν αυτοκίνητο κινούμενο σε ράμπα. Τέλος σε μια άλλη αντίστοιχη σειρά ερωτήσεων όπου εμπειρείχαν νόμισμα το οποίο ρίχονταν κατακόρυφα προς τα πάνω οι απαντήσεις που ήταν σύμφωνες με τους νόμους του Newton δεν διαφοροποιούνταν σημαντικά σε σχέση με εκείνες που χρησιμοποιούσαν το έλκηθρο. Οι μαθητές έδειξαν να αντιμετωπίζουν ευκολότερα οριζόντιες και κατακόρυφες κινήσεις σε σχέση με κινήσεις που γίνονται σε κεκλιμένο επίπεδο ή σε κινήσεις που περιγράφονται με τη βοήθεια γραφικών παραστάσεων.

### **3.3. Βιβλιογραφική ανασκόπηση διδακτικών παρεμβάσεων που επεξεργάζονται τις αντιλήψεις των μαθητών για την δύναμη και κίνηση των σωμάτων**

Η ανασκόπηση των διδακτικών προτάσεων για τις αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη και τη κίνηση των σωμάτων, καλύπτει εργασίες οι οποίες έχουν δημοσιευτεί σε διεθνή και εθνικά επιστημονικά περιοδικά και σε πρακτικά επιστημονικών συνεδρίων τα τελευταία 35 χρόνια.

Ο Minstrell (1982) πραγματοποίησε μια διδακτική παρέμβαση σε δυο τάξεις φυσικής ενός λυκείου του Seattle, με αντικείμενο την κατάσταση ηρεμίας ενός σώματος. Βασική φιλοσοφία της παρέμβασης ήταν να μη δοθούν οι επιστημονικές απόψεις στους μαθητές αλλά να τις κατασκευάσουν σταδιακά οι ίδιοι είτε με συζητήσεις είτε με πειραματισμούς είτε με εφαρμογές. Ειδικότερα ο Minstrell, δημιουργώντας ένα γνώριμο και φιλικό περιβάλλον για τους μαθητές τους ενθάρρυνε να μιλήσουν ελεύθερα και να πουν τις απόψεις τους όπως και να ελέγξουν την εγκυρότητα των λόγων τους μέσω παρατηρήσεων. Κύριο στοιχείο της παρέμβασης του ήταν η επίδειξη διαφόρων παραδειγμάτων στη

τάξη που αφορούσαν σώματα που ήταν σε ηρεμία, και η προτροπή του προς τους μαθητές να επιχειρηματολογούν για κάθε σωστή ή λάνθασμένη εξήγηση που έδιναν για αυτά. Δόθηκε στους μαθητές ένα pre-test για να διαπιστώσει τις αντιλήψεις τους για τις δυνάμεις που ασκούνται σε ακίνητα σώματα. Κατόπιν αφού εισήγαγε την έννοια του διανύσματος για το σχεδιασμό των δυνάμεων κάνοντας τους επίδειξη, έβαλε ένα βιβλίο σε διάφορες επιφάνειες, ζητώντας από τους μαθητές να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτό. Στη διάρκεια της παρέμβασης ο Minstrell (1982) ενθάρρυνε τους μαθητές να υπερασπίζονται την άποψη τους στη τάξη, χωρίς ο ίδιος να τους οδηγεί στη σωστή απάντηση. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως οι μαθητές φάνηκε να υιοθετούν τη σκέψη του δασκάλου πιο εύκολα όσον αφορά τις δυνάμεις που ασκούνται σε ακίνητα σώματα.

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τον Marion (1989) για την κίνηση και την αδράνεια σε 16 μαθητές δημοτικού, 25 μαθητές γυμνασίου και 27 φοιτητές δασκάλους, πολύ μικρές ομάδες μαθητών, μελετούσαν, υπέθεταν, παρατηρούσαν, επεξηγούσαν και αξιολογούσαν καθημερινές καταστάσεις σχετικές με την κίνηση και την αδράνεια. Η διδασκαλία του χωρίστηκε σε 4 φάσεις: α) Προσανατολισμός (orientation), β) Εξαγωγή των αντιλήψεων (eliciting), γ) αναδόμηση των αντιλήψεων (restructuring), δ) βελτίωση και εφαρμογή (improving and applying). Τα βασικότερα συμπεράσματα της διδακτικής του παρέμβασης ήταν ότι: α) όλες οι ηλικίες αντιμετώπιζαν παρόμοιες δυσκολίες, β) Οι δυσκολίες αφορούσαν την ελεύθερη πτώση των σωμάτων, την αντίσταση του αέρα, και την απόλυτη αντίληψη της κίνησης και το κυριότερο γ) ότι οι μαθητές άλλαζαν την εννοιολογική τους αντίληψη στη διάρκεια της αναδόμησης πλησιάζοντας περισσότερο προς την επιστημονική άποψη.

Στην έρευνα που διεξήγαγε ο Thijs (1992) σε 190 Ολλανδούς μαθητές γυμνασίου, με μια σειρά 10 μαθημάτων διάρκειας 5 εβδομάδων είχε σκοπό: α) να μελετήσει κατά πόσο άλλαξαν οι αντιλήψεις των μαθητών για τις έννοιες δύναμη και κίνηση και β) κατά πόσο ωφελήθηκαν κάποιοι μαθητές σε σχέση με κάποιους άλλους με βάση το φύλο και διάφορα άλλα χαρακτηριστικά. Οι μαθητές λειτουργώντας σε ομάδες των τεσσάρων ατόμων απάντησαν ένα ερωτηματολόγιο με σκοπό την ανίχνευση των αντιλήψεων τους για τη δύναμη και κίνηση, και στο ένατο μάθημα, μετά τη διδακτική παρέμβαση, απάντησαν το ίδιο ερωτηματολόγιο για να διαπιστώσει ο Thijs (1992) το ποσοστό αναδόμησης των αντιλήψεων αυτών. Τα μαθήματα, στηρίζονταν στην εποικοδομητική προσέγγιση και αποτελούνταν από πρακτικά πειράματα, προβλήματα και συζητήσεις μεταξύ των μαθητών. Η σύγκριση των pre-test και post-test έδειξε ότι η διδακτική παρέμβαση ήταν αποτελεσματική καθώς το 14% των μαθητών αναδόμησε τις αρχικές του αντιλήψεις. Η μόνη αντίληψη για την οποία δεν είχε ιδιαίτερο αποτέλεσμα ήταν αυτή του impetus. Επίσης ανεξάρτητα από τις επιδόσεις τους και από το φύλο τους όλοι οι μαθητές ωφελήθηκαν το ίδιο. Η διαφοροποίηση έγινε μόνο μεταξύ των μαθητών που ήταν πρόθυμοι στο μάθημα και το βρήκαν σαν ευκαιρία για πειραματισμό των αντιλήψεων τους, σε σχέση με τους απρόθυμους που είχαν αρνητική στάση για το μάθημα.

Σε έρευνα που διεξήγαγε ο Tao (1997), σε μαθητές λυκείου της Αυστραλίας μελέτησε τη χρήση μιας ψηφιακής εφαρμογής (Force and Motion Microworld), με σκοπό την αναδόμηση των εναλλακτικών



τους αντιλήψεων για έννοιες της μηχανικής. Η εφαρμογή είχε τέσσερα διαφορετικά προγράμματα τα οποία χρησιμοποιούσαν οι μαθητές εργαζόμενοι σε δυάδες, ώστε να μπορούν να συνεργάζονται μεταξύ τους, να επιχειρηματολογούν και να αντικρούουν τις απόψεις των άλλων. Καθένα από τα προγράμματα συνοδευόταν από φύλλα εργασίας τα οποία λειτουργούσαν με βάση το «προβλέπω-παρατηρώ-εξηγώ», όπου οι μαθητές αντιμετωπίζοντας κάποιο πρόβλημα έκαναν αρχικά τις υποθέσεις τους και κατόπιν χρησιμοποιούσαν το πρόγραμμα για να τις επαληθεύσουν και να καταγράψουν τυχόν διαφορές μεταξύ υποθέσεων και συμπερασμάτων. Το κάθε πρόγραμμα είχε διαφορετικά προβλήματα σχετικά με τις δυνάμεις και τις κινήσεις ώστε να γίνει πιο εύκολα η εννοιολογική αλλαγή στους μαθητές. Για να διαπιστωθεί το μέγεθος της εννοιολογικής αλλαγής, δόθηκε στους μαθητές ένα τεστ πριν και ένα αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση, καθώς επίσης και ένα πέντε μήνες μετά από αυτήν. Ο Ταο κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το «Force and Motion Microworld» μπορεί να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό, ενισχυτικό εργαλείο στη διδασκαλία των μαθητών για τις δυνάμεις και την κίνηση διότι από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι βοήθησε το πρόγραμμα σε ένα μεγάλο βαθμό στην αναδόμηση των αρχικών αντιλήψεων των μαθητών.

Οι Dekkers και Thijs (1998), πραγματοποίησαν διδακτική παρέμβαση σε 306 (10 τμήματα των περίπου 30 ατόμων) υποψήφιους φοιτητές φυσικής σε πανεπιστήμια της Μποτσουάνα και της Νότιας Αφρικής, με σκοπό να αναδομήσουν τις αντιλήψεις που είχαν για τη δύναμη μέσω της εννοιολογικής αλλαγής. Η μελέτη τους είχε δύο μέρη, όπου στο πρώτο έγινε προσπάθεια οι μαθητές να έρθουν σε σύγκρουση με τις αντιλήψεις τους, αντιμετωπίζοντας προβλήματα που δε μπορούσαν να εξηγηθούν από αυτές. Κατόπιν με συζήτηση στη τάξη, σε συνδιασμό με την στρατηγική της σύγκρουσης και με την καθοδήγηση των εκπαιδευτικών, κατάφεραν οι μαθητές να αναπτύξουν νέες αντιλήψεις, ικανοποιητικότερες από τις προηγούμενες που πλησιάζουν την επιστημονική άποψη. Όμως επειδή οι μαθητές δε χρησιμοποιούσαν τις επιστημονικές απόψεις με συνεκτικό τρόπο σε παρόμοια φαινόμενα, αυτό οδήγησε τους ερευνητές στο συμπέρασμα ότι οι παραπάνω ενέργειες είχαν αποτέλεσμα αλλά όχι αρκετά ικανοποιητικό. Συγκεκριμένα στο pre-test το μέσο ποσοστό σωστών απαντήσεων από τους μαθητές ήταν 18%, και στο post-test αυξήθηκε κατά 39%. Στο δεύτερο μέρος της έρευνας επιχειρήθηκε η τροποποίηση της παραπάνω προσέγγισης με τους ερευνητές να προσπαθούν να αξιοποιήσουν περισσότερο τα χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των μαθητών, πριν καν επιχειρηθεί η γνωστική σύγκρουση. Το κυριότερο εμπόδιο στην αναδόμηση των αντιλήψεων ήταν ότι οι μαθητές έδιναν διαφορετικό νόημα στις διάφορες έννοιες, όπως η δύναμη. Από την οπτική των μαθητών, αν και οι αντιλήψεις που σχηματίζουν δε φαίνονται λάθος, εντούτοις δε συγκλίνουν με τις επιστημονικές. Βασική επιδίωξη των ερευνητών ήταν η προσπάθεια για τη δημιουργία και χρήση εργαλείων και μεθόδων που θα κατασκευάζουν νέες εννοιολογικές δομές που θα κατανοούν οι ίδιοι οι μαθητές, με βάση τις απόψεις που είχαν πριν τη διδακτική παρέμβαση, για αυτό το λόγο, ιδιαίτερη δόθηκε ιδιαίτερη βαρύτητα στη διατήρηση και εξέλιξη των σωστών αντιλήψεων των μαθητών, παρά στην αντικατάσταση των λανθασμένων. Τα ποσοστά μεταξύ των σωστών απαντήσεων στα pre-test και post-test έδειξαν βελτίωση κατά 79%, γεγονός που επιβεβαίωσε,

σύμφωνα με τους ερευνητές, την ανωτερότητα της συγκεκριμένης, τροποποιημένης παρέμβασης συγκριτικά με τη προηγούμενη.

Διαδραστική παρέμβαση έγινε και από τους Thornton και Sokoloff (1998),σε φοιτητές του πανεπιστημίου του Oregon που παρακολουθούσαν εισαγωγικά μαθήματα στη φυσική, για να αξιολογήσουν το «Force and Motion Conceptual Evaluation».Για να γίνει αυτό οι μαθητές χωρίστηκαν σε 3 ομάδες όπου η κάθε μια διδάχτηκε τον πρώτο και δεύτερο νόμο του Νεύτωνα με διαφορετικό τρόπο.Αρχικά η ομάδα ελέγχου διδάχθηκε με την παραδοσιακή μέθοδο των διαλέξεων, ενώ οι άλλες δύο πειραματικές ομάδες, με δύο ενεργητικής μάθησης μεθόδους, βασισμένες σε μικρο-υπολογιστικά εργαστήρια (microcomputer-based laboratory): η πρώτη με το «Tools for Scientific Thinking Motion and Force» και το «Real Time Physics Mechanics» και η δεύτερη με το «Tools for Scientific Thinking Interactive Lecture Demonstrations» (γενική στρατηγική που εφαρμόζεται σε μεγάλες τάξεις που έχουν διαθέσιμο μόνο έναν υπολογιστή ,για ενθάρρυνση της ενεργητικής μάθησης).Το αποτέλεσμα της έρευνας για την ομάδα ελέγχου έδειξε ότι οι γνώσεις τους σε θέματα της κινηματικής βελτιώθηκαν ελάχιστα σε ποσοστό περίπου 5-7%. Αντίθετα, με τη χρήση εξελιγμένων μεθόδων που περιελάμβαναν τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και ηλεκτρονικών εργαλείων,η κατανόηση τους στα ίδια θέματα ήταν πολύ βελτιωμένη όπως έδειξαν και τα ποσοστά μεταξύ των pre-test και post-test όπου μετά την παρέμβαση ήταν αυξημένα από 60-95%.

Η έρευνα των Κώτση και Κολοβού (2002) παρουσιάζει τα αποτελέσματα της εμπειρικής έρευνας από 426 παιδιά Δημοτικού σχολείου του Νομού Αιτωλοακαρνανίας, ηλικίας 10-12 χρονών και ανιχνεύει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για την έννοια της δύναμης, όπως και το βαθμό της εννοιολογικής αλλαγής αυτών μετά την διδασκαλία και των γνώσεων που απέκτησαν. Η έρευνα έγινε το έτος 2001 και απευθύνθηκε τόσο σε μαθητές της Δ΄ Τάξης του Δημοτικού, όσο και σε μαθητές της Ε΄ Τάξης που είχαν πρόσφατα διδαχθεί την έννοια της δύναμης και σε μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης για να διαπιστωθεί κατά πόσο έχει διάρκεια η επιστημονική γνώση.Η διδασκαλία των μαθητών της Ε΄ Τάξης είχε γίνει με τη βοήθεια του σχολικού εγχειριδίου «Ερευνώ το Φυσικό κόσμο». Οι μαθητές ανήκαν σε Δημοτικά Σχολεία που βρίσκονται σε αστικές, ημιαστικές και αγροτικές περιοχές. Στο δείγμα υπήρχε μια ελάχιστη υπεροχή του ποσοστού των κοριτσιών (50.5%), έναντι των αγοριών (49.5%). Η έρευνα έγινε με γραπτό ερωτηματολόγιο, που περιλάμβανε πέντε ερωτήσεις κλειστού τύπου.Με τα ερωτήματα επιδιώχθηκε η ανίχνευση των μαθητών στο πως ερμηνεύουν απλά φαινόμενα της καθημερινής τους εμπειρίας που στηρίζονται στην έννοια της δύναμης.

#### ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ

Δύναμη λέγεται η αιτία:

- α) Που παραμορφώνει ένα σώμα.
- β) Που του αλλάζει την κινητική του κατάσταση.
- γ) Που κάνει και τα δυο παραπάνω.
- δ) Τίποτε από τα παραπάνω

2) Σπρώχνουμε μια μπάλα κι αυτή κινείται. Σπρώχνουμε έναν τοίχο που μένει ακίνητος. Σε ποια περίπτωση ασκούμε δύναμη:

- α) Όταν σπρώχνουμε την μπάλα.
- β) Όταν σπρώχνουμε τον τοίχο.
- γ) Και στις δυο περιπτώσεις.
- δ) Σε καμία περίπτωση.

3) Πότε ενεργεί μια δύναμη σε μία μπάλα:

- α) Όταν σπρώχνουμε την μπάλα κι αυτή αρχίζει να κινείται.
- β) Όταν σταματάμε την μπάλα που κινείται.
- γ) Και στις δυο περιπτώσεις.
- δ) Σε καμία περίπτωση.

4) Ένα παιδί πετά μια πέτρα, πότε εξασκεί δύναμη:

- α) Τη στιγμή που η πέτρα φεύγει από το χέρι του.
- β) Όταν η πέτρα βρίσκεται στον αέρα.
- γ) Και στις δυο περιπτώσεις.
- δ) Σε καμία περίπτωση.

Με το πρώτο ερώτημα αναζητείται να διερευνηθεί με ποια αποτελέσματα συνδέουν την δύναμη τα παιδιά, ενώ στο δεύτερο, τρίτο και τέταρτο επιδιώχθηκε η ανίχνευση των αντιλήψεων της επίδρασης της δύναμης σε κινούμενα ή ακίνητα αντικείμενα. Τέλος με την πέμπτη ερώτηση διερευνάται στο πως μπορεί να αντιληφθούν τα παιδιά τη διανυσματική ιδιότητα της δύναμης. Οι μαθητές της Δ΄ Τάξης δεν είχαν διδαχθεί ποτέ έννοιες της Φυσικής, ενώ οι μαθητές της Ε΄ Τάξης είχαν διδαχθεί δύο μήνες πριν τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, την έννοια της δύναμης. Τέλος οι μαθητές της ΣΤ΄ Τάξης την είχαν διδαχθεί ένα χρόνο πριν. Από τη σύγκριση των απόψεων των μαθητών της Ε΄ και της ΣΤ΄ Τάξης θα προκύψουν τα στοιχεία για τη διάρκεια της γνώσης που αποκτήθηκε στο σχολείο. Από τις απαντήσεις των μαθητών προκύπτει ότι τα περισσότερα παιδιά (58%) της Δ΄ Τάξης συνδέουν τη δύναμη με τη κίνηση των αντικειμένων, ενώ με την έννοια της παραμόρφωσης το συνδέουν το 25% των μαθητών. Η σωστή απάντηση (και τα δύο) σύμφωνα με το επιστημονικό πρότυπο δίνεται μόνο από το 18% των μαθητών. Το ποσοστό αυτό σχεδόν διπλασιάζεται (37%) μετά από την διδασκαλία της δύναμης στην Ε΄ Τάξη. Αυτό οφείλεται στο ότι το σχολικό εγχειρίδιο κάνει αναφορά στα αποτελέσματα της δύναμης επάνω στα σώματα (παραμόρφωση και αλλαγή κινητικής κατάστασης) και έτσι δίνει τον ορισμό της δύναμης. Οι μαθητές που έχουν αποκτήσει αυτή τη γνώση φαίνεται να τη διατηρούν και ένα χρόνο μετά (36%). Όσον αφορά το δεύτερο ερώτημα οι μαθητές πριν διδαχθούν την έννοια της δύναμης έχουν αντίληψη σε ποσοστό (39%), ότι τόσο στη περίπτωση του ακίνητου σώματος (τοίχος), όσο και του κινούμενου (μπάλα) εξασκείται δύναμη. Δηλαδή έχουν σωστά νοητικά

διαμορφωμένο το επιστημονικό πρότυπο. Ίδιο ποσοστό νομίζει ότι η δύναμη εφαρμόζεται μόνο στη περίπτωση του τοίχου, διότι συνδέουν την ισχυρή μυϊκή προσπάθεια για τη μετακίνησή του, με την έννοια της δύναμης, ενώ τέλος το 23% συνδέει την δύναμη με την ορατή μετακίνηση του αντικειμένου. Οι αντιλήψεις αυτές μεταβάλλονται, όσον αφορά το επιστημονικό πρότυπο μόνο κατά 18% και από 39% γίνεται 46% στη Ε΄ Τάξη μετά από διδασκαλία της έννοιας της δύναμης και η γνώση αυτή φαίνεται να διατηρείται (48%) και μετά από ένα χρόνο (48%). Για το τρίτο ερώτημα οι μαθητές της Δ΄ Τάξης, συνδέουν τη δύναμη περισσότερο με την έναρξη της κίνησης (53%), ενώ μόνο το 37% θεωρούν ότι τόσο στο ξεκίνημα, όσο και στο σταμάτημα της μπάλας εξασκείται δύναμη. Το ποσοστό της ορθής απάντησης, μετά τη διδασκαλία της έννοιας της δύναμης στη Ε΄ Τάξη, μειώνεται σε 27%, γεγονός που σημαίνει ότι ο μαθητής δεν αποκομίζει το επιστημονικό πρότυπο και το επαναφέρει μετά από ένα χρόνο σχεδόν, δηλαδή στη ΣΤ΄ Τάξη, στο προηγούμενο ποσοστό (34%). Με το τρόπο της διδασκαλίας της δύναμης, ο μαθητής συνδέει ακόμα περισσότερο την δύναμη με την ξεκίνηση μιας κίνησης και όχι με το σταμάτημά της. Για το τέταρτο ερώτημα οι μαθητές πιστεύουν ορθά σε μεγάλο ποσοστό (88%), ότι η δύναμη εξασκείται μόνο τη στιγμή που φεύγει η πέτρα από το χέρι τους. Ένα μικρό ποσοστό 12% θεωρεί ότι η δύναμη εξακολουθεί να υπάρχει και όταν η πέτρα βρίσκεται στον αέρα. Το περίεργο είναι ότι αυτό το ποσοστό αυξάνει λίγο (16%) μετά τη διδασκαλία της δύναμης στην Ε΄ Τάξη, και ακόμα περισσότερο (20%) ένα χρόνο μετά. Το κατά πόσο έχει συντελεσθεί εννοιολογική αλλαγή κατά τη διδασκαλία σε χαρακτηριστικά της έννοιας της δύναμης, παρουσιάζεται στον πίνακα 3.2, όπου παρουσιάζονται οι ορθές απαντήσεις κατά ερώτημα και τάξη. Μόνο για τα γνωρίσματα της δύναμης ότι μπορεί να παραμορφώνει και να κινεί ένα σώμα (ερώτημα 1) και ότι έχει διανυσματικό χαρακτήρα (ερώτημα 2), διπλασιάστηκε σχεδόν το ποσοστό των μαθητών που ακολουθούν το επιστημονικό πρότυπο και το ποσοστό αυτό παράμενε σταθερό και ένα χρόνο μετά, δηλώνοντας τη διάρκεια της γνώσης.

**Πίνακας 3.2** Τα ποσοστά των ορθών απαντήσεων κατά τάξη.

	Δ΄ Τάξη	Ε΄ Τάξη	ΣΤ΄ Τάξη
Ερώτημα 1	18 %	37 %	36 %
Ερώτημα 2	39 %	46 %	48 %
Ερώτημα 3	37 %	27 %	34 %
Ερώτημα 4	88 %	84 %	80 %

Βέβαια και στις δύο αυτές περιπτώσεις το ποσοστό σε σύγκριση με το σύνολο των μαθητών είναι κάτω του μισού ( $\approx 40\%$ ), οπότε δεν μπορεί να θεωρηθεί επιτυχής ο τρόπος διδασκαλίας της έννοιας της δύναμης στο Δημοτικό Σχολείο.

Σε άλλη έρευνα οι Park και Han (2002), διερεύνησαν το κατά πόσο ο επαγωγικός συλλογισμός μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές γυμνασίου της Νότιας Κορέας στην αναδόμηση των εναλλακτικών τους αντιλήψεων για τη δύναμη και την κίνηση. Μελετήθηκε η κατακόρυφη προς τα πάνω κίνηση ενός αντικειμένου και των δυνάμεων που ασκούνται σε αυτό. Οι ερευνητές, γνωρίζοντας ότι η κατεύθυνση μιας δύναμης δε μπορεί να παρατηρηθεί άμεσα, προσπάθησαν να αλλάξουν την παρανόηση των μαθητών ότι υπάρχει δύναμη προς τα πάνω με τη χρήση λογικής σκέψης. Τα

αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ο επαγωγικός συλλογισμός μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές σχετικά με τις παρανοήσεις τους, αλλά αυτό δε μπορεί να γίνει αυτομάτως, καθώς υπάρχουν 3 παράγοντες που εμποδίζουν τους μαθητές να σκεφτούν με αυτόν τον τρόπο.

- Δε μελετούν αναλυτικά τα δεδομένα του προβλήματος.
- Δεν κατανοούν σε ικανοποιητικό βαθμό τα δεδομένα του προβλήματος.
- Αν και μπορεί να κατανοούν πλήρως τα δεδομένα, δε μπορούν να ανακαλύψουν τη συλλογιστική δομή τους.
- Οι μαθητές που έχουν ισχυρές παρανοήσεις, μπορεί να απορρίψουν το αποτέλεσμα του συλλογισμού, ακόμη και αν είναι απόλυτα σωστός.

Μια ενδιαφέρουσα έρευνα έγινε από τον Eryilmaz (2002), όπου στη διδακτική του παρέμβαση είχε σκοπό να αξιολογήσει τη συμβολή των αποτελεσμάτων των εννοιολογικών αναθέσεων εργασίας (conceptual assignments) και της συζήτησης για εννοιολογική αλλαγή (conceptual change discussion) για την αναδόμηση των αρχικών ιδεών των μαθητών για τη δύναμη και τη κίνηση. Το δείγμα που χρησιμοποίησε στην έρευνά του ήταν έξι καθηγητές φυσικής σε λύκεια της Φλόριντα και οι 18 τάξεις στις οποίες δίδασκαν, οι οποίες αποτελούνταν από 396 μαθητές, 15 έως 19 ετών. Ο Eryilmaz τοποθέτησε τυχαία τις τάξεις που συμμετείχαν σε ένα από τα γκρουπ που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα (βλ. Πίνακα 3.3).

**Πίνακας 3.3** Αρχικός σχεδιασμός του πειράματος (Eryilmaz, 2002)

		Αναθέσεις εργασίας	
		Εννοιολογικές	Ποσοτικές
Συζήτηση για εννοιολογική αλλαγή	Ναι	Ομάδα 1	Ομάδα 2
	Όχι	Ομάδα 3	Ομάδα 4

Στις εννοιολογικές αναθέσεις εργασίας, οι μαθητές έπρεπε να αντιμετωπίσουν ή/και να παρατηρήσουν φυσικά φαινόμενα από την πραγματική ζωή και στη συνέχεια να τα εξηγήσουν. Οι ποσοτικές αναθέσεις εργασίας (Quantitative Assignments) δεν περιλάμβαναν παρατήρηση ή εξήγηση. Οι μαθητές χρειαζόταν να υπολογίσουν κάποιες φυσικές ποσότητες, όπως απόσταση, χρόνο, ταχύτητα, κλπ σε κάποια προβλήματα κίνησης. Στη συζήτηση εννοιολογικής αλλαγής (conceptual change discussion) επιλέγονταν ως θέματα αυτά των εννοιολογικών αναθέσεων εργασίας, στα οποία καλούνταν να μιλήσουν σχετικά και να εξηγήσουν. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την ανίχνευση και αξιολόγηση των παρανοήσεων των μαθητών ήταν το «Force Misconception Test» και το «Force Achievement Test», τα οποία δόθηκαν υπο τη μορφή pre-test και post-test ώστε να σημειωθεί η πρόοδος τους. Στα αποτελέσματα φάνηκε ότι υπήρχε βελτίωση σε όλες τις ομάδες αλλά περισσότερο στις πειραματικές ομάδες και κυρίως σε αυτές που παρακολούθησαν και τις δύο τεχνικές βελτίωσης, σε σχέση με εκείνες που δέχθηκαν μόνο τη μια. Συμπερασματικά ο Eryilmaz καταλήγει στο ότι η συζήτηση εννοιολογικής αλλαγής είναι ένα αποτελεσματικό μέσο για τη μείωση του αριθμού των παρανοήσεων των μαθητών.

Στην έρευνα του ο Demirci (2005), έκανε προσπάθεια να ενσωματώσει ένα διαδικτυακό πρόγραμμα στην κανονική παραδοσιακή διδασκαλία της φυσικής στην τάξη και να μελετηθούν οι παρανοήσεις των μαθητών για τις δυνάμεις και την κίνηση, πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Το δείγμα που χρησιμοποίησε αποτελούνταν από 125 μαθητές λυκείου, ηλικίας 15 έως 18 ετών, από δύο δημόσια σχολεία της Φλόριντα, και το εργαλείο που χρησιμοποίησε με σκοπό τη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική του παρέμβαση, ήταν το Force Concept Inventory (Hestenes, et al., 1992). Οι μαθητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την ομάδα ελέγχου και την πειραματική ομάδα η οποία διδάχθηκε κάποιες έννοιες φυσικής με 70% χρήση παραδοσιακής μεθόδου και 30% με τη χρήση ενός λογισμικού, από το οποίο χρειάστηκε μόνο ένα μέρος του, που αφορούσε την κινηματική, τις δυνάμεις και την κίνηση, ενώ η ομάδα ελέγχου διδάχθηκε μόνο με την παραδοσιακή μέθοδο. Η υπόθεση που διατυπώθηκε αρχικά έλεγε ότι η χρήση του διαδικτυακού προγράμματος δεν θα ωφελούσε στην αναδόμηση των αντιλήψεων των μαθητών, όμως τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η πειραματική ομάδα παρουσίασε καλύτερη επίδοση (44%) στο «μετά-τεστ» σε σχέση με την ομάδα ελέγχου (35%), καταλήγοντας έτσι στο συμπέρασμα ότι η ενσωμάτωση νέων μεθόδων διδασκαλίας, όπως το συγκεκριμένο διαδικτυακό εργαλείο, στην παραδοσιακή διδασκαλία, μπορεί να εξαλείψει κάποιες παρανοήσεις των μαθητών σχετικά με τις έννοιες της δύναμης και της κίνησης.

Οι Buarapha, et al. (2006) στη δική τους διδακτική παρέμβαση που πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια ενός μαθήματος σχετικό με τις μεθόδους διδασκαλίας φυσικής, το οποίο είχε διάρκεια 16 εβδομάδων, σε τέσσερις τριτοετείς φοιτητές φυσικής του πανεπιστημίου Rajabhat της Ταϊλάνδης, χρησιμοποίησαν ατομικές συνεντεύξεις, συνεντεύξεις με παραδείγματα (για τον εντοπισμό των εναλλακτικών αντιλήψεων) και δραστηριότητες κατά τη διάρκεια της περιόδου της μοντελοποίησης της γνώσης του παιδαγωγικού περιεχομένου (period of pedagogical content knowledge modeling). Οι δραστηριότητες αυτές πραγματοποιήθηκαν μεταξύ της έβδομης και της εντέκατης εβδομάδας του μαθήματος για τις μεθόδους στη φυσική. Κατά τη διάρκεια των πέντε αυτών εβδομάδων, οι ερευνητές ανέλαβαν το ρόλο του εκπαιδευτικού και οι φοιτητές το ρόλο των μαθητών μέσης εκπαίδευσης. Οι δραστηριότητες αφορούσαν κάθε φορά και διαφορετικό ζήτημα σχετικό με τις δυνάμεις και τη κίνηση και στηριζόντουσαν στην εποικοδομητική προσέγγιση. Οι φοιτητές να σημειωθεί ότι γενικά σε όλα τα χρόνια της πορείας τους στην εκπαίδευση, είχαν διδαχθεί με την παραδοσιακή, μετωπική μέθοδο. Συγκρίνοντας τις αντιλήψεις των φοιτητών πριν και μετά την περίοδο των πέντε αυτών εβδομάδων, προέκυψε ότι γενικά υπήρξε πρόοδος με τη χρήση εποικοδομητικών δραστηριοτήτων. Τόσο σε καταστάσεις ακινησίας, όσο και της κίνησης, της σταθερής και της επιταχυνόμενης, οι μαθητές σημείωσαν βελτίωση, με τις μόνες αντιλήψεις που επέμεναν να είναι αυτές του impetus και μιας τάσης για πρόσδωση στις δυνάμεις ανθρωπομορφικών χαρακτηριστικών, όπου τους εμπόδιζαν να κατανοήσουν διάφορες καταστάσεις, όπως για παράδειγμα ότι το βάρος ή η τριβή είναι δυνάμεις. Από την έρευνα των Buarapha, et al. (2006) προέκυψε επίσης ότι με τη χρήση τέτοιων δραστηριοτήτων, οι μαθητές αποκτούν πιο θετική στάση απέναντι στη φυσική και κατανοούν περισσότερο βασικές έννοιες της, σε σχέση με την παραδοσιακή μέθοδο των διαλέξεων μέσω της οποίας όχι απλά μάθαιναν

τυπολογίες με στείρο τρόπο, αλλά δε μπορούσαν και να τις χρησιμοποιήσουν σε απλές καταστάσεις της καθημερινότητας.

Μια ακόμα διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε από την Campbell (2006), η οποία ερεύνησε τις αντιλήψεις 22 μαθητών Ε' τάξης ενός δημοτικού της Καλιφόρνια, σχετικά με τις έννοιες της δύναμης και της κίνησης, εφαρμόζοντας το διδακτικό μοντέλο 5E. Για να διαπιστώσει το ποσοστό επιτυχίας ή μη της παρέμβασης έκανε pre-test και post-test. Άλλα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η χρήση φύλλων εργασίας, η μαγνητοσκόπηση των μαθημάτων, καθώς και διάφορες μορφές αξιολογήσεων κατά τη διάρκεια των μαθημάτων. Στα αποτελέσματα φάνηκε ότι οι μαθητές αναδόμησαν τις αντιλήψεις τους σε σημαντικό ποσοστό, και μάλιστα πίστευαν ότι ήταν δύσκολο και ανέφικτο σε μεγάλο βαθμό να μάθουν φυσική μέσα από διδασκαλία η οποία ήταν βασισμένη σε βιβλία.

Στη διδακτική παρέμβαση που έκαναν οι Candan, Turkmen και Cardak (2006), η οποία διήρκησε έξι εβδομάδες, μελετήθηκε το αποτέλεσμα της επίδρασης της χρήσης εννοιολογικής χαρτογράφησης στις αντιλήψεις 50 μαθητών Ε' δημοτικού για τις δυνάμεις και την κίνηση. Η έρευνα τους είχε σκοπό να εντοπίσει τις παρανοήσεις των μαθητών στις παραπάνω έννοιες και να συγκρίνει την παραδοσιακή διδασκαλία με αυτή που κάνει χρήση εννοιολογικών χαρτών. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την ομάδα ελέγχου (25 μαθητές), όπου δέχθηκαν την παραδοσιακή διδασκαλία και την πειραματική ομάδα (25 μαθητές) η οποία διδάχθηκε με πειραματική προσέγγιση και με χρήση εννοιολογικών χαρτών. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο τριάντα ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής, το οποίο συμπληρώθηκε από αμφότερες τις ομάδες, τόσο πριν, όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές της πειραματικής ομάδας, που διδάχθηκαν με τη χρήση εννοιολογικών χαρτών, επέδειξαν μεγαλύτερη βελτίωση στις αντιλήψεις τους για τις δυνάμεις και την κίνηση μετά τη διδακτική παρέμβαση. Να σημειωθεί ότι δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική συσχέτιση αναφορικά με το φύλο των συμμετεχόντων στην έρευνα.

Σε μια δίωρη διδακτική παρέμβαση που έγινε από τον Σκοπέτο (2007), σε 20 μαθητές Γ' Γυμνασίου, με θέμα τον τρίτο νόμο του Νεύτωνα, με σκοπό την αναδόμηση των αντιλήψεων τους στον σχεδιασμό των δυνάμεων, εφαρμόστηκε η μέθοδος του εποικοδομητισμού. Την πρώτη διδακτική ώρα την αφιέρωσε στην εξερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών, ενώ τη δεύτερη στη διδασκαλία του τρίτου νόμου με τη χρήση φύλλων εργασίας. Η διδασκαλία αποτελούνταν από πέντε φάσεις: (α) προσανατολισμού, (β) ανάδειξης ιδεών, (γ) δοκιμασίας, (δ) εφαρμογής και (ε) ανασκόπησης/μεταγνώσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η διδασκαλία πέτυχε, όπως αναφέρει ο ερευνητής, σχεδόν όλοι οι στόχοι που είχε θέσει υλοποιήθηκαν σε αρκετά υψηλά ποσοστά, εξαίρεση αποτελεί ότι η δράση και η αντίδραση είναι δυνάμεις που ενεργούν πάντα σε δύο διαφορετικά σώματα που αλληλεπιδρούν.

Σε μια άλλη διδακτική παρέμβαση από τη Yuruk (2007), ερευνήθηκε το κατά πόσο αλλάζουν οι παρανοήσεις των μαθητών για τη δύναμη και την κίνηση, εφαρμόζοντας μετά-εννοιολογικές διδακτικές πρακτικές, που σκοπό είχαν να ενεργοποιήσουν μετά-εννοιολογικές διαδικασίες. Με αυτή τη διαδικασία επιδιώκεται οι μαθητές να σκέφτονται περισσότερο και πιο αφηρημένα, κάτι που δύσκολα επιτυγχάνεται με την τυπική διδασκαλία. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε η μελέτη περίπτωσης

μιας μαθήτριας δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στο Οχάιο, η οποία δεν είχε παρακολουθήσει κάποιο μάθημα φυσικής προηγουμένως και η οποία είχε αρκετές παρανοήσεις για τις δυνάμεις και την κίνηση. Οι δραστηριότητες στις οποίες συμμετείχε ήταν η δημιουργία εννοιολογικών χαρτών, η αντιπαράθεση στο πλαίσιο της ομάδας (group debate), η συζήτηση σε επίπεδο ομάδας και τάξης, το γράψιμο περιοδικού και άλλες. Η μαθήτρια, πριν την έναρξη της διδακτικής παρέμβασης, απάντησε στις οκτώ από τις τριάντα ερωτήσεις του Force Concept Inventory, ενώ αμέσως μετά το τέλος της παρέμβασης απάντησε σωστά τις 27 και μετά από εννιά εβδομάδες της δόθηκε το ίδιο τεστ, απαντώντας σωστά στις 25 από τις τριάντα ερωτήσεις, δείχνοντας έτσι ότι η αναδόμηση των αντιλήψεών της δεν ήταν προσωρινή. Η Yuruk (2007) στα αποτελέσματα της έρευνας της αναφέρει ότι η μαθήτρια αναδόμησε όλες τις πρότερες εναλλακτικές της αντιλήψεις, υιοθετώντας τις επιστημονικές, όπως επίσης ανέπτυξε αρκετές μορφές μετά-εννοιολογικών διαδικασιών, όπως τη μετά-εννοιολογική επίγνωση (metaconceptual awareness) και την μετά-εννοιολογική αξιολόγηση των αντιλήψεων.

Σε μία ακόμα διδακτική παρέμβαση των Halim, et al. (2014), θέλησαν να βοηθήσουν 23 δεκαεξάχρονους μαθητές από τη Μαλαισία, να βελτιώσουν την ικανότητά τους στην ταυτοποίηση και αναγνώριση των δυνάμεων όσον αφορά την κατεύθυνσή τους, το μέγεθός τους, το σημείο εφαρμογής τους και άλλα και κυρίως στην ικανότητά τους να σχεδιάζουν και να αναγνωρίζουν σωστά τα διανύσματα των δυνάμεων, σε σώματα που βρίσκονται σε κατάσταση ισορροπίας. Η έρευνά δράσης τους αποτελείται από τέσσερις φάσεις: α) τον προσδιορισμό, β) τον σχεδιασμό, γ) τη δράση και δ) το στοχασμό. Γενικά στη διδασκαλία χρησιμοποιήθηκαν οι εξής μέθοδοι: α) η επίδειξη, τόσο από τον εκπαιδευτικό όσο και από τους ίδιους τους μαθητές, β) η συζήτηση και γ) οι αναλογίες. Για τη λήψη δεδομένων και συμπερασμάτων χρησιμοποιήθηκε ένα τεστ, το οποίο δόθηκε στους μαθητές πριν και μετά τη διδασκαλία, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσο μεταβλήθηκαν οι αντιλήψεις τους σχετικά με τις δυνάμεις σε κατάσταση ισορροπίας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές είχαν πολύ μεγαλύτερη βαθμολογία στο τεστ μετά τη διδασκαλία. Το μόνο σημείο που συνέχιζε να δυσκολεύει τους μαθητές ήταν το σημείο εφαρμογής των δυνάμεων. Οι Halim, et al. (2014), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η διδασκαλία που βασίζεται στην έρευνα δράσης, φαίνεται να είναι αποτελεσματική στην αναδόμηση των παρανοήσεων σχετικά με τις δυνάμεις. Ισχυρίζονται ότι είναι απαραίτητες οι δραστηριότητες συζήτησης, αλλά και κάποιες περισσότερο ενεργητικές στρατηγικές μάθησης, όπου στο επίκεντρο μπαίνει ο μαθητής. Με αυτή τη συγκεκριμένη διδασκαλία μάθησης οι μαθητές βοηθήθηκαν στο να κατανοήσουν τη θεμελιώδη φύση των δυνάμεων, τις μεθόδους σχεδιασμού των διανυσμάτων και τους τρόπους για να αναδομήσουν τις αντιλήψεις τους για καταστάσεις όπου τα σώματα ισορροπούν ή κινούνται με σταθερή ταχύτητα.



### **3.4. Βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών για την ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση ερευνών και τη μαθηματική σκέψη**

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται μελέτες και διδακτικές προτάσεις που αφορούν τη σχεδίαση πειραμάτων και τη μαθηματική σκέψη οι οποίες έχουν δημοσιευτεί σε διεθνή και εθνικά επιστημονικά περιοδικά και σε πρακτικά επιστημονικών συνεδρίων τα τελευταία είκοσι χρόνια.

Οι Chen & Klahr (1999), μελέτησαν ένα σημαντικό θέμα στην επιστημονική συλλογιστική και τη γνωστική ανάπτυξη που είναι, πώς τα παιδιά αποκτούν μια γενική στρατηγική επεξεργασίας σε ένα τομέα, με έλεγχο στρατηγικών μεταβλητών (Control of Variables Strategy or CVS), και πώς τη γενικεύουν σε διάφορα πλαίσια. Διαδικαστικά, το CVS είναι μια μέθοδος για την πραγματοποίηση πειραμάτων στα οποία γίνεται μία μόνο αλλαγή μεταξύ των πειραματικών συνθηκών. Χρησιμοποιήθηκαν 87 μαθητές από 7 έως 10 χρονών από δύο ιδιωτικά σχολικά ιδρύματα στη νοτιοδυτική Πενσυλβανία, (57 κορίτσια και 30 αγόρια) οι οποίοι σχεδίασαν και αξιολόγησαν τις εμπειρίες τους και κατέληξαν σε συμπεράσματα από τα πειραματικά τους αποτελέσματα. Όταν παρέχεται συγκεκριμένη εκπαίδευση στα πλαίσια ενός τομέα, σε συνδυασμό με τις ερωτήσεις των ερωτηματολογίων, τα παιδιά ήταν σε θέση να μάθουν και να μεταφέρουν τη βασική στρατηγική για το σχεδιασμό αβλαβών πειραμάτων. Η παροχή οδηγιών χωρίς άμεση διδασκαλία ωστόσο, δεν βελτίωσε την ικανότητα τους να σχεδιάζουν συγκεκριμένα πειράματα και να βγάλουν έγκυρα συμπεράσματα. Η άμεση διδασκαλία στο CVS διευκόλυνε την εννοιολογική αλλαγή σε διάφορους τομείς. Με την πάροδο του χρόνου, τα παιδιά βελτίωσαν όλο και περισσότερο την ικανότητά τους να μεταφέρουν στρατηγικές μάθησης σε διάφορα πλαίσια. Συνοπτικά, η παρούσα έρευνα έχει στόχο (1) να προσδιορίσει εάν οι μαθητές της πρώιμης σχολικής ηλικίας μπορούν να αποκτήσουν μια πραγματική κατανόηση του CVS σε ένα περιβάλλον που απαιτεί από αυτούς να σχεδιάσουν συγκεκριμένες δοκιμασίες και να βγάλουν έγκυρα συμπεράσματα, (2) είναι κατά πόσο τα παιδιά μπορούν να μεταφέρουν το CVS σε καταστάσεις που βρίσκονται έξω από το συγκεκριμένο πλαίσιο στο οποίο απέκτησαν τη στρατηγική. (3) να εξεταστεί ποιος τύπος εκπαίδευσης θα ήταν πιο αποτελεσματικός τόσο για τη μάθηση όσο και για τη μετάδοση, (4) να εξερευνήσουν πιθανές διαφορές στην εκμάθηση και μεταφορά CVS σε μαθητές δημοτικού, (5) να εξετάσει το ρυθμό, τη διαδρομή και το εύρος της στρατηγικής αυτής υπό διάφορες συνθήκες, και (6) να διερευνήσει τις σχέσεις μεταξύ της χρήσης της στρατηγικής αυτής με την απόκτηση γνώσεων σε συγκεκριμένους τομείς. Η παρούσα μελέτη αποτελείται από δύο μέρη. Μέρος I σε αναλυτικά σχεδιασμένα πειράματα. Τα παιδιά κλήθηκαν να εγκαταστήσουν πειραματικό εξοπλισμό για να ελέγξουν τις πιθανές επιδράσεις διαφόρων μεταβλητών. Στο Μέρος II τα καθήκοντα διέφεραν από τα προγενέστερα προβλήματα σε αρκετά σημαντικά σημεία. Οι μαθητές κλήθηκαν να κάνουν μια σειρά συγκρίσεων και να δοκιμάσουν συγκεκριμένες μεταβλητές σε κάθε πρόβλημα για να διαπιστώσουν εάν προκαλούσαν ή όχι διαφορά στην αποτέλεση. Μετά την εκτέλεση του πειράματος, ζητήθηκε από τα παιδιά αν θα μπορούσαν να

που με σιγουριά, αν η μεταβλητή που έλεγαν έκανε τη διαφορά, και επίσης να εξηγήσουν την απάντησή τους. Καταμετρήθηκαν τέσσερις κύριες εξαρτημένες μεταβλητές: 1) ένα απλό μέτρο εκτέλεσης του πειράματος που βασίζεται στη χρήση του CVS από τα παιδιά για το σχεδιασμό πειραμάτων 2) ένα πιο αυστηρό μέτρο που βασίζεται τόσο στις επιδόσεις όσο και στις λεκτικές δικαιολογίες των παιδιών 3) με βάση τις απαντήσεις των παιδιών σε ερωτήσεις σχετικά με την ομοιότητα μεταξύ των καθηκόντων τους και 4) με βάση τις απαντήσεις των παιδιών στις ερωτήσεις σχετικά με τις επιπτώσεις των διαφορετικών μεταβλητών στο πείραμα. Έγινε στατιστική μέθοδος πειραματικού σχεδιασμού, με ανάλυση διακύμανσης (ANOVA). Η επίδοση των παιδιών στη φάση εξερεύνησης ήταν σύμφωνη με προηγούμενα ευρήματα σχετικά με την ικανότητα των μαθητών να χρησιμοποιούν το CVS. Τα παρόντα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι με κατάλληλη καθοδήγηση, τα παιδιά πρώιμης σχολικής ηλικίας είναι ικανά να κατανοήσουν, να μάθουν, και να μεταφέρουν την βασική στρατηγική κατά το σχεδιασμό και την αξιολόγηση απλών πειραμάτων και δείχνουν επίσης ότι η σαφής εκπαίδευση σε τομείς, σε συνδυασμό με διερευνητικές ερωτήσεις, είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος διδασκαλίας του CVS. Τα παιδιά του δημοτικού έδειξαν μια εντυπωσιακή ικανότητα να εφαρμόζουν τις μαθησιακές στρατηγικές για όλα τα προβλήματα. Η στρατηγική κατάρτιση διευκόλυνε επίσης την απόκτηση γνώσεων συγκεκριμένων τομέων.

Οι Duggan & Gott (2000) εξετάζουν στην μελέτη τους, το ρόλο ενός νέου επιστημονικού κλάδου στη Βρετανία, που είναι μια μορφή ενδιάμεσης επιστήμης και αναφέρεται στα «γενικά εθνικά επαγγελματικά προσόντα» (Science Intermediate General National Vocational Qualification (GNVQ)) και πώς σχετίζεται ο νέος αυτός ρόλος με την επιστημονική απασχόληση, διότι οι απαιτήσεις των εργοδοτών αναθεωρούνται, και διαπιστώνεται ότι αποτιμούν ιδιαίτερα την ικανότητα κατανόησης και αξιολόγησης των επιστημονικών στοιχείων από τους εργαζόμενους. Οι συγγραφείς αναφέρουν τα αποτελέσματα μιας μικρής μελέτης- παρέμβασης στην οποία οι ιδέες σχετικά με τα αποδεικτικά στοιχεία διδάσκονταν ρητά στο πλαίσιο της ενδιάμεσης επιστήμης του GNVQ. Τα ευρήματα της μελέτης υποδεικνύουν ότι είναι εφικτό να ενσωματωθεί μια τέτοια διδασκαλία στο μάθημα αλλά λόγω του ότι, δεν είναι μέρος της επίσημης διαδικασίας αξιολόγησης, η διδασκαλία τείνει να υποτιμηθεί από τους μαθητές. Αντίθετα, το διδακτικό προσωπικό που συμμετείχε στο πρόγραμμα αναγνώρισε ότι αυτές οι ιδέες θα κάλυπταν ένα κενό στην εξειδίκευση και θα αξιολογούσαν τα εκπαιδευτικά υλικά που αναπτύχθηκαν για το σκοπό αυτό. Σε αυτό το άρθρο, αναφέρονται μερικές από τις αιτίες μιας πρόσφατης σε βάθος μελέτης της ενδιάμεσης επιστήμης GNVQ. Υποδείξανε ότι η επιστήμη γενικά θα πρέπει να περιλαμβάνει, τουλάχιστον, τους ακόλουθους τρεις στόχους: 1) Επιστημονική βιβλιογραφία: να παρέχει στους μαθητές την επαρκή κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η γνώση της επιστήμης χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς όπως, στη μηχανική και στην τεχνολογία, ώστε να μπορούν, ως μελλοντικοί πολίτες, να ασχοληθούν με επίκαιρα αμφισβητούμενα θέματα που αφορούν τη επιστήμη, όπως η νομιμοποίηση ναρκωτικών φαρμάκων, ο έλεγχος γεννήσεων και η ευθανασία. 2) Προετοιμασία για την απασχόληση: να παρέχουν στους μαθητές της απαραίτητες επιστημονικές γνώσεις, ώστε να είναι σε θέση να απασχοληθούν σε όποιο

επιστημονικό κλάδο και αν επιλέξουν.3) Προετοιμασία για ανώτερη εκπαίδευση στην επιστήμη ή στη μηχανική: να παρέχουν στους μαθητές την απαραίτητη γνώση της επιστήμης έτσι ώστε να μπορούν να συνεχίσουν τις σπουδές τους εάν το επιθυμούν.Ο στόχος αυτής της μελέτης ήταν να οριστούν οι γενικές αντιλήψεις που πρέπει να διδαχθούν στους μαθητές, ώστε να ανταπεξέλθουν στον απαιτητικό επιστημονικό εργασιακό χώρο.Η παρέμβαση πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της διδακτικής περιόδου 1997-1998 με δυο ομάδες μαθητών.Η μια ομάδα (η ομάδα ελέγχου) ακολούθησε τη φυσιολογική πορεία του GNVQ ενώ η άλλη (η πειραματική ομάδα) ακολούθησε ρητά τις ιδέες σχετικά με τις αποδείξεις. Ο σχεδιασμός της έρευνας περιελάμβανε εκτενή αξιολόγηση και των δύο ομάδων μαθητών πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την παρέμβαση.Το δείγμα περιελάμβανε 91 μαθητές στην πειραματική ομάδα και 88 μαθητές στην ομάδα ελέγχου, που διαλέχθηκαν από τρία κολλέγια. Οι διαδικασίες αξιολόγησης κατέληξαν σε μια λεπτομερή εικόνα των δυνατοτήτων των μαθητών του GNVQ όσον αφορά την κατανόηση των εννοιών των αποδεικτικών στοιχείων.Η ευρεία εικόνα δείχνει ότι οι περισσότεροι μαθητές στο μάθημα έδειξαν κατανόηση των βασικών στοιχείων του σχεδιασμού ενός πειράματος αλλά δεν είχαν κατανοήσει κάποιες βασικές έννοιες που σχετίζονται με τη μέτρηση και τον χειρισμό δεδομένων.Τα ποσοτικά αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν κάποια περιορισμένα, στοιχεία αποτελεσματικότητας όσον αφορά τα οφέλη στη διαδικασία κατανόησης των μαθητών στην πειραματική ομάδα σε σύγκριση με τους μαθητές της ομάδας ελέγχου. Ένας άλλος παράγοντας που είχε ισχυρή επίδραση ήταν το γεγονός ότι οι μαθητές θεωρούσαν τα υλικά ως ένα περιφερειακό μέρος της πορείας. Το περιεχόμενο των υλικών, η κατανόηση των ιδεών σχετικά με τα αποδεικτικά στοιχεία, δεν αποτελεί μέρος της τρέχουσας διαδικασίας αξιολόγησης GNVQ. Η εργασία αυτή όπως και άλλες δείχνουν ότι οι γνώσεις και η κατανόηση που αποτελούν τη βάση της επιστημονικής αξιολόγησης εκτιμούνται ιδιαίτερα από τους εργοδότες σε βιομηχανίες με βάση την επιστήμη και υπάρχουν στοιχεία ότι οι γενικές δεξιότητες αυτού του είδους θα γίνουν όλο και πιο σημαντικές για την οικονομική ανταγωνιστικότητα στη νέα χιλιετία (Young & Glanville, 1998).

Οι Klahr D., & Nigam M. (2004) στη μελέτη που πραγματοποίησαν με δείγμα 112 παιδιά, 58 της Τρίτης Δημοτικού (21 αγόρια και 37 κορίτσια) και 54 της Τετάρτης τάξης (12 αγόρια και 42 κορίτσια), μέτρησαν τη σχετική αποτελεσματικότητα της ανακαλυπτικής μάθησης και της άμεσης διδασκαλίας σε δύο σημεία της μαθησιακής διαδικασίας: α) κατά την αρχική απόκτηση του βασικού γνωστικού στόχου όπως είναι η διαδικασία σχεδιασμού και ερμηνείας απλών πειραμάτων, β) κατά τη μεταφορά και εφαρμογή αυτής της βασικής δεξιότητας σε πιο διάχυτη και αυθεντική συλλογιστική που σχετίζεται με την αξιολόγηση της επιστήμης. Βρήκαν ότι πολλά παιδιά έμαθαν περισσότερο από την άμεση διδασκαλία παρά από την ανακαλυπτική μάθηση, αλλά και ότι, όταν τους ζητήθηκε να κάνουν επιστημονικές κρίσεις, τα παιδιά που έμαθαν πειραματικό σχεδιασμό με την άμεση διδασκαλία, εκτέλεσαν τα πειράματα, εξίσου καλά με εκείνα τα παιδιά που ανακάλυψαν τη μέθοδο από μόνοι τους. Συγκεκριμένα, η άμεση διδασκαλία έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος διδασκαλίας διαδικασιών που είναι δύσκολο για τους μαθητές να ανακαλύψουν μόνοι τους, όπως εκείνοι που ασχολούνται με τη γεωμετρία, την άλγεβρα, και τον προγραμματισμό υπολογιστών

(Anderson, Corbett, Koedinger & Pelletier, 1995; Klahr & Carver, 1988). Ωστόσο, ο στόχος των μελετητών είναι να υπερβούν τις απλές συγκρίσεις σχετικά με το αν τα παιδιά είναι πιθανότερο να μάθουν από ένα είδος διδασκαλίας παρά από ένα άλλο. Στην ανακαλυπτική μέθοδο της παρούσης μελέτης, δεν υπάρχει καμία παρέμβαση των εκπαιδευτικών πέρα από την πρόταση ενός μαθησιακού στόχου όπως επίσης δεν υπάρχουν καθοδηγητικές ερωτήσεις και ανατροφοδότηση. Αντίστοιχα, χρησιμοποιούν έναν ακραίο τύπο άμεσης εντολής με την οποία οι στόχοι, τα υλικά, τα παραδείγματα, οι εξηγήσεις και ο ρυθμός της διδασκαλίας ελέγχονται από τους εκπαιδευτικούς. Το συγκεκριμένο πλαίσιο στο οποίο σύγκριναν αυτές τις δύο διδακτικές προσεγγίσεις είναι στον έλεγχο στρατηγικών μεταβλητών «control of variables strategy» (CVS). Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι να αξιολογήσει την αποτελεσματικότητα της άμεσης διδασκαλίας σε σχέση με την ανακαλυπτική, όχι μόνο σε σχέση με τον έλεγχο στρατηγικών μεταβλητών (CVS), αλλά και σε σχέση με την ικανότητα των παιδιών να αιτιολογούν σε πιο αυθεντικά περιβάλλοντα. Στη φάση της εξερεύνησης τα παιδιά εκτέλεσαν πειράματα με μια σφαίρα που κυλούσε σε κεκλιμένο επίπεδο, αλλάζοντας κάθε φορά και μια μεταβλητή όπως τη κλίση, το μήκος και το είδος της επιφάνειας. Για κάθε πείραμα, ο εκπαιδευτικός ρωτούσε τα παιδιά αν σκέφτηκαν ότι η σχεδίαση θα τους επέτρεπε να "λένε σίγουρα" αν μια μεταβλητή επηρέασε το αποτέλεσμα. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διαφορά ανάμεσα στη λειτουργία της άμεσης διδασκαλίας και της ανακαλυπτικής μεθόδου δεν είναι η διαφορά μεταξύ "ενεργής" και "παθητικής" μάθησης. Η κύρια διάκριση είναι ότι, με την άμεση διδασκαλία, ο εκπαιδευτικός παρείχε καλά και κακά παραδείγματα CVS, εξήγησε ποιες ήταν οι διαφορές μεταξύ τους, και είπε στους μαθητές πώς και γιατί η CVS εργάστηκε, ενώ στην ανακαλυπτική δεν υπήρχαν παραδείγματα και εξηγήσεις, παρόλο που υπήρχε ισοδύναμη ποσότητα σχεδιασμού και χειρισμού υλικών. Όσον αφορά την δεξιότητα του σχεδιασμού πειραμάτων σε απλά πλαίσια, τα αποτελέσματα είναι ίδια και με άλλες μελέτες στις οποίες η άμεση διδασκαλία ήταν ξεκάθαρα ανώτερη από τη ανακαλυπτική στην απόκτηση του CVS από παιδιά. Στη περίπτωση μιας διαδικασίας πολλαπλών σταδίων, όπως η CVS, η ανακαλυπτική μάθηση έχει σαφώς μειονέκτημα, διότι δεν υπάρχει ανατροφοδότηση από ένα συγκεκριμένο πείραμα σχετικά με το ποιο βήμα οδήγησε στη σύγχυση. Οι μελετητές πιστεύουν ότι το πιο σημαντικό αποτέλεσμα αυτής της μελέτης είναι η σχέση μεταξύ των μαθησιακών διαδρομών και της μεταφοράς.

Οι Κυριαζή και Κωνσταντίνου (2005), Η διδακτική παρέμβαση που αναπτύχθηκε, συνδυάζει τυπικές, μη τυπικές και άτυπες μορφές μάθησης για καλλιέργεια δεξιοτήτων διερεύνησης και εμπλέκει ενεργά τους γονείς στη μαθησιακή διαδικασία. Στο παρεμβατικό πρόγραμμα συμμετείχαν 11χρονοι μαθητές δημοτικού σχολείου, στους οποίους χορηγήθηκαν έργα αξιολόγησης δεξιοτήτων διερεύνησης σε τρεις χρονικές στιγμές (πριν και μετά την τυπική φάση της διδακτικής παρέμβασης). Τα αποτελέσματα της έρευνας καταδεικνύουν ότι στο τέλος του παρεμβατικού προγράμματος οι επιδόσεις των μαθητών ως προς τις δεξιότητες διερεύνησης είχαν βελτιωθεί σημαντικά σε σύγκριση με τις αρχικές τους επιδόσεις, καθώς και σε σύγκριση με τις επιδόσεις συνομήλικων αλλά και μεγαλύτερων παιδιών, τα οποία δεν είχαν εμπλοκή στο πρόγραμμα. Ειδικότερα, η έρευνα είχε ως στόχο: (1) την αξιολόγηση

διδασκικών στρατηγικών για υπέρβαση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν τα παιδιά κατά τη διεκπεραίωση διερευνήσεων (2) τη χαρτογράφηση των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των δεξιοτήτων διερεύνησης στην πορεία ανάπτυξής τους (3) τον εντοπισμό δυσκολιών που αντιμετωπίζουν τα παιδιά στην προσπάθειά τους να διεξαγάγουν διερευνήσεις. Τα αποτελέσματα της έρευνας περιλαμβάνουν: (α) επίπεδα επίδοσης δεξιοτήτων διερεύνησης, (β) διαφοροποίηση των επιδόσεων στις δεξιότητες διερεύνησης στην πορεία ανάπτυξής τους και σε σύγκριση με επιδόσεις παιδιών που δεν συμμετείχαν στο πρόγραμμα, (γ) αλληλεπιδράσεις μεταξύ δεξιοτήτων διερεύνησης στην πορεία ανάπτυξής τους και (δ) δυσκολίες που δυσχεραίνουν την προσπάθεια των παιδιών για διεκπεραίωση διερευνήσεων. Στο παρόν άρθρο παρουσιάζονται αποτελέσματα σχετικά με τη διαφοροποίηση των επιδόσεων της πειραματικής ομάδας στις δεξιότητες διερεύνησης σε προπαραματικό, μεσοπειραματικό και μεταπειραματικό στάδιο, καθώς και σε σύγκριση με τις επιδόσεις της ομάδας ελέγχου. Ειδικότερα στην παρούσα έρευνα, ως δεξιότητες διερεύνησης ορίζονται η αναγνώριση μεταβλητών, η διατύπωση διερευνησιμότητας ερωτήματος, η διατύπωση υπόθεσης, ο σχεδιασμός πειράματος και έλεγχος μεταβλητών, η συλλογή, καταγραφή και οργάνωση δεδομένων, η ερμηνεία δεδομένων και εξαγωγή συμπερασμάτων, καθώς και ο εντοπισμός σχεδιαστικών ατελειών. Στην πρώτη φάση διεξάγεται ειδική διδακτική παρέμβαση στο πλαίσιο τυπικών διεργασιών μάθησης, με στόχο την καλλιέργεια διερευνητικών δεξιοτήτων. Οι δραστηριότητες έχουν ως έμφαση τις δεξιότητες σχεδιασμού πειραμάτων και ελέγχου μεταβλητών. Στη δεύτερη φάση, τα παιδιά αναλαμβάνουν ομαδικά την υλοποίηση μιας διερεύνησης, στην οποία θέτουν ερωτήματα σε σχέση με ένα φαινόμενο που τους ενδιαφέρει, σχεδιάζουν και εκτελούν πειράματα για να δώσουν έγκυρες απαντήσεις σ' αυτά και οργανώνουν μια αλληλεπιδραστική δραστηριότητα για να εμπλέξουν στις διερευνήσεις τους το κοινό που θα επισκεφτεί το πανηγύρι. Σ' αυτή την άτυπη φάση, εμπλέκονται γονείς και εκπαιδευτικοί για να στηρίξουν την προσπάθεια των παιδιών. Η τρίτη φάση έχει μη τυπική μορφή και περιλαμβάνει την εκδήλωση του πανηγυριού της επιστήμης, την οποία μπορούν να επισκεφτούν γονείς, εκπαιδευτικοί και άλλα παιδιά. Στην έρευνα συμμετείχαν μαθητές Ε' και Στ' τάξης δημοτικού σχολείου. Την πειραματική ομάδα αποτέλεσαν 35 μαθητές μιας Ε' τάξης ενός δημοτικού σχολείου, οι οποίοι συμμετείχαν στο παρεμβατικό πρόγραμμα. Την ομάδα ελέγχου αποτέλεσαν 58 μαθητές Ε' τάξης (ομάδα ελέγχου 1) και 38 μαθητές Στ' τάξης (ομάδα ελέγχου 2). Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από 29 συνολικά έργα με ερωτήσεις ανοικτού τύπου, τα οποία χορηγήθηκαν σε τρεις χρονικές στιγμές: πριν (προπειραματικό στάδιο) και μετά (μεσοπειραματικό στάδιο) από την τυπική διδακτική παρέμβαση και στο τέλος του παρεμβατικού προγράμματος (μεταπειραματικό στάδιο). Οι απαντήσεις των μαθητών στα έργα αναλύθηκαν με τη φαινομενογραφική μέθοδο ανάλυσης ποιοτικών δεδομένων (Marton, 1981, Marton & Booth, 1997). Τα αποτελέσματα της έρευνας, που διενεργήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος για παιδαγωγική αξιοποίηση του Πανηγυριού Επιστήμης, καταδεικνύουν ότι τα παιδιά που είχαν εμπλακεί σ' αυτό κατάφεραν να βελτιώσουν σημαντικά τις επιδόσεις τους στις περισσότερες από τις δεξιότητες διερεύνησης. Οι επιδόσεις τους στο τέλος του παρεμβατικού προγράμματος ήταν σημαντικά ψηλότερες σε σύγκριση με τις επιδόσεις συνομήλικων καθώς και

μεγαλύτερων από αυτά παιδιών, τα οποία δεν είχαν εμπειρία με το Πανηγύρι Επιστήμης. Κατά συνέπεια, η σχολική δραστηριότητα «πανηγύρι επιστήμης» έχει τη δυνατότητα να λειτουργήσει ως ένας πολύ καλός μηχανισμός για συστηματική καλλιέργεια δεξιοτήτων διερεύνησης στο δημοτικό σχολείο, εφόσον οργανώνεται σ' ένα μαθησιακό περιβάλλοντο οποίο συνδυάζει τυπικές, μη τυπικές και άτυπες διαδικασίες μάθησης.

Οι Ergul et al. (2011) έκαναν μια μελέτη που σκοπός της ήταν να προσδιοριστεί το επίπεδο επιτυχίας των Τούρκων μαθητών του Δημοτικού από την τέταρτη έως και την όγδοη τάξη, στις διαδικασίες επιστημονικών δεξιοτήτων (Science process skills ,SPS) και στις επιστημονικές συμπεριφορές και αν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στο βαθμό επιτυχίας τους και στις επιστημονικές συμπεριφορές, ανάλογα με την τάξη που βρισκότουσαν και τη διδακτική μέθοδο που εφαρμοζόταν.Οι δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών (SPS) ,ορίζονται ως οι μεταβιβάσιμες δεξιότητες που εφαρμόζονται σε πολλές επιστήμες και που αντικατοπτρίζουν τις συμπεριφορές των επιστημόνων και είναι αυτές που πρέπει να αποκτηθούν στο πρώτο επίπεδο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευση ενώ η δεύτερη που είναι οι ολοκληρωμένες δεξιότητες της τεχνολογικής επιστήμης (ISPS), είναι ο έλεγχος των μεταβλητών, η διατύπωση υποθέσεων και η πειραματική δοκιμασία. Τα παιδιά είναι σαν τους επιστήμονες γιατί στη φύση πολλών παιδιών υπάρχει ήδη η περιέργεια για αναζήτηση και αυτή η περιέργεια τους οδηγεί στην έρευνα και με αυτόν τον τρόπο, αρχίζουν να ψάχνουν σε πρώιμες ηλικίες. Η επίλυση προβλημάτων είναι η ουσία των επιστημονικών ερευνών όπου οι μαθητές εντοπίζουν ένα πρόβλημα και ακολουθούν τις οδηγίες μάθησης για να λύσουν το πρόβλημα.Τα ερευνητικά ερωτήματα ήταν:1)Εάν υπάρχουν κάποια αποτελέσματα της διδασκαλίας της επιστήμης με βάση την έρευνα σε επίπεδο επιστημονικών δεξιοτήτων στους μαθητές του δημοτικού.α)Εάν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μετά τη μελέτη των επιστημονικών δεξιοτήτων στους μαθητές 10-12 ετών και 13-14 ετών, μεταξύ των πειραματικών ομάδων και των ομάδων ελέγχου,2)Εάν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των στάσεων των μαθητών της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης από τις πρώην πειραματικές ομάδες και ομάδες ελέγχου προς τα μαθήματα των Φ.Ε.Το δείγμα ήταν 241 μαθητές που αποτελείται από 122 αγόρια, 119 κορίτσια και για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκε ομάδα ελέγχου και πειραματικής ομάδα, όπου οι 71 ήταν μαθητές της 4<sup>ης</sup> 5<sup>ης</sup> και 6<sup>ης</sup> τάξης και αποτελούσαν την πειραματική ομάδα ,ενώ οι 68 μαθητές αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου, ενώ η πειραματική ομάδα για την 7η και 8η τάξη απαρτίζεται από 50 μαθητές, ενώ 52 μαθητές αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου τους. Η μελέτη διεξήχθη το ένα από το μεγάλο δημοτικό σχολείο στην πόλη της Μπούρσα. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω: α) της βασικής δοκιμασίας επιστημονικών δεξιοτήτων, όπου γίνεται η παρατήρηση με 6 στοιχεία η σύγκριση και ταξινόμηση με 6 στοιχεία, η αναπαράσταση με 6 στοιχεία η πρόβλεψη με 8 στοιχεία η μέτρηση η καταγραφή και η ερμηνεία με 4 στοιχεία η διαμόρφωση μοντέλων, η κατασκευή πινάκων και διαγραμμάτων με 4 στοιχεία β) της ολοκληρωμένης δοκιμασίας επιστημονικών δεξιοτήτων όπου δημιουργούνται υποθέσεις με 11 στοιχεία, προσδιορίζονται οι μεταβλητές με 6 στοιχεία και γίνεται το πείραμα με 7 στοιχεία , και γ) της επιστημονικής κλίμακας στάσεων όπου γίνεται η επίλυση

προβλημάτων, η μεταφορά επιστημονικών απόψεων και αποτελεσμάτων, και η συνεργασία στη λήψη αποφάσεων. Η μελέτη διεξήχθη κατά τη διάρκεια των δύο εξαμήνων. Ενώ οι μαθητές της ομάδας ελέγχου διδάσκονταν από τους δασκάλους τους με παραδοσιακές μεθόδους, οι συμμετέχοντες στην πειραματική ομάδα δέχθηκαν ορισμένες πρακτικές δραστηριότητες που προετοιμάζαν οι ερευνητές για να βελτιώσουν τις ικανότητές τους στην επιστήμη. Εργάστηκαν σε ετερογενείς ομάδες από 2 έως 4 μαθητές. Τα πειράματα σχεδιάστηκαν λαμβάνοντας υπόψη τα επίπεδα των μαθητών και τις δεξιότητες της επιστημονικής διαδικασίας που αποσκοπούσαν να βελτιωθούν. Στο πειραματικό στάδιο, οι μαθητές υποστηρίζονταν συχνά από τους ερευνητές και οι ομάδες έδιναν τα ευρήματά και τα αποτελέσματα τους γραπτά ή προφορικά κάθε φορά που τελείωσαν. Πραγματοποιήθηκε ανάλυση t-test χρησιμοποιώντας τις βαθμολογίες τους πριν από τη δοκιμασία και οι τιμές για τις πρώην πειραματικές ομάδες είναι υψηλότερες από εκείνες των ομάδων ελέγχου, όταν συγκριθούν με τις μέσες βαθμολογίες που πήραν στις ικανότητές τους στη διαδικασία και τη στάση απέναντι στην επιστήμη. Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι συνεπή με τα αποτελέσματα παρόμοιων μελετών που διεξήχθησαν προηγουμένως. Διαπίστωσαν ότι οι μέθοδοι διδασκαλίας που βασίζονται στην έρευνα ενισχύουν τις δεξιότητες και τις στάσεις των μαθητών όσον αφορά τις διαδικασίες της επιστήμης. Η μελέτη δείχνει ότι η , οι μαθητές της 7ης 8ης και 9ης τάξης στα σχολεία που ακολούθησαν το νέο πρόγραμμα είχαν καλύτερα αποτελέσματα από όσους βρίσκονταν στα σχολεία υιοθετώντας παραδοσιακές μεθόδους.

Η έρευνα των M.Sencer Corlu, M.Ali Corlu & Robert M.Capraro , (2011) διερεύνησε τη σχέση μεταξύ των προβλημάτων που σχετίζονται με την επιστήμη και της υπολογιστικής ευχέρειας, μέσω μιας εκπαιδευτικής μεθόδου που είναι μια μη παραδοσιακή άσκηση. Τα ερωτήματα που εξετάστηκαν ήταν: 1) Η επίλυση πρακτικών ασκήσεων σε ευρύτερο επιστημονικό περιβάλλον, βελτιώνουν την υπολογιστική ευχέρεια των μαθητών σε σχέση με τις παραδοσιακές πρακτικές ασκήσεων; 2) Υπάρχει κάποια βελτίωση μεταξύ των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης όσον αφορά το όφελος τους από την χρήση αυτών των πρακτικών; Η μελέτη έδειξε ότι τα οφέλη με τις πρακτικές ήταν μεγαλύτερα από την παραδοσιακή διδασκαλία. Η μελέτη αυτή χρησιμοποίησε μια ποσοτική ανάλυση των αποτελεσμάτων πριν και μετά τη δοκιμασία των μαθητών δημοτικού και γυμνασίου μετά από δύο παρεμβάσεις. Έπρεπε να απαντήσουν 10 ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών σχετικές με εκθετικές πράξεις σε χρονικό διάστημα 20 λεπτών χωρίς τη δυνατότητα χρήσης αριθμομηχανών. Οι συμμετέχοντες σε αυτή τη μελέτη ήταν 150 μαθητές δημοτικού σχολείου και γυμνασίου 9-12 χρονών σε μεγάλη μητροπολιτική πόλη της Τουρκίας . Η περιοχή όπου επιλέχθηκαν οι συμμετέχοντες είναι μια αναπτυσσόμενη πυκνοκατοικημένη εργατική περιοχή της πόλης . Το δείγμα μας αποτελείται από 84 αγόρια και 66 κορίτσια, 75 δημοτικό και 75 γυμνάσιο. Η πρώτη παρέμβαση ήταν μια ανασκόπηση των βασικών εννοιών της εκθετικών εξισώσεων η οποία διήρκεσε για δύο τάξεις και εφαρμόστηκε από τους καθηγητές της επιστήμης. Τα σχέδια μαθήματος σχεδιάστηκαν από κοινού από τους ερευνητές και τους αντίστοιχους καθηγητές επιστημών. Η βασική επιδίωξη αυτής της παρέμβασης ήταν η εννοιολογική κατανόηση των εκθετικών αλγορίθμων. Έγινε pre-test και pos-test. Η επιτυχία

τους στους εκθετικούς αλγορίθμους υπολογίστηκε από το συνολικό σκορ των μαθητών ως μέτρο της υπολογιστικής τους ευχέρειας, που ήταν η ανεξάρτητη μεταβλητή. Αυτή η μελέτη έδειξε ότι οι προσαρμοσμένες ασκήσεις με βάση την επιστήμη παράγαγαν υψηλότερα οφέλη στην υπολογιστική ευχέρεια των μαθητών του Γυμνασίου από τις παραδοσιακές ασκήσεις. Ένα σημαντικό συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι οι Φυσικές επιστήμες είναι ένας αποτελεσματικός τομέας για την καλλιέργεια της υπολογιστικής ευχέρειας. Από την άλλη πλευρά, δεδομένου ότι η υπολογιστική ευχέρεια χρησιμοποιείται συχνά στις Φ.Ε., οι εκπαιδευτικοί μπορούν εύκολα να την ενσωματώσουν στα δικά τους μαθήματα και οι μαθητές θα μάθουν καλύτερα τις έννοιες όταν ασχολούνται με αριθμητικά παραδείγματα. Συμπερασματικά οι καθηγητές των μαθηματικών θα πρέπει να επικεντρωθούν στην παιδαγωγική και να προσπαθήσουν να βρουν καλύτερες μεθόδους διδασκαλίας για να προσεγγίσουν τους μαθητές τους οι οποίοι θα έχουν επίσης περισσότερο χρόνο να επικεντρωθούν στην εννοιολογική κατανόηση των θεμάτων των Φ.Ε.

Η έρευνα των Arnold, Kremer & Mayer, (2014) ασχολήθηκε σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο θα υποστηρίζουν καλύτερα τους μαθητές ενώ εργάζονται σε ερευνητικά καθήκοντα (στην προκειμένη περίπτωση: πειράματα σε αιτιώδεις σχέσεις). Για να προσδιοριστεί το είδος υποστήριξης που χρειάζονται οι μαθητές για να σχεδιάσουν πειράματα σε ανώτερες βαθμίδες, διεξήχθη μια εμπειρική μελέτη που αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος, 96 μαθητές δοκιμάζονται στην ικανότητα σχεδιασμού ενός πειράματος και πρέπει να επιλέξουν και να μετρήσουν διαφορετικές τιμές της ανεξάρτητης μεταβλητής και περαιτέρω να σκεφτούν για τη μέτρηση της εξαρτημένης μεταβλητής. Διαπιστώθηκε ότι χρειάζονται κλιμακωτές βοήθειες βασικές πτυχές σχεδιασμού (όπως εξαρτημένες και ανεξάρτητες μεταβλητές), για να φτάσουν σε υψηλότερα επίπεδα, αφού μόνο περίπου τριάντα τοις εκατό φθάσαν τα επίπεδα II ή III από τα τρία επίπεδα. Σε περισσότερο ανατακλαστικές πτυχές (όπως συνδυάζοντας μεταβλητές, χρόνους δοκιμών και επαναλήψεις), μόνο ένα μέγιστο είκοσι πέντε τοις εκατό έφθασε στο επίπεδο I ή υψηλότερο συνεπώς, απαιτείται ακόμη μεγαλύτερη στήριξη για αυτές τις πτυχές. Στο δεύτερο της μελέτης έγινε μια ποιοτική βιντεοανάλυση των συζητήσεων των μαθητών, των σχεδίων και των υλοποιήσεων ενός πειράματος. Διαπιστώθηκε ότι απαιτείται υποστήριξη για τη γνώση και την κατανόηση των διαδικασιών. Μέχρι στιγμής δεν έχει αναλυθεί συστηματικά ποιες από τις πτυχές αυτές οι μεγαλύτεροι σε ηλικία μαθητές εξετάζουν μόνοι τους, ούτε ποιες από τις πτυχές αυτές (ενδεχομένως) χρειάζονται υποστήριξη. Δεν υπάρχουν συνέπειες για τον τρόπο σχεδιασμού αυτής της υποστήριξης. Ως εκ τούτου, τα κύρια ερευνητικά μας ερωτήματα είναι:

- 1) Ποιες πτυχές εξετάζουν οι μαθητές των ανώτερων τάξεων όταν εργάζονται σε ένα πειραματικό σχεδιασμό και πού χρειάζονται υποστήριξη;
- 2) Τι είδους υποστήριξη χρειάζονται οι μαθητές;

Το πρώτο μέρος της μελέτης πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια κανονικών μαθημάτων και ο δάσκαλος κλήθηκε να μην βοηθήσει τους μαθητές για να αποκτήσουν αυθεντικές πληροφορίες σχετικά με τις ικανότητες των μαθητών. Η ικανότητα διερεύνησης στο σχεδιασμό ενός πειράματος



υλοποιήθηκε μέσω δύο εργασιών. Οι εργασίες περιελάμβαναν ένα προβληματικό πλαίσιο, ερευνητικό ερώτημα και υπόθεση. Οι μαθητές έπρεπε να σχεδιάσουν πειράματα για να ελέγξουν τις υποθέσεις σε μια μορφή ανοιχτής απάντησης. Οι εργασίες σχεδιάστηκαν έτσι ώστε να επιτρέπουν σειρές δοκιμών και μετρήσεων. Οι μαθητές έπρεπε να σχεδιάσουν ένα τέτοιο πείραμα και να γράψουν τις σκέψεις τους σε χαρτί. Το δείγμα αποτελούνταν από 96 μαθητές στην 12η τάξη (ηλικίες 16-19 ετών), όπου κλήθηκαν να απαντήσουν στα στοιχεία που τους δόθηκαν σε 35 λεπτά μετά από μια σύντομη εισαγωγή σχετικά με το τι είναι η δοκιμασία. Για να αξιολογήσει τις απαντήσεις των μαθητών, δημιουργήθηκε ένα σχήμα κωδικοποίησης για την ικανότητα σχεδιασμού ενός πειράματος με πτυχές που προκύπτουν από τη βιβλιογραφία (e.g. Gott et al., n.d.)

Συμπεράσματα και επιπτώσεις για τη στήριξη της έρευνας

Σκοπός του πρώτου μέρους της μελέτης ήταν η ανάλυση των αποτελεσμάτων των ικανοτήτων διερεύνησης των μαθητών σε γραπτά καθήκοντα έρευνας. Διαπιστώθηκε ότι τα σχέδια των μαθητών είναι γενικά, πράγμα που σημαίνει ότι συνήθως τείνουν να μεταβάλλουν την ανεξάρτητη μεταβλητή και να μετρούν την εξαρτώμενη μεταβλητή σε βασικό επίπεδο και σπάνια να εξετάζουν περαιτέρω πτυχές. Επίσης οι μαθητές χρειάζονται υποστήριξη και πρέπει να μάθουν περισσότερα για τις διάφορες πτυχές, προκειμένου να αποκτήσουν υψηλότερα επίπεδα ικανότητας και προβληματισμό σχετικά με τα πειραματικά αποτελέσματα. Ο στόχος του δεύτερου μέρους της μελέτης ήταν να ανακαλυφθεί πού και ποια υποστήριξη απαιτείται για την εκπόνηση των πειραματικών σχεδίων των μαθητών και επομένως διεξήχθη μια βίντεο ανάλυση δύο ζευγαριών μαθητών που συζήτησαν, σχεδίασαν και υλοποίησαν πειράματα. Αναφέρθηκε ότι οι μαθητές μπορεί να χρειάζονται δύο διαφορετικά είδη υποστήριξης: αφενός, χρειάζονται καθοδήγηση για το τι θα κάνουν και πώς (δηλ. διαδικαστικές γνώσεις), και από την άλλη πλευρά, γιατί πρέπει να κάνουν αυτά τα πράγματα (δηλαδή, την διαδικαστική κατανόηση). Όσον αφορά τις διαδικαστικές γνώσεις, με την ανάλυση των συζητήσεων, διαπιστώσαμε ότι όταν οι μαθητές φτάνουν σε υψηλά επίπεδα συζητώντας κάποιες πτυχές συχνά τις υποστηρίζουν βήμα προς βήμα και από επίπεδο σε επίπεδο. Όμως, οι μαθητές φαίνεται να χρειάζονται βοήθεια σχετικά με τον τρόπο εφαρμογής των πτυχών σε συγκεκριμένα πλαίσια. Αυτή η μελέτη δείχνει τις ικανότητες και τις αδυναμίες των μαθητών στο ανώτερο δευτεροβάθμιο επίπεδο κατά το σχεδιασμό και τη διεξαγωγή έγκυρων και αξιόπιστων πειραμάτων σχετικά με τις αιτιώδεις σχέσεις και δίνει βαρύτητα και σημασία στην υποστήριξη και στην καθοδήγηση τους, για να προωθήσουν μια βαθύτερη διαδικαστική αντίληψη.

Αν και η μελέτη επικεντρώνεται μόνο σε ένα είδος επιστημονικής μεθόδου και το δείγμα για το δεύτερο μέρος ήταν ομολογουμένως μικρό, παρέχει ωστόσο πολύτιμες γνώσεις. Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα και πρακτική της επιστήμης είναι η χρήση της μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης.

Η μελέτη των Umran Betul Cebesoy & Betul Yeniterzi, (2016) στοχεύει στη διερεύνηση των μαθηματικών σφαλμάτων των μαθητών της έβδομης τάξης σε ένα θέμα σχετικό με τη φυσική, συγκεκριμένα στη δύναμη και την κίνηση. Σε προηγούμενη μελέτη, για τη διερεύνηση των δυσκολιών

των μαθητών στη φυσική, οι Aycan και Yumusak (2003) ανέφεραν ότι οι δυσκολίες των μαθητών στη φυσική προκλήθηκαν από την αφηρημένη φύση του θέματος και τη συμπερίληψη μαθηματικών υπολογιστικών δεξιοτήτων. Ο ρόλος των μαθηματικών τύπων και υπολογισμών στη φυσική αναφέρθηκε επίσης ως φραγμός στην κατανόηση της φυσικής από τον Karakuyu (2008). Οι Ümran Betül Cebesoy και Betül Yeniterzi υπογράμμισαν ότι η ικανότητα στα μαθηματικά συνδέεται με την καλύτερη κατανόηση των εννοιών της φυσικής. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από 129 επιλεγμένους μαθητές της έβδομης τάξης, που φοιτούσαν σε δημόσιο σχολείο το 2012-2013 με ανοιχτές ερωτήσεις και με κατάλληλη μέθοδο δειγματοληψίας. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν σε όλο το εαρινό εξάμηνο 2012-2013. Τα ευρήματα αποκάλυψαν ότι οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες στις αναλογίες στα ποσοστά και στη μετατροπή μονάδων. Αυτή η έρευνα, στόχευε στον προσδιορισμό των μαθηματικών προβλημάτων που βίωσαν οι μαθητές της έβδομης τάξης σε κεφάλαιο της φυσικής που αφορούσε τη Δύναμη και την Κίνηση. Για να εξετάσουν το ερευνητικό ερώτημα της παρούσας μελέτης, αναπτύχθηκε ένα ανοιχτό ερωτηματολόγιο που αποτελείται από οκτώ θέματα σχετικά με τις έννοιες δύναμης και κίνησης. Αυτές οι ερωτήσεις απαιτούσαν μαθηματικές γνώσεις για να επιλυθούν έτσι σχετικά με το περιεχόμενο του ερωτηματολογίου πήραν ανατροφοδότηση τόσο από επιστημονικούς και μαθηματικούς εμπειρογνώμονες οι οποίοι ήταν υποψήφιοι διδάκτορες που εξειδικεύονταν στα προγράμματα σπουδών επιστήμης και μαθηματικών όσο και από καθηγητές θετικών επιστημών. Δημιούργησαν έτσι ένα ερωτηματολόγιο σύμφωνα με την ερευνητική ερώτησή, και εξέτασαν τις απαντήσεις των συμμετεχόντων σε αυτές τις συγκεκριμένες ερωτήσεις προκειμένου να προσδιορίσουν τα μαθηματικά σφάλματα των μαθητών στη δύναμη και τη κίνηση. Χρησιμοποίησαν ερωτήσεις από άλλους ερευνητές για να συλλέξουν πολύ λεπτομερείς και πλούσιες πληροφορίες από τις απαντήσεις των μαθητών, και να τις συγκρίνουν με την υπάρχουσα βιβλιογραφία.

Διαπίστωσαν ότι οι μαθητές της εβδόμης είχαν δυσκολίες στη δύναμη και την κίνηση. Οι μελέτες στη βιβλιογραφία που εξέτασαν τις δυσκολίες των μαθητών στις έννοιες της φυσικής (e.g., Akatugba & Wallece, 1999; Aycan & Yumusak, 2003; Corlu & Corlu, 2012; Kararkuyu, 2008; Oon & Subramaniam, 2011; Sahin & Yagbasan, 2012) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η έλλειψη κατανόησης των μαθητών στις έννοιες των μαθηματικών προκάλεσε αυτές τις δυσκολίες. Η λεπτομερέστερη εξέταση αποκάλυψε ότι ενώ οι περισσότεροι μαθητές μπορούσαν να ερμηνεύσουν γραμμικά γραφήματα, ο αριθμός αυτός μειώθηκε καθώς τα ερωτήματα περιπλεκόντουσαν και περιλάμβαναν αρκετά βήματα στη λύση του. Οι περισσότεροι από τους μαθητές δεν μπόρεσαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις που περιλάμβαναν τόσο την ερμηνεία γραμμικού γραφήματος όσο και την άμεση αναλογία. Ο λόγος των δυσκολιών των μαθητών σε αναλογικές έννοιες εξηγείται επειδή δεν γνωρίζουν τη χρήση αναλογικών εννοιών στην επίλυση προβλημάτων φυσικής (Akatugba & Wallace, 1999). Επιπλέον οι Ümran Betül Cebesoy και Betül Yeniterzi διαπίστωσαν ότι οι μαθητές αντιμετώπισαν δυσκολίες στην εφαρμογή των τύπων. Αυτό το εύρημα ήταν σύμφωνο με τη βιβλιογραφία που ανέφερε ότι οι μαθητές είχαν δυσκολίες στην εφαρμογή των τύπων σε προβλήματα φυσικής (Corlu &

Corlu, 2012; Karakuyu, 2008). Ακόμη και αν το περιβάλλον της επιστήμης είναι κατάλληλο για την ανάπτυξη και την ανάπτυξη της υπολογιστικής ευχέρειας (Corlu et al., 2011), οι μαθητές της μελέτης αυτής έδειξαν πολύ χαμηλό βαθμό στις ερωτήσεις που περιελάμβαναν τόσο τις μαθηματικές δεξιότητες υπολογισμού όσο και τη μαθηματική ερμηνεία.

Συμπέραναν ακόμα ότι η ανικανότητά των μαθητών σε μαθηματικές έννοιες όπως ανάλογα ποσά, μετατροπή μονάδων και βασικές μαθηματικές υπολογιστικές δεξιότητες μπορεί να επηρεάσει την κατανόησή τους σε έννοιες των φυσικών επιστημών. Συμπερασματικά το πιο δύσκολο μέρος που αντιμετώπισαν οι μαθητές ήταν το τμήμα μετατροπής μονάδων, 118 από 129 μαθητές (91.5%) δεν μπορούσαν να μετατρέψουν τις μονάδες. Το εύρημα αυτό ευθυγραμμίστηκε με τη μελέτη του Butuner και του Uzun (2011) που ανέφερε τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι καθηγητές των φυσικών επιστημών όσον αφορά τη διδασκαλία των εννοιών της δύναμης και της κίνησης, τη σχεδίαση και την ερμηνεία γραφημάτων, καθώς την αναλογία και τη μετατροπή μονάδων. Οι περισσότεροι από τους μαθητές δεν μπόρεσαν να απαντήσουν στην ερώτηση που περιλαμβάνει τόσο την ερμηνεία του γραφήματος γραμμής όσο και την άμεση αναλογία. Η μελέτη αυτή σχεδιάστηκε χρησιμοποιώντας ποιοτικές μεθόδους, όπως την ανάλυση εγγράφων, που είναι μια χρήσιμη μέθοδος για τη διερεύνηση των φαινομένων ή ερευνητικών ζητημάτων όπου γίνεται ανάλυση οποιουδήποτε είδους γραπτού εγγράφου, όπως εγχειρίδια, δημόσια αρχεία, οδηγίες προγράμματος σπουδών, ημερολόγια, επιστολές, εξετάσεις (Merriam, 2009, Yildirim & Simsek, 2008). Συμπερασματικά δεν μπορούσαν να πούν ότι οι δυσκολίες των μαθητών στην φυσική συγκεκριμένα στη δύναμη και τη κίνηση προκλήθηκε από τη χαμηλή τους ικανότητα στα μαθηματικά αλλά κατέληξαν ότι η ανικανότητά τους σε μαθηματικές έννοιες όπως αναλογία, μετατροπή μονάδων και βασικές μαθηματικές υπολογιστικές δεξιότητες μπορούν να επηρεάσουν την κατανόησή τους στις έννοιες της φυσικής.

### **3.5. Κριτική αποτίμηση της βιβλιογραφικής ανασκόπησης - Πρωτοτυπία της εργασίας**

Απο την βιβλιογραφική ανασκόπηση των ερευνών προκύπτει ότι έχουν μελετηθεί εκτεταμένα οι αντιλήψεις των μαθητών για την δύναμη και την κίνηση και συγκριτικά σε μικρότερο βαθμό οι αντιλήψεις τους για την επιτάχυνση. Όμως, η έρευνα που σχετίζεται με τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στην αλλαγή αυτών των αντιλήψεων των μαθητών είναι περιορισμένη. Επίσης, μολονότι στις έρευνες αυτές υιοθετείται η εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δεν συγκρίνονται τα μαθησιακά τους αποτελέσματα με αυτά άλλων διδακτικών προσεγγίσεων.

Επιπρόσθετα, μελετώντας τις έρευνες για τις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών έχει διαπιστωθεί ότι οι μαθητές εμφανίζουν σημαντικές δυσκολίες στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών (Chen &

Klahr, 1999; Duggan & Gott, 2000). Είναι περιορισμένη η έρευνα που μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων στις επιστημονικές πρακτικές που αναπτύσσουν οι μαθητές και συγκεκριμένα στον σχεδιασμό και διεξαγωγή πειραμάτων (Chen & Klahr 1999; Klahr & Nigam 2004; Kyriazi, & Constantinou, 2005; Arnold, Kremer & Mayer, 2014). Οι Ergul et al. (2011) διαπίστωσαν ότι οι μέθοδοι διδασκαλίας που βασίζονται στην έρευνα ενισχύουν τις δεξιότητες και τις στάσεις των μαθητών όσον αφορά τις διαδικασίες της επιστήμης, ενώ όσον αφορά τη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, η ικανότητα στα μαθηματικά συνδέεται με την καλύτερη κατανόηση των εννοιών της φυσικής (M.Sencer Corlu, M.Ali Corlu & Robert M.Capraro 2011 ;Umran Betul Cebesoy & Betul Yeniterzi 2016). Ωστόσο, διαπιστώνεται ότι απουσιάζουν έρευνες που να μελετούν τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων για το 2<sup>ο</sup> νόμο του Νεύτων στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας και στη μαθηματική σκέψη. Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης ερευνών που να αναφέρονται στις παραπάνω πρακτικές. Η πρωτοτυπία λοιπόν της παρούσας εργασίας συνίσταται στο ότι αυτή μελετά τη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων για τον 2ο Νόμο του Νεύτωνα βασισμένων στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών, τόσο στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για τις δυνάμεις και τη κίνηση όσο και στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν στη σχεδίαση ερευνών και στη χρήση μαθηματικής σκέψης, ζητήματα για τα οποία δεν υπάρχουν ερευνητικά δεδομένα.

### **3.6. Ανακεφαλαίωση**

Στο κεφάλαιο αυτό πραγματοποιήθηκε η βιβλιογραφική ανασκόπηση τόσο των ερευνών που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την δύναμη και τις κινήσεις όσο και των ερευνών που αφορούν στις διδακτικές παρεμβάσεις που επεξεργάζονται τις συγκεκριμένες αντιλήψεις, όπως προκύπτει από την ελληνική και τη διεθνή βιβλιογραφία. Τέλος, παρουσιάστηκε η κριτική αποτίμηση των ερευνητικών αποτελεσμάτων και καταδείχθηκε η πρωτοτυπία της παρούσας εργασίας.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup> : ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

## 4.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο αυτό εστιάζεται στην περιγραφή της μεθοδολογίας της παρούσας εργασίας και αποτελείται από οκτώ ενότητες. Συγκεκριμένα, στην πρώτη ενότητα, παρουσιάζονται οι συμμετέχοντες της έρευνας (βλ.ενότητα 4.2).Στην δεύτερη ενότητα περιγράφονται οι φάσεις της ερευνητικής διαδικασίας που ακολουθήθηκε (βλ.ενότητα 4.3).Στην τρίτη ενότητα παρουσιάζεται το εκπαιδευτικό υλικό που συγκροτήθηκε (βλ.ενότητα 4.4).Στην τέταρτη ενότητα παρουσιάζονται τα ερευνητικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα για τη συλλογή των δεδομένων (βλ.ενότητα 4.5).Στην πέμπτη ενότητα παρουσιάζεται η μέθοδος συλλογής των δεδομένων (βλ.ενότητα 4.6) και στην έκτη ενότητα η μέθοδος ανάλυσης των δεδομένων της έρευνας (βλ.ενότητα 4.7).

## 4.2 Συμμετέχοντες

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν συνολικά 46 μαθητές της Α Λυκείου χωρισμένοι σε δύο ομάδες (πειραματική και ομάδα ελέγχου).

Το δείγμα της πειραματικής ομάδας αποτελούσαν συνολικά 35 μαθητές (23 αγόρια, 12 κορίτσια), που φοιτούσαν σε δύο τμήματα της Α' Λυκείου του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑΛ Ρόδου. Οι μαθητές ήταν κατά μέσο όρο 15 χρόνων, με μεσαίο έως χαμηλό κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, λαμβάνοντας υπόψη την επαγγελματική και οικονομική κατάσταση των γονέων.Οι μαθητές των παραπάνω τμημάτων αποτελούσαν την πειραματική ομάδα (Π.Ο.), η οποία δέχθηκε την διδακτική παρέμβαση, που βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση με χρήση επιστημονικών πρακτικών και με την αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού.

Το συγκριτικό δείγμα της έρευνας (ομάδα ελέγχου), στο οποίο εφαρμόστηκε το εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου με την αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού, αποτέλεσαν 32 μαθητές (24 αγόρια, 8 κορίτσια) δυο τμημάτων της Α' Λυκείου του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑΛ Ρόδου (Ο.Ε.). Όλοι οι μαθητές του συγκριτικού δείγματος ήταν κατα μέσο όρο 15 χρόνων, και παίρνοντας υπόψη την οικονομική και επαγγελματική κατάσταση των γονέων, είχαν μεσαίο έως χαμηλό κοινωνικοοικονομικό επίπεδο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι πριν την υλοποίηση της έρευνας κανένας μαθητής δεν είχε διδαχθεί το κεφάλαιο της εννοιολογικής περιοχής του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα.

### 4.3 Ερευνητική διαδικασία

Η έρευνα που πραγματοποιήθηκε ήταν ποσοτική και διεξήχθη σε δύο συνολικά φάσεις.

Στην πρώτη φάση, συγκροτήθηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο είχε δύο μέρη και το εκπαιδευτικό υλικό. Το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου διερευνούσε τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την έννοια της δύναμης και τη κίνηση και το δεύτερο εξέταζε τις πρακτικές των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη. Επίσης, συγκροτήθηκε εκπαιδευτικό υλικό για τη διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων για τη συγκεκριμένη εννοιολογική περιοχή και την ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη.

Στη δεύτερη φάση, πραγματοποιήθηκε τόσο η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου από τους μαθητές που αποτελούσαν την Π.Ο. (πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση) όσο και η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε. Πριν την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού έγινε η διεξαγωγή ενός εισαγωγικού μαθήματος, που αφορούσε στην κατανόηση της έννοιας της δύναμης, της κίνησης και της ταχύτητας. Έγινε, επίσης, επίδειξη του περιβάλλοντος του λογισμικού IP (Interactive Physics) από τον ερευνητή στους μαθητές προκειμένου να εξοικειωθούν με αυτό για την εύκολη χρησιμοποίηση του κατά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού.

Παράλληλα η ίδια διαδικασία της συμπλήρωσης των ερωτηματολογίων πριν και μετά τη διδασκαλία ακολουθήθηκε από τους 32 μαθητές του τμήματος της ομάδας ελέγχου (Ο.Ε.), όπου η διδασκαλία βασίστηκε στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου με χρήση του ίδιου εκπαιδευτικού λογισμικού.

### 4.4 Το εκπαιδευτικό υλικό

#### α. Η συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού

Το υλικό (βλ. Παράρτημα 2) για την τροποποίηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και κίνηση και την ανάπτυξη από τους μαθητές που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη, σχεδιάστηκε από τον ερευνητή για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Η συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού βασίστηκε στις αρχές της εποικοδομητικής προσέγγισης για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Συγκεκριμένα, το εκπαιδευτικό υλικό αποτελείται από τρεις ενότητες. Το πρώτο φύλλο εργασίας του διδακτικού υλικού αποτελείται από 7 δραστηριότητες, το δεύτερο φύλλο εργασίας από 5 δραστηριότητες και το τρίτο φύλλο εργασίας από 4 δραστηριότητες όπου ακολουθούνται οι πέντε φάσεις του μαθησιακού μοντέλου 5E (Bybee et al., 2006). Πιο συγκεκριμένα, οι φάσεις είναι οι ακόλουθες: Ενεργοποίηση, Διερεύνηση, Εξήγηση, Εφαρμογή και Αξιολόγηση.

#### Ενεργοποίηση

Η πρώτη φάση είχε ως στόχους την πρόκληση του ενδιαφέροντος των μαθητών, την ανάδειξη των αρχικών τους αντιλήψεων και τη διατύπωση ερωτημάτων για έρευνα. Οι μαθητές εργάστηκαν ατομικά και κατέγραψαν τις απαντήσεις τους. Στη συνέχεια, συζήτησαν με τους συμμαθητές της ομάδας τους και συνέκριναν τις απαντήσεις τους. Οι αντιπρόσωποι των ομάδων ανακοίνωσαν τα αποτελέσματα των συζητήσεων στο σύνολο των μαθητών. Η φάση αυτή ολοκληρώθηκε με συζήτηση των μαθητών σε επίπεδο τάξης και τη διατύπωση από πλευράς μαθητών ερωτημάτων για έρευνα. Στη φάση της Ενεργοποίησης οι μαθητές σαν αφόρμηση παρατηρούσαν μια εικόνα και απαντούσαν σε κάποιες εισαγωγικές ερωτήσεις όπου μετά συζητούσαν τις απαντήσεις τους με τα μέλη της ομάδας τους, αφού πρώτα έγραφαν και αιτιολογούσαν την δική τους άποψη. Με τον τρόπο αυτό καταγράφονταν οι αντιλήψεις της κάθε ομάδας στα φύλλα εργασίας, τα οποία ανακοινώνονταν στο σύνολο της τάξης (δραστηριότητες 1,8,13).

### **Διερεύνηση**

Η δεύτερη φάση αποσκοπούσε στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας από τους μαθητές με απώτερο στόχο την απάντηση των ερωτημάτων που είχαν θέσει. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές σχεδίασαν και πραγματοποίησαν έρευνες, με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων που υπήρχαν στα φύλλα εργασίας τους (βλ. Σχήμα 4.1). Σε κάθε έρευνα διατύπωναν το ερώτημα, πρόβαιναν σε υποθέσεις, αναγνώριζαν τις μεταβλητές που υπεισέρχονταν στην έρευνα, εντόπιζαν την ανεξάρτητη μεταβλητή, την εξαρτημένη μεταβλητή και τις μεταβλητές ελέγχου, περιέγραφαν την πειραματική διαδικασία που θα ακολουθήσουν, συνέλεξαν τα υλικά, εκτελούσαν τα πειράματα είτε με φυσικά υλικά είτε μέσω εκπαιδευτικού λογισμικού και κατέγραφαν σε πίνακες τα δεδομένα.

Ειδικότερα, στη φάση της Διερεύνησης οι μαθητές διατύπωναν το ερευνητικό ερώτημα και κατόπιν σχεδίαζαν και πραγματοποιούσαν έρευνα με τη βοήθεια του λογισμικού Interactive Physics και συνέλεξαν δεδομένα συμπληρώνοντας πίνακες (δραστηριότητες 2,9,14).

<u>Σχεδίαση της έρευνας</u>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τι πρόκειται να ερευνήσουμε;</li> <li>• Ποια είναι οι απόψεις μας;</li> <li>• Συμπληρώνουμε τον πίνακα.</li> </ul>		
Τι αλλάζουμε;	Τι κρατούμε ίδια;	Τι ελέγχουμε;
<u>Πραγματοποίηση της έρευνας</u>		
Τι χρειαζόμαστε; Τι θα κάνουμε; Βήμα 1: ... Βήμα 2: ... Παρουσιάζουμε τα αποτελέσματα σε ένα πίνακα.		
<u>Συμπεράσματα</u>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Τι διαπιστώσαμε από την έρευνα που κάναμε;</li> <li>• Αυτό που διαπιστώσαμε ήταν αυτό που περιμέναμε;</li> <li>• Τι δυσκολίες συναντήσαμε σε αυτή την έρευνα;</li> <li>• Πώς μπορούμε να βελτιώσουμε την έρευνα αυτή;</li> <li>• Τι άλλο θέλουμε να ερευνήσουμε;</li> </ul>		

**Σχήμα 4.1:** Το γενικό φύλλο εργασίας για σχεδίαση ερευνών (Σκουμιός & Μουτζούρη, 2016)

## Εξήγηση

Η τρίτη φάση είχε σαν στόχο οι μαθητές να επεξεργαστούν τα δεδομένα από τους πίνακες, να αναγνωρίσουν τάσεις στα δεδομένα, να εξάγουν από αυτούς συμπεράσματα και να τα συγκρίνουν με τις αρχικές τους προβλέψεις. Στη φάση αυτή επιδιώχθηκε, με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, οι μαθητές να συγκροτήσουν εξηγήσεις βασισμένες στα δεδομένα που συνέλεξαν (δραστηριότητες 2,9,14).

## Εφαρμογή

Η φάση αυτή επεδίωκε την εφαρμογή της γνώσης που απέκτησαν οι μαθητές σε νέα προβλήματα και την ανατροφοδότηση των μαθητών. Ειδικότερα, οι μαθητές επεξεργάστηκαν προβλήματα διαφορετικά σε σχέση με αυτά που είχαν αρχικά διαπραγματευτεί. Κατά την υλοποίηση αυτών των δραστηριοτήτων οι μαθητές συζήτησαν τις απαντήσεις τους με τους συμμαθητές τους και όπου υπήρχαν διαφωνίες προέβαιναν σε εκτέλεση πειραμάτων και αντιπαράθεση ιδεών με τους συμμαθητές τους (δραστηριότητες 3,4,5,6,10,11,15).

## Αξιολόγηση

Η φάση αυτή αποσκοπούσε στον αναστοχασμό των μαθητών πάνω στη μαθησιακή διαδικασία που ακολουθήθηκε. Αρχικά, ζητήθηκε από τους μαθητές να μελετήσουν τις απαντήσεις τους, σε ερωτήσεις που είχαν επεξεργαστεί στο παρελθόν στο πλαίσιο προβλημάτων που τους είχαν τεθεί στην αρχική φάση της διδασκαλίας. Οι μαθητές κλήθηκαν να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις με



τις τρέχουσες απαντήσεις τους. Συζήτησαν τις όποιες ομοιότητες ή διαφοροποιήσεις μεταξύ των απαντήσεών τους με τους συμμαθητές της ομάδας τους (δραστηριότητες 7,12,16)

## β. Οι δραστηριότητες του Εκπαιδευτικού Υλικού που συγκροτήθηκε

Στη συνέχεια περιγράφονται αναλυτικά οι δραστηριότητες του διδακτικού υλικού χωρισμένες σε φάσεις σύμφωνα με το μαθησιακό μοντέλο 5E.

### Διδασκαλία 1:

Επιδιωκόμενος στόχος: Η δύναμη είναι ανάλογη της επιτάχυνσης.

Περιγραφή Δραστηριοτήτων: Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι 5 φάσεις του μοντέλου 5E με τις αντίστοιχες δραστηριότητες του 1<sup>ου</sup> φύλλου εργασίας και τις αντίστοιχες υποκατηγορίες των επιστημονικών πρακτικών που αφορούν την σχεδίαση και πραγματοποίησης έρευνας καθώς και την χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης.

**Πίνακας 4.1** Αντιστοίχιση φάσεων-δραστηριοτήτων και πρακτικών

Φάσεις διδασκαλίας	Δραστηριότητες	Επιστημονικές πρακτικές
Ενεργοποίηση	1	Υποβολή ερωτημάτων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.
Διερεύνηση	2	Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.
Εξήγηση	2	Συγκρότηση εξηγήσεων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.
Εφαρμογή	3,4,5,6	Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Συγκρότηση εξηγήσεων. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία.
Αξιολόγηση	7	Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

### Φάση 1: Ενεργοποίηση

Οι μαθητές, με αφορμή μια φωτογραφία, στην οποία απεικονίζεται ένα μηχανοκίνητο έλκρηρο στο χιόνι (θεωρούμε ότι δεν υπάρχουν τριβές), όπου ο οδηγός του κρατά σταθερό το γκάτζι ενεργώντας έτσι μια σταθερή δύναμη, καλούνται να απαντήσουν τι θα γίνει αν διπλασιαστεί η δύναμη (δραστηριότητα 1). Ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να εργαστούν μόνοι τους και να προβλέψουν τι θα συμβεί, δικαιολογώντας την άποψή τους. Αυτό που έπρεπε να προβλέψουν οι

μαθητές είναι εάν θα διπλασιαστεί η ταχύτητα ή η επιτάχυνση ή εάν θα παραμείνουν σταθερές και οι δύο. Σαν επόμενο βήμα, οι μαθητές, στα πλαίσια της ομάδας τους, συζητούν μεταξύ τους και εντοπίζουν τυχόν διαφορετικές απόψεις. Οι μαθητές-αντιπρόσωποι των ομάδων εργασίας, ομαδοποιούν τις απαντήσεις των συμμαθητών τους και τις ανακοινώνουν στα υπόλοιπα μέλη της τάξης. Ο εκπαιδευτικός ομαδοποιεί τις διαφορετικές αντιλήψεις των μαθητών και τους προτρέπει να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα.

### **Φάση 2: Διερεύνηση**

Η κάθε ομάδα με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού σχεδιάζει και πραγματοποιεί έρευνα. Ειδικότερα, διατυπώνει το ερευνητικό ερώτημα και κάνει την υπόθεσή της γράφοντας και αιτιολογώντας την άποψή της. Κατόπιν, προχωρούν στη σχεδίαση της έρευνας αναγνωρίζοντας τις μεταβλητές (ανεξάρτητη και εξαρτημένη), όπως και τη μεταβλητή ή μεταβλητές που διατηρούν σταθερή (δραστηριότητα 2). Ανοίγοντας το λογισμικό Interactive Physics επιλέγουν την προσομοίωση 1, όπου εμφανίζεται ένα σώμα που μπορεί να κινείται σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Με τη βοήθεια των οδηγιών που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας πραγματοποιούν την έρευνα που έχουν σχεδιάσει ώστε να απαντήσουν στο ερώτημα τι παθαίνει η επιτάχυνση όταν αυξηθεί η δύναμη.

### **Φάση 3: Εξήγηση**

Η κάθε ομάδα επεξεργάζεται τα δεδομένα που συνέλεξε με τη προσομοίωση, ώστε με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων, (όπως όταν ενεργήσει σταθερή δύναμη στο σώμα τι θα πάθει η ταχύτητα και η επιτάχυνσή του), να συγκρίνουν τις διαπιστώσεις τους (πειραματικά αποτελέσματα) με τις αρχικές τους προβλέψεις και να αναλογιστούν τυχόν δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας (δραστηριότητα 2). Στο σημείο αυτό ζητείται από τους μαθητές να αναπτύξουν πρακτικές μαθηματικής σκέψης σχεδιάζοντας γραφική παράσταση δύναμης και επιτάχυνσης με τα δεδομένα του πίνακα που έχουν συλλέξει και να βγάλουν ποσοτικές και ποιοτικές σχέσεις για τη δύναμη και την επιτάχυνση.

### **Φάση 4: Εφαρμογή**

Οι μαθητές στο σημείο αυτό πηγαίνουν ένα βήμα παρακάτω και επεξεργάζονται ένα διαφορετικού είδους πρόβλημα, κατά το οποίο ένας άνθρωπος ασκεί μια δύναμη  $F$  σε ένα κιβώτιο που βρίσκεται στο χιόνι και αυτό αποκτά επιτάχυνση  $a$ . Το ερώτημα που έχουν να διερευνήσουν είναι τι θα πάθει η ταχύτητά του (δραστηριότητα 3). Το πρόβλημα αυτό είναι διαφορετικό από αυτά που έχουν επεξεργαστεί αφού η δύναμη παραμένει σταθερή.

Στη συνέχεια, ένας άνθρωπος σπρώχνει ένα χαλασμένο αυτοκίνητο με σταθερή οριζόντια δύναμη σε δρόμο που δεν εμφανίζει τριβές και σε κάποια στιγμή το αφήνει. Ζητείται λοιπόν από τους μαθητές να απαντήσουν τι θα πάθει η ταχύτητά του (δραστηριότητα 4) και να αιτιολογήσουν την απάντησή τους. Το πρόβλημα αυτό είναι διαφορετικό από αυτά που έχουν επεξεργαστεί αφού δεν ασκείται δύναμη από τον άνθρωπο παρα μόνο η τριβή από το έδαφος.

Δίνεται, επίσης, το πρόβλημα στους μαθητές με τον Κώστα και τη Φανή που παίζουν Air hockey όπου ο Κώστας κτυπάει το δίσκο με διπλάσια δύναμη προκειμένου να βάλει γκολ στη Φανή και ζητείται να απαντήσουν τί θα πάθει η ταχύτητα και η επιτάχυνσή του δίσκου (δραστηριότητα 5). Το πρόβλημα αυτό είναι διαφορετικό από αυτά που έχουν επεξεργαστεί αφού η δύναμη εφαρμόζεται στο σώμα μόνο τη στιγμή της επαφής με το δίσκο.

Κατόπιν, δίνεται ένας γεωστατικός δορυφόρος που κινείται με σταθερή ταχύτητα γύρω από τη Γη, και κάποια στιγμή ασκείται πάνω του σταθερή δύναμη κάθετη στη διεύθυνση κίνησης του και τους ζητείται να απαντήσουν τί θα πάθει η ταχύτητα και η επιτάχυνσή του (Δραστηριότητα 6). Το πρόβλημα αυτό είναι διαφορετικό από αυτά που έχουν επεξεργαστεί αφού η δύναμη εφαρμόζεται κάθετα ως προς τη διεύθυνση της ταχύτητας του σώματος. Σε κάθε μια από τις παραπάνω δραστηριότητες ζητείται από τους μαθητές να σχεδιάζουν τη δύναμη και την επιτάχυνση που αποκτούν τα σώματα.

### **Φάση 5: Αξιολόγηση**

Οι μαθητές σε αυτή τη φάση καλούνται να απαντήσουν ξανά το αρχικό ερώτημα που είχαν ήδη απαντήσει στη φάση της ενεργοποίησης, ζητώντας τους να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις με τις τρέχουσες, όσον αφορά το τί θα πάθει η ταχύτητα και η επιτάχυνση εάν διπλασιαστεί η δύναμη που ασκείται στο μηχανοκίνητο έλκκητρο (δραστηριότητα 7). Επίσης, τους ζητείται να αναλογιστούν τι ήταν αυτό που τους δυσκόλεψε και τους οδήγησε σε εσφαλμένες αντιλήψεις.

### **Διδασκαλία 2:**

Επιδιωκόμενος στόχος: Η μάζα είναι αντιστρόφως ανάλογη με την επιτάχυνση.

Περιγραφή Δραστηριοτήτων: Στον Πίνακα 4.2 παρουσιάζονται οι 5 φάσεις του μοντέλου 5E με τις αντίστοιχες δραστηριότητες του 2<sup>ου</sup> φύλλου εργασίας και τις αντίστοιχες υποκατηγορίες των επιστημονικών πρακτικών που αφορούν την σχεδίαση και πραγματοποίησης έρευνας καθώς και την χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης.

**Πίνακας 4.2** Αντιστοίχιση φάσεων-δραστηριοτήτων και πρακτικών

<b>Φάσεις διδασκαλίας</b>	<b>Δραστηριότητες</b>	<b>Επιστημονικές πρακτικές</b>
Ενεργοποίηση	8	Υποβολή ερωτημάτων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.
Διερεύνηση	9	Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.
Εξήγηση	9	Συγκρότηση εξηγήσεων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.
Εφαρμογή	10,11	Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Συγκρότηση εξηγήσεων. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία.
Αξιολόγηση	12	Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

### **Φάση 1: Ενεργοποίηση**

Οι μαθητές αρχικά σαν αφόρμηση βλέπουν μια εικόνα που δείχνει δύο μηχανοκίνητα έλκηθρα στο χιόνι ,όπου στο ένα ο οδηγός κουβαλάει ένα σακί και στο άλλο κουβαλάει δυο σακιά, ασκώντας σταθερή δύναμη με το γκάζι και στις δύο περιπτώσεις και ζητείται να επιλέξουν αν η επιτάχυνση μείνει ίδια ή θα μειωθεί στο μισό, ή η ταχύτητα παραμένει η ίδια (δραστηριότητα 8).Οι μαθητές, αφού επιλέξουν μια απάντηση, πρέπει να αιτιολογήσουν γραπτά την πρόβλεψή τους και στη συνέχεια, κάθε μαθητής ανακοινώνει τις απαντήσεις του στα μέλη της ομάδας του και ακολουθεί συζήτηση.Οι απαντήσεις ομαδοποιούνται και ανακοινώνονται από έναν αντιπρόσωπο της ομάδας και στην υπόλοιπη τάξη.

### **Φάση 2: Διερεύνηση**

Οι μαθητές σε αυτό το σημείο διατυπώνουν το ερευνητικό ερώτημα για να προχωρήσουν στην πραγματοποίηση της έρευνας.Γράφουν την άποψή τους αιτιολογώντας της και κατόπιν αναγνωρίζουν τη μάζα σαν ανεξάρτητη μεταβλητή ,την επιτάχυνση σαν εξαρτημένη μεταβλητή και κρατούν αμετάβλητη τη δύναμη (δραστηριότητα 9).Ανοίγοντας το λογισμικό Interactive Physics στην προσομοίωση 2,εμφανίζεται ένα σώμα που κινείται σε λείο οριζόντιο επίπεδο ενεργώντας πάνω του

σταθερή δύναμη  $F$  και ορίζουμε τις ίδιες ρυθμίσεις που κάναμε και στη προσομοίωση 1. Κατόπιν, ξεκινά η συλλογή δεδομένων με τη συμπλήρωση πίνακα θέτοντας διάφορες τιμές στη μάζα και παίρνοντας αντίστοιχες τιμές για την επιτάχυνση. Με τη βοήθεια των οδηγιών που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας πραγματοποιούν την έρευνα που έχουν σχεδιάσει ώστε να απαντήσουν στο ερώτημα τί παθαίνει η επιτάχυνση όταν αυξηθεί η μάζα.

### **Φάση 3: Εξήγηση**

Η κάθε ομάδα επεξεργάζεται τα δεδομένα που συνέλεξε με την προσομοίωση, ώστε με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων, (όπως όταν ενεργήσει σταθερή δύναμη στο σώμα και η μάζα του μεγαλώνει τί θα πάθει η επιτάχυνσή και τί η ταχύτητά του), να συγκρίνουν τις διαπιστώσεις τους (πειραματικά αποτελέσματα) με τις αρχικές τους προβλέψεις και να αναλογιστούν τυχόν δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας (δραστηριότητα 9). Στο σημείο αυτό ζητείται από τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες στη μαθηματική σκέψη, σχεδιάζοντας γραφική παράσταση μάζας και επιτάχυνσης και να αναγνωρίσουν ποσοτικές σχέσεις μεταξύ της μάζας και επιτάχυνσης.

### **Φάση 4: Εφαρμογή**

Στη φάση αυτή οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν τις αντιλήψεις που απέκτησαν στην προηγούμενη φάση σε νέες καταστάσεις. Στην πρώτη δραστηριότητα αυτής της φάσης, ένας άνθρωπος σε ένα σκίτσο ασκεί δύναμη σε ένα κιβώτιο και στο διπλανό σκίτσο ασκεί την ίδια δύναμη σε δυο κιβώτια και ζητείται σε ποια περίπτωση θα έχουμε μεγαλύτερη επιτάχυνση και να το αιτιολογήσουν (δραστηριότητα 10). Το πρόβλημα αυτό είναι διαφορετικό από αυτά που έχουν επεξεργαστεί αφού τα σώματα δεν κινούνται σε λείο επίπεδο αλλά υπάρχουν τριβές.

Στη δεύτερη, υπάρχει μια εικόνα όπου φαίνονται δυο δίσκοι του χόκευ πάνω σε λείο τραπέζι, όπου ο ένας έχει διπλάσια μάζα από τον άλλο και εφαρμόζουμε και στους δυο σταθερές ίσες δυνάμεις. Ζητείται από τους μαθητές να συμφωνήσουν με μια από τις προτάσεις που αναφέρονται για τη σχέση επιτάχυνσης και ταχύτητας μεταξύ των δυο, αιτιολογώντας την απάντησή τους (δραστηριότητα 11). Το πρόβλημα αυτό είναι διαφορετικό από αυτά που έχουν επεξεργαστεί αφού τα δύο σώματα έχουν τις ίδιες διαστάσεις.

### **Φάση 5: Αξιολόγηση**

Οι μαθητές εδώ καλούνται να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις για το τί θα πάθει η επιτάχυνση του ελκίθρου αν διπλασιάσουμε τα σακιά που κουβαλάει ασκώντας σταθερή δύναμη, με τις νέες τους απόψεις (δραστηριότητα 12) και να αναλογιστούν, τι τους είχε δυσκολέψει, τι ήταν αυτό που τους εμπόδιζε να καταλάβουν και τι τους βοήθησε τελικά να αλλάξουν αντιλήψεις.

### Διδασκαλία 3:

Επιδιωκόμενος στόχος: Η συνισταμένη δύναμη έχει την ίδια κατεύθυνση με την επιτάχυνση.

Περιγραφή Δραστηριοτήτων: Στον Πίνακα 4.1 παρουσιάζονται οι 5 φάσεις του μοντέλου 5E με τις αντίστοιχες δραστηριότητες του 3<sup>ου</sup> φύλλου εργασίας και τις αντίστοιχες υποκατηγορίες των επιστημονικών πρακτικών που αφορούν την σχεδίαση και πραγματοποίησης έρευνας καθώς και την χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης.

**Πίνακας 4.3** Αντιστοίχιση φάσεων-δραστηριοτήτων και πρακτικών

Φάσεις διδασκαλίας	Δραστηριότητες	Επιστημονικές πρακτικές
Ενεργοποίηση	13	Υποβολή ερωτημάτων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.
Διερεύνηση	14	Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.
Εξήγηση	14	Συγκρότηση εξηγήσεων. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων.
Εφαρμογή	15	Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης. Συγκρότηση εξηγήσεων. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία.
Αξιολόγηση	16	Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

#### Φάση 1: Ενεργοποίηση

Οι μαθητές, με αφορμή μια εικόνα που δείχνει ένα σώμα στο οποίο ασκούνται δυο άνισες αντίρροπες δυνάμεις, καλούνται να απαντήσουν ποια νομίζουν ότι είναι η σχέση της κατεύθυνσης της επιτάχυνσης με την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης και να αιτιολογήσουν γραπτά την απάντησή τους (δραστηριότητα 13). Αρχικά, εργάζονται μόνοι τους και κατόπιν, απαντώντας σε ερωτήσεις του ερευνητή, δίνουν τη δυνατότητα να εντοπίσει τις αντιλήψεις τους. Κατόπιν, συζητώντας με τους συμμαθητές τους αντιλαμβάνονται ότι δεν έχουν όλοι την ίδια άποψη.

## **Φάση 2: Διερεύνηση**

Στη φάση αυτή, οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες και καθορίζουν από κοινού το ερώτημα που θα ερευνήσουν στη συνέχεια. Αφού διατυπώσουν την άποψή τους και την αιτιολογήσουν γραπτά, αναγνωρίζουν τις μεταβλητές: τη δύναμη σαν ανεξάρτητη, την επιτάχυνση σαν εξαρτημένη και διατηρώντας σταθερή τη μάζα, ξεκινά η πραγματοποίηση έρευνας συμπληρώνοντας πίνακα τιμών ανοίγοντας τη προσομοίωση 2, μέσω του λογισμικού Interactive Physics (δραστηριότητα 14). Δίνοντας διάφορες τιμές στις δυνάμεις, για σταθερή τιμή της μάζας παίρνουν τιμές της επιτάχυνσης και συμπληρώνουν και την τιμή του λόγου  $\Sigma F/m$ . Με τη βοήθεια των οδηγιών που υπάρχουν στο φύλλο εργασίας πραγματοποιούν την έρευνα που έχουν σχεδιάσει ώστε να απαντήσουν στο ερώτημα τί σχέση έχει η συνισταμένη δύναμη με την κατεύθυνση της επιτάχυνσης.

## **Φάση 3: Εξήγηση**

Η κάθε ομάδα επεξεργάζεται τα δεδομένα που συνέλεξε με την προσομοίωση, ώστε με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων, όπως αν αυξήσουμε την  $\Sigma F$  που ασκείται στο σώμα τί θα πάθει η επιτάχυνση, επίσης τί είδους κίνηση κάνει το σώμα εάν  $\Sigma F > 0$ , να συγκρίνουν τα πειραματικά τους αποτελέσματα με τις αρχικές τους προβλέψεις και να αναλογιστούν τυχόν δυσκολίες που προέκυψαν κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της έρευνας τους (δραστηριότητα 14). Στο σημείο αυτό, ζητείται από τους μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες στη μαθηματική σκέψη, σχεδιάζοντας γραφική παράσταση συνισταμένης δύναμης  $\Sigma F$  και επιτάχυνσης και να αναγνωρίσουν ποσοτικές σχέσεις μεταξύ τους.

## **Φάση 4: Εφαρμογή**

Στη φάση αυτή, οι μαθητές καλούνται να εφαρμόσουν τις αντιλήψεις που απέκτησαν στην προηγούμενη φάση σε νέες καταστάσεις, όπως δίνεται μια εικόνα με ένα σώμα βάρους 10N που το τραβάμε με σχοινί προς τα πάνω με δύναμη 20N και ζητείται να αιτιολογήσουν κάποιες προτάσεις με  $\Sigma$  (Σωστό) ή  $\Lambda$  (Λάθος), όσον αφορά τη σχέση της συνισταμένης δύναμης με την επιτάχυνση. Κατόπιν, ζητείται να σχεδιάσουν τη συνισταμένη δύναμη και την επιτάχυνση (δραστηριότητα 15). Οι μαθητές, μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας, συζητούν τις απαντήσεις τους με τα μέλη της ομάδας τους. Το πρόβλημα αυτό είναι διαφορετικό από αυτά που έχουν επεξεργαστεί αφού το σώμα κινείται κατακόρυφα.

## **Φάση 5: Αξιολόγηση**

Οι μαθητές, σε αυτή τη φάση καλούνται να συγκρίνουν τις αρχικές τους απαντήσεις για το ποια είναι η σχέση της κατεύθυνσης της επιτάχυνσης με την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης σε ένα σώμα που ασκούνται δυο άνισες αντίρροπες δυνάμεις με τις νέες τους απόψεις (δραστηριότητα 16) και να αναλογιστούν, τι τους είχε δυσκολέψει, τι ήταν αυτό που τους εμπόδιζε να καταλάβουν και τι

τους βοήθησε τελικά να αλλάξουν αντιλήψεις, όπως και να σχεδιάσουν ξανά τις κατευθύνσεις της ΣΦ και της επιτάχυνσης.

Το εκπαιδευτικό υλικό αυτό εφαρμόστηκε στην πειραματική ομάδα είναι το λογισμικό Interactive Physics, ενώ στην ομάδα ελέγχου έγινε η χρήση αποκλειστικά του σχολικού εγχειριδίου << Φυσική Α΄ Λυκείου>> για την εννοιολογική περοχή του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα.

## **4.5 Ερευνητικά εργαλεία συλλογής δεδομένων**

Η ενότητα αυτή χωρίζεται σε δυο επιμέρους υπο-ενότητες. Στην πρώτη υπο-ενότητα αιτιολογείται η επιλογή του ερωτηματολογίου ως εργαλείο συλλογής των δεδομένων(υπο-παράγραφος 4.5.1.). Στη δεύτερη υπο-ενότητα (υπο-παράγραφος 4.5.2.)περιγράφεται το μέρος του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία για την ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και τη κίνηση (υπο-παράγραφος 4.5.2α.). και στην (υπο-παράγραφος 4.5.2β.) παρουσιάζεται το μέρος του ερωτηματολογίου που σαν σκοπό είχε τη μελέτη των δεξιοτήτων των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη.

### **4.5.1. Η επιλογή του ερωτηματολογίου**

Ο εντοπισμός των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και κίνηση των σωμάτων έγινε με τη μορφή ερωτηματολογίου.

Το ερωτηματολόγιο, εργαλείο με το οποίο ασχοληθήκαμε και στην παρούσα έρευνα, είναι ευρέως γνωστό και χρήσιμο εργαλείο για τη συλλογή πληροφοριών (Cohen, Manion & Morisson, 2000). Αποτελεί ένα τυποποιημένο σχέδιο για τη συλλογή και την καταγραφή εξειδικευμένης και συναφούς με ένα θέμα πληροφόρησης με σχετική ακρίβεια και πληρότητα.Με άλλα λόγια, καθοδηγεί τη διαδικασία συλλογής των πληροφοριών και προωθεί την καταγραφή τους με συστηματικό τρόπο (Luck & Rubin, 1987).

Το ερωτηματολόγιο είναι ένα ερευνητικό εργαλείο το οποίο αποτελεί μια προσφιλή, στους ερευνητές, τεχνική έρευνας, γιατί συγκεντρώνει αρκετά πλεονεκτήματα που το καθιστούν σημαντικό.Συγκεκριμένα, πολλοί εξεταζόμενοι μπορεί να ερωτηθούν ταυτόχρονα, ακόμα και άτομα σε απομακρυσμένες περιοχές.Οι απαντήσεις τους μπορούν εύκολα να ομαδοποιηθούν σε πίνακες και να ποσοτικοποιηθούν.Επίσης, είναι πιο οικονομικό μέσο από τη συνέντευξη.Επιπλέον, θεωρείται αξιόπιστο επειδή ενθαρρύνει μια πιο ειλικρινή έκφραση των σκέψεων των μαθητών, ενέχει λιγότερες πηγές σφάλματος και με τη χρήση του επιτυγχάνεται η καταγραφή πολλών παρατηρήσεων και πληροφοριών σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα (Cohen & Manion, 1997).



#### **4.5.2. Το ερωτηματολόγιο**

Το ερωτηματολόγιο που συγκροτήθηκε αποτελείται από δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος ερευνώνται οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και την κίνηση των σωμάτων, ενώ στο δεύτερο μέρος ερευνώνται οι πρακτικές των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη.

Η εξασφάλιση της εγκυρότητας του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα επιχειρήθηκε στα πρώιμα στάδια της παρούσας μελέτης, μέσω της ανασκόπησης της βιβλιογραφίας, της ανάλυσης του ερωτηματολογίου και της επανεξέτασης και επαναδιατύπωσης των ερωτήσεων μέσα από τον πιλοτικό έλεγχο που προηγήθηκε. Η εγκυρότητα ενός ερωτηματολογίου αφορά στον βαθμό, στον οποίο το ερωτηματολόγιο μετρά την έννοια ή, αλλιώς, τη μεταβλητή την οποία διατείνεται ότι μετρά. Η αύξηση της εγκυρότητας ενός ερωτηματολογίου συνεπάγεται τη μείωση του συστηματικού σφάλματος (Γαλάνης, 2012)

Η κατασκευή του ερωτηματολογίου ολοκληρώθηκε σε δυο φάσεις. Αρχικά δόθηκε σε δυο εκπαιδευτικούς και σε ερευνητές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ώστε να ελεγχθεί για τυχόν ελλείψεις ή ασάφειες. Στη δεύτερη φάση δόθηκε σε 4 μαθητές ώστε να αξιολογηθεί η αναγνωσιμότητά του και αν υπάρχουν σημεία που οι μαθητές δεν μπορούσαν να καταλάβουν. Σύμφωνα με αυτές τις παρατηρήσεις, έγιναν διορθώσεις και έτσι το ερωτηματολόγιο πήρε την τελική του μορφή.

##### **α. Το μέρος του ερωτηματολογίου για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και κίνηση των σωμάτων.**

Το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου για τη μελέτη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και κίνηση συντάχθηκε από τον ερευνητή για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Η συγκρότησή του έγινε με βάση τους στόχους της έρευνας, και σκοπός του ήταν η ποσοτική καταγραφή των ζητημάτων της έρευνας καθώς και του επιπέδου κατανόησης των μαθητών, γι' αυτό διαμορφώθηκε με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να συνδυάζει ερωτήσεις διαφορετικού τύπου (κλειστού-ανοιχτού τύπου).

Συγκεκριμένα, οι ερωτήσεις αποτελούνταν από δυο σκέλη. Στο πρώτο σκέλος οι μαθητές καλούνταν να επιλέξουν τη μια και μοναδική σωστή απάντηση μέσα από μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής (κλειστού τύπου), ενώ στο δεύτερο σκέλος οι μαθητές έπρεπε να δικαιολογήσουν την απάντησή τους (ανοιχτού τύπου), με σκοπό να αποφευχθεί η περίπτωση της τυχαίας επιλογής. Πρέπει να σημειωθεί ότι η κάθε ερώτηση συνοδευόταν από μια βοηθητική εικόνα, ενώ η λεκτική διατύπωση των ερωτήσεων ήταν όσο το δυνατόν απλούστερη χωρίς δυσνόητους επιστημονικούς όρους.

Όσον αφορά τη δομή του ερωτηματολογίου, αρχικά καταγράφονταν κάποια βασικά χαρακτηριστικά του δείγματος (ονοματεπώνυμο, τάξη) τα οποία ήταν απαραίτητα για την ευκολότερη επεξεργασία των δεδομένων.

Στην συνέχεια, ακολουθούσαν οι 5 πρώτες ερωτήσεις που αφορούσαν τη δύναμη και την κίνηση, οι οποίες σχετίζονται με τις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές. Αυτά που αναδεικνύουν οι ερωτήσεις είναι

τα ακόλουθα: Σταθερή ταχύτητα προϋποθέτει και σταθερή δύναμη (Ερώτηση 1), κάθε κίνηση προϋποθέτει τη δράση μιας δύναμης στη διεύθυνσή της (Ερώτηση 2), η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας (Ερώτηση 3 και 5), η σχέση μάζας και επιτάχυνσης δεν σχετίζεται με καμιά αντίληψη (Ερώτηση 4).

Στον Πίνακα 4.4 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις που αντιστοιχούν στις αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη και κίνηση των σωμάτων με τα αντίστοιχα ζητήματα.

**Πίνακας 4.4** Αντιστοίχιση ζητημάτων προς διερεύνηση, αντιλήψεων μαθητών και ερωτήσεων του ερωτηματολογίου

<b>Ζητήματα</b>	<b>Πιθανές αντιλήψεις μαθητών</b>	<b>Ερωτήσεις</b>
Σχέση δύναμης και ταχύτητας	Σταθερή ταχύτητα προϋποθέτει και σταθερή δύναμη	1
Κατεύθυνση δύναμης και κίνησης	Κάθε κίνηση προϋποθέτει τη δράση μιας δύναμης στην διεύθυνσή της	2
Σχέση δύναμης και επιτάχυνσης	Η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας	3,5
Σχέση μάζας και επιτάχυνσης	Η επιτάχυνση είναι ανάλογη με τη μάζα του σώματος	4

Παρακάτω παρουσιάζονται οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (βλ. Παράρτημα 1) και ο στόχος κάθε ερώτησης.

**Ερώτηση 1:** Ένας άνθρωπος τραβά το κιβώτιο με μια σταθερή δύναμη με αποτέλεσμα αυτό να κινείται με σταθερή ταχύτητα. Ζητάμε από τους μαθητές να επιλέξουν την σωστή απάντηση όσον αφορά την τιμή της σταθερής δύναμης που ασκεί ο άνθρωπος, με στόχο να εντοπίσουμε την αντίληψή τους για τη σχέση δύναμης και ταχύτητας.

**Ερώτηση 2:** Το σχοινί με το οποίο ο άνθρωπος της ερώτησης 1 τραβά το κιβώτιο κόβεται. Ζητάμε από τους μαθητές να απαντήσουν τι θα πάθει η ταχύτητα του κιβωτίου με στόχο να ανιχνεύσουμε την αντίληψη των μαθητών για την σχέση της κίνησης ενός σώματος με την κατεύθυνση της δύναμης που ασκείται σε αυτό.

**Ερώτηση 3:** Ένας άνθρωπος σπρώχνει ένα κιβώτιο με σταθερή οριζόντια δύναμη, με αποτέλεσμα το κιβώτιο να μετακινείται με σταθερή ταχύτητα πάνω σε οριζόντιο δάπεδο. Κατόπιν σπρώχνει το ίδιο κιβώτιο στο ίδιο πάτωμα με σταθερή οριζόντια δύναμη διπλάσια της αρχικής. Ζητάμε από τους

μαθητές να απαντήσουν πως θα κινηθεί τώρα το κιβώτιο με στόχο να ανιχνεύσουμε την αντίληψη τους για τη σχέση της ταχύτητας με τη δύναμη που ασκούμε σε ένα σώμα.

**Ερώτηση 4:** Ένας λείος μικρός δίσκος του χόκεϊ γλιστρά πάνω σε οριζόντιο επίπεδο πάτωμα χωρίς τριβές κατά μήκος μια ευθείας. Κοιτώντας το δίσκο από ψηλά, ζητάμε από τους μαθητές να απαντήσουν τί θα πάθει η ταχύτητα του δίσκου, εάν ασκήσουμε σε αυτόν μια δύναμη  $F$  **κάθετα** στη διεύθυνση κίνησης του, σε όλη τη διάρκεια της κίνησης, με στόχο να ανιχνεύσουμε την αντίληψή τους για τη σχέση αναλογίας της ταχύτητας με τη δύναμη που ασκούμε σε ένα σώμα.

**Ερώτηση 5:** Σε ένα καλά γυαλισμένο δάπεδο ένας άνθρωπος σπρώχνει ένα φορτηγάκι με άδεια καρότσα με μία δύναμη. Στην πορεία της κίνησης του κάποιοι εργάτες ρίχνουν άμμο συνεχώς στην καρότσα του. Ζητάμε από τους μαθητές να απαντήσουν τι θα πάθει η επιτάχυνση και η ταχύτητα του καροτσιού με στόχο να ανιχνεύσουμε την άποψή τους για τη σχέση μάζας και επιτάχυνσης.

**β. Το μέρος του ερωτηματολογίου για τις πρακτικές των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη.**

Το δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου της παρούσας εργασίας είχε σαν στόχο τη μελέτη των πρακτικών των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη. Η συγκρότηση του ερωτηματολογίου έγινε με βάση τις ακόλουθες διαστάσεις των πρακτικών: (α) υποβολή ερώτησης που να μπορεί να διερευνηθεί, (β) εκφορά μιας υπόθεσης βασισμένη σε ένα μοντέλο ή μια θεωρία, (γ) αναγνώριση των μεταβλητών, (δ) εξέταση για το πώς αυτές οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν, (ε) σχεδίαση πλάνων για έρευνα, (στ) οπτική αναπαράσταση των δεδομένων, (ζ) μετασχηματισμός των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα, (η) αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων, (θ) εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων και (ι) εξαγωγή πληροφορίας από διάγραμμα.

Τα ερωτήματα του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου συγκροτήθηκαν με βάση τις εξής δεξιότητες διερεύνησης: υποβολή ερώτησης που μπορεί να διερευνηθεί (Ερώτηση 6), εκφορά μιας υπόθεσης βασισμένη σε ένα μοντέλο ή μια θεωρία (Ερώτηση 7), αναγνώριση μεταβλητών (Ερώτηση 8, Ερώτηση 9), εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν (Ερώτηση 10), σχεδίαση πλάνων για έρευνα (Ερώτηση 11), οπτική αναπαράσταση των δεδομένων (Ερώτηση 12), μετασχηματισμός των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα (Ερώτηση 13), αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων (Ερώτηση 14), εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων (Ερώτηση 15, Ερώτηση 16). Η διατύπωση και το λεξιλόγιο του ερωτηματολογίου ήταν απλό για την καλύτερη δυνατή κατανόηση των ερωτήσεων από τους μαθητές.

Στον Πίνακα 4.5 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις που αντιστοιχούν στην πρακτική που αφορά τη σχεδίαση και πραγματοποίησης έρευνας.

**Πίνακας 4.5** Αντιστοίχιση ερωτήσεων – διαστάσεις της πρακτικής που αφορούν στην σχεδίασης έρευνας

Διαστάσεις της πρακτικής που αφορούν στην σχεδίαση έρευνας	Ερωτήσεις
Υποβολή ερώτησης που μπορεί να διερευνηθεί	6
Εκφορά μιας υπόθεσης	7
Αναγνώριση και έλεγχος μεταβλητών	8,9
Εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν	10
Σχεδίαση πλάνων για έρευνα	11

Στον Πίνακα 4.6 παρουσιάζονται οι ερωτήσεις που αντιστοιχούν στην πρακτική που αφορά την μαθηματική και υπολογιστική σκέψη

**Πίνακας 4.6** Αντιστοίχιση ερωτήσεων – διαστάσεις της πρακτικής που αφορούν την μαθηματική και υπολογιστική σκέψη

Διαστάσεις της πρακτικής που αφορούν τη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης	Ερωτήσεις
Οπτική αναπαράσταση των δεδομένων	12
Μετασχηματισμός των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα	13
Αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων-Εξαγωγή πληροφορίας απο πίνακα δεδομένων	14
Εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων και συμπεράσματος	15
Εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων-Εξαγωγή πληροφορίας απο διάγραμμα	16

Στην συνέχεια, περιγράφονται οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου (βλ.Παράρτημα 1) και ο στόχος κάθε ερώτησης.

**Εισαγωγικό κείμενο:**Στους μαθητές δίνεται η πληροφορία ότι ο Γιάννης και η Μαρία παίζουν στο σαλόνι του σπιτιού τους σπρώχνοντας αυτοκινητάκια και ο Γιάννης πιστεύει ότι τα αυτοκινητάκια κυλούν πιο εύκολα και διανύουν μεγαλύτερη απόσταση (μέχρι να σταματήσουν) στα μάρμαρα του σαλονιού παρά στο χαλί της κρεβατοκάμαρας, ενώ η Μαρία πιστεύει ότι αν σπρώξει τα αυτοκινητάκια αυτά διανύουν μέχρι να σταματήσουν την ίδια απόσταση στα μάρμαρα του σαλονιού και στο χαλί της κρεβατοκάμαρας. Για το λόγο αυτό αποφασίζουν να κάνουν μια έρευνα προκειμένου να διερευνήσουν ποιος έχει δίκιο.

**Ερώτηση 6:**Ζητήθηκε από τους μαθητές να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα που αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη διερεύνηση.

**Ερώτηση 7:** Ζητήθηκε από τους μαθητές να δώσουν μια απάντηση στο ερώτημα που θέλουν να ερευνήσουν με στόχο την εκφορά μιας υπόθεσης

**Ερώτηση 8:** Ζητήθηκε από τους μαθητές να διατυπώσουν ποιος παράγοντας θα πρέπει να μεταβάλλεται στη συγκεκριμένη διερεύνηση. Στόχος της συγκεκριμένης ερώτησης ήταν οι μαθητές να εντοπίσουν την ανεξάρτητη μεταβλητή της έρευνας.

**Ερώτηση 9:** Ζητήθηκε από τους μαθητές να διατυπώσουν ποιοι παράγοντες θα πρέπει να παραμείνουν σταθεροί στη συγκεκριμένη διερεύνηση. Στόχος της συγκεκριμένης ερώτησης ήταν οι μαθητές να εντοπίσουν τις μεταβλητές που θα κρατήσουν σταθερές στην έρευνα.

**Ερώτηση 10:** Ζητήθηκε από τους μαθητές να διατυπώσουν ποιος παράγοντας θα πρέπει να μετρηθεί στη συγκεκριμένη διερεύνηση. Στόχος της συγκεκριμένης ερώτησης ήταν οι μαθητές να εντοπίσουν την εξαρτημένη μεταβλητή της έρευνας.

**Ερώτηση 11:** Ζητήθηκε από τους μαθητές να περιγράψουν την πειραματική διαδικασία, η οποία αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη διερεύνηση.

**Ερώτηση 12:** Ζητήθηκε από τους μαθητές να παρουσιάσουν τα δεδομένα σε πίνακα, με στόχο την οπτική αναπαράσταση των δεδομένων.

**Ερώτηση 13:** Ζητήθηκε από τους μαθητές η γραφική παράσταση των δεδομένων σε διάγραμμα, με στόχο τον μετασχηματισμό των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα.

**Ερώτηση 14:** Ζητήθηκε από τους μαθητές η σχέση ανάμεσα στη θερμοκρασία του νερού με το χρόνο διάλυσης της ζάχαρης μέσα σε αυτό, με στόχο την αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων.

**Ερώτηση 15:** Ζητήθηκε από τους μαθητές να αιτιολογήσουν αν η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει το χρόνο διάλυσης της ζάχαρης σε αυτό, με στόχο την αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων από το διάγραμμα.

**Ερώτηση 16:** Ζητήθηκε από τους μαθητές να παρατηρήσουν τα δεδομένα της γραφικής παράστασης ταχύτητας-χρόνου για δύο σώματα ίσης μάζας και να καταγράψουν σε ποιο από τα δύο ενεργεί μεγαλύτερη δύναμη, με στόχο την εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων.

## **4.6 Συλλογή Δεδομένων**

Αρχικά, δόθηκε στους μαθητές το ερωτηματολόγιο σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη και κίνηση και τις δεξιότητες των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη. Ο χρόνος συμπλήρωσης τους ήταν μια διδακτική ώρα. Όπως ήδη αναφέρθηκε στην ενότητα της Ερευνητικής Διαδικασίας (Ενότητα 4.3), την συμπλήρωση του αρχικού ερωτηματολογίου ακολούθησε η εφαρμογή του διδακτικού υλικού στα τμήματα της Α΄ Λυκείου που αποτελούσαν την Π.Ο.

Η ολοκλήρωση του κάθε φύλλου εργασίας κυμαινόταν κατά μέσο όρο στις δύο διδακτικές ώρες, γι' αυτό και η εφαρμογή του διδακτικού υλικού στο πρώτο τμήμα πραγματοποιήθηκε σε 7 διδασκαλίες (17/11/2017 έως 15/12/2017) και στο δεύτερο τμήμα σε 6 διδασκαλίες (25/11/2017 έως 18/12/2017). Και στις δυο περιπτώσεις, η διεξαγωγή των διδασκαλιών έλαβε χώρα στο εργαστήριο Φυσικής του σχολείου. Κατά τις διδασκαλίες, οι μαθητές εργάζονταν κατά κύριο λόγο σε τετραμελής ομάδες (υπήρξαν και μια τριμελής και δυο διμελής ομάδες). Η κάθε ομάδα είχε στη διάθεσή της ηλεκτρονικό υπολογιστή και τα φύλλα εργασίας του διδακτικού υλικού. Αρχικά, ο κάθε μαθητής εργαζόταν ατομικά πάνω στις δραστηριότητες των φύλλων εργασίας και στη συνέχεια, συζητούσε τις απόψεις του με τα μέλη της ομάδας του. Στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι ο ρόλος του εκπαιδευτικού ήταν κατά βάση ενθαρρυντικός και καθοδηγητικός. Περιοριζόταν απλώς στην διευκόλυνση της διαδικασίας σε περίπτωση που οι μαθητές αντιμετώπιζαν κάποια δυσκολία σε σχέση με το λογισμικό και τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές ή με τη διατύπωση των ερωτήσεων. Οι μαθητές, κατά κύριο λόγο, καθοδηγούνταν από τα φύλλα εργασίας του διδακτικού υλικού.

Μετά το πέρας των διδασκαλιών, δόθηκαν στους μαθητές και πάλι τα ερωτηματολόγια για τις αντιλήψεις των μαθητών σε σχέση με τη δύναμη και κίνηση όπως και για τις δεξιότητες τους που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη, με την ίδια ακριβώς μορφή, που είχαν δοθεί στην αρχή της διδασκαλίας.

Ταυτόχρονα, το ερωτηματολόγιο για τις αντιλήψεις των μαθητών σε σχέση με τη δύναμη και κίνηση όπως και για τις πρακτικές τους που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη, μοιράστηκαν και στους μαθητές, του ίδιου σχολείου, που αποτελούσαν την Ο.Ε., πριν και μετά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου για την εννοιολογική περιοχή του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα.

Τα δεδομένα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν οι απαντήσεις των μαθητών στα αρχικά και στα τελικά ερωτηματολόγια. Πιο συγκεκριμένα, συγκεντρώθηκαν: (α) οι απαντήσεις των μαθητών των δύο τμημάτων που αποτελούσαν την Π.Ο. πριν και μετά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού για τις αντιλήψεις των μαθητών σε σχέση με τη δύναμη και κίνηση, όπως και για τις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας και στη μαθηματική σκέψη (β) οι απαντήσεις των μαθητών του τμήματος που αποτελούσαν την Ο.Ε. πριν και μετά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού που περιλαμβάνεται στο σχολικό εγχειρίδιο.

#### **4.7 Ανάλυση Δεδομένων**

Για την ανάλυση των δεδομένων της παρούσας εργασίας μελετήθηκαν προσεχτικά οι απαντήσεις των μαθητών στα αρχικά και τελικά ερωτηματολόγια.

Πιο συγκεκριμένα, για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μέσα από την εφαρμογή του διδακτικού υλικού της εποικοδομητικής προσέγγισης επικεντρωθήκαμε:

❖ Στις αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη και κίνηση των σωμάτων πριν και μετά την εφαρμογή του διδακτικού υλικού

❖ Στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη

Καθώς το ερωτηματολόγιό μας αποτελούνταν από ανοικτές ερωτήσεις, η κωδικοποίησή τους έγινε σε επίπεδα, με βάση ορισμένους πίνακες.

Για την ανάλυση τους πρώτου μέρους του ερωτηματολογίου (Ερώτηση 1, Ερώτηση 2, Ερώτηση3, Ερώτηση 4, Ερώτηση 5) έγινε κατηγοριοποίηση των απαντήσεων σε επίπεδα 0,1,2 και 3 κάνοντας χρήση του ακόλουθου Πίνακα 4.7.

**Πίνακας 4.7** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών και η περιγραφή τους

<b>Επίπεδα</b>	<b>Περιγραφή</b>
<b>Επίπεδο 0</b>	Ο μαθητής έχει επιλέξει κάποια εναλλακτική απάντηση
<b>Επίπεδο 1</b>	Ο μαθητής έχει επιλέξει την κατάλληλη απάντηση αλλά χωρίς ή με λάθος αιτιολόγηση
<b>Επίπεδο 2</b>	Ο μαθητής έχει επιλέξει την κατάλληλη απάντηση με σχετική αλλά όχι πλήρη αιτιολόγηση
<b>Επίπεδο 3</b>	Ο μαθητής έχει επιλέξει την κατάλληλη απάντηση με σχετική και πλήρη αιτιολόγηση

Για την ανάλυση του δεύτερου μέρους του ερωτηματολογίου έγινε κατηγοριοποίηση των απαντήσεων σε επίπεδα 0,1,2 και 3. Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 6, η οποία αναφέρεται στο ερώτημα που πρέπει να ερευνήσουν ο Γιάννης με τη Μαρία, χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος πίνακας 4.8.

Η κατάσταση που αντιμετώπιζαν ήταν η εξής: Ο Γιάννης και η Μαρία παίζοντας στο σαλόνι του σπιτιού τους σπρώχνοντας αυτοκινητάκια, ο Γιάννης πιστεύει ότι στα μάρμαρα του σαλονιού διανύουν μεγαλύτερη απόσταση μέχρι να σταματήσουν παρά στο χαλί. Η Μαρία πιστεύει ότι τα αυτοκινητάκια θα διανύσουν την ίδια απόσταση μέχρι να σταματήσουν.

**Πίνακας 4.8** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 6 (διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος)

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

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 7, η οποία αναφέρεται στο ποια θα μπορούσε να είναι μια απάντηση στο ερώτημα που θα ερευνήσουν, χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος πίνακας 4.9.

**Πίνακας 4.9** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 7 (διατύπωση υπόθεσης)

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

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 8, η οποία αναφέρεται στο τι θα αλλάξουν στην έρευνα που θα κάνουν, χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος πίνακας 4.10.

**Πίνακας 4.10** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 8 (εντοπισμός ανεξάρτητης μεταβλητής).

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

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 9, η οποία αναφέρεται στο τι δεν θα αλλάξουν στην έρευνα που θα κάνουν, χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος πίνακας 4.11.



**Πίνακας 4.11** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 9 (εντοπισμός μεταβλητών ελέγχου)

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

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 10, η οποία αναφέρεται στο τι θα ελέγχουν (μετρούν) στην έρευνα που θα κάνουν, χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος πίνακας 4.12.

**Πίνακας 4.12** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 10 (εντοπισμός εξαρτημένης μεταβλητής)

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

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 11, η οποία αναφέρεται στο ποια πειραματική διαδικασία θα πρέπει να ακολουθήσουν και να περιγράψουν αναλυτικά τι πρέπει να κάνουν, χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος πίνακας 4.13.

**Πίνακας 4.13** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 11 (διατύπωση πλάνου για έρευνα)

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

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 12, στην οποία πρέπει να παρουσιάσουν τα δεδομένα σε ένα πίνακα, χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος πίνακας 4.14.

Το πρόβλημα που αντιμετώπιζε ο Δημήτρης ήταν ότι πήρε τρία ίδια ποτήρια που περιείχαν την ίδια ποσότητα νερού σε διαφορετικές θερμοκρασίες (20°C , 40°C , 100°C) και σε κάθε ποτήρι διάλυσε 10 g ζάχαρης αναδεύοντας με τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Μετρώντας το χρόνο διάλυσης κάθε φορά, βρήκε ότι όταν η θερμοκρασία του νερού ήταν 20°C ο χρόνος διάλυσης της ζάχαρης ήταν 26 δευτερόλεπτα, όταν η θερμοκρασία του νερού ήταν 40°C ο χρόνος διάλυσης της ζάχαρης ήταν 13 δευτερόλεπτα και όταν η θερμοκρασία του νερού ήταν 100°C ο χρόνος διάλυσης της ζάχαρης ήταν 6,5 δευτερόλεπτα.

**Πίνακας 4.14** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 12 (δημιουργία πίνακα για τη συλλογή και σύνοψη δεδομένων)

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

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 13, στην οποία έπρεπε να παρουσιάσουν τα δεδομένα σε ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, χρησιμοποιήθηκε ακόλουθος πίνακας 4.15.

**Πίνακας 4.15** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 13 (εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων)

Επίπεδα	Περιγραφή
<b>Επίπεδο 0</b>	Ο μαθητής δεν εντοπίζει καμία πληροφορία από το πίνακα.
<b>Επίπεδο 1</b>	Ο μαθητής προτείνει μη κατάλληλη απάντηση.
<b>Επίπεδο 2</b>	Ο μαθητής προτείνει κατάλληλη αλλά μη επαρκή απάντηση.
<b>Επίπεδο 3</b>	Ο μαθητής εντοπίζει ορθά την πληροφορία από τον πίνακα.

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 14, στην οποία έπρεπε να πουν τι σχέση έχει η θερμοκρασία του νερού με το χρόνο διάλυσης της ζάχαρης σε αυτό δικαιολογώντας την απάντησή τους, χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος πίνακας 4.16.

**Πίνακας 4.16** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 14 (εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων)

<b>Επίπεδα</b>	<b>Περιγραφή</b>
<b>Επίπεδο 0</b>	Ο μαθητής δεν προτείνει συμπέρασμα.
<b>Επίπεδο 1</b>	Ο μαθητής προτείνει μη κατάλληλο συμπέρασμα.
<b>Επίπεδο 2</b>	Ο μαθητής προτείνει κατάλληλο αλλά μη επαρκές συμπέρασμα.
<b>Επίπεδο 3</b>	Ο μαθητής προτείνει κατάλληλο και επαρκές συμπέρασμα.

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 15, στην οποία με βάση τα δεδομένα του Δημήτρη έπρεπε να απαντήσουν αν η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει το χρόνο διάλυσης της ζάχαρης σε αυτό, χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος πίνακας 4.17.

**Πίνακας 4.17** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 15

<b>Επίπεδα</b>	<b>Περιγραφή</b>
<b>Επίπεδο 0</b>	Ο μαθητής δεν προτείνει καμία απάντηση.
<b>Επίπεδο 1</b>	Ο μαθητής προτείνει ένα μη κατάλληλο συμπέρασμα.
<b>Επίπεδο 2</b>	Ο μαθητής προτείνει κατάλληλο αλλά μη επαρκές συμπέρασμα.
<b>Επίπεδο 3</b>	Ο μαθητής προτείνει ένα κατάλληλο και επαρκές συμπέρασμα.

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών στην ερώτηση 16, στην οποία δίνεται ένα διάγραμμα ταχύτητας-χρόνου που αναφερόταν σε δυο σώματα με ίσες μάζες και έπρεπε να βρουν σε ποιο σώμα ενεργεί μεγαλύτερη δύναμη, χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος πίνακας 4.18.

**Πίνακας 4.18** Το πλαίσιο ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών για την ερώτηση 16

<b>Επίπεδα</b>	<b>Περιγραφή</b>
<b>Επίπεδο 0</b>	Ο μαθητής δεν προτείνει καμία απάντηση.
<b>Επίπεδο 1</b>	Ο μαθητής προτείνει ένα μη κατάλληλο συμπέρασμα.
<b>Επίπεδο 2</b>	Ο μαθητής προτείνει ένα κατάλληλο συμπέρασμα.

Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε από τον ίδιο τον ερευνητή, με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS 23.0 (Statistical Package for Social Sciences), ένα πρόγραμμα στατιστικής ανάλυσης δεδομένων για υπολογιστές. Τα επιστραφέντα, ορθά και πλήρως συμπληρωμένα ερωτηματολόγια κωδικοποιήθηκαν και ακολούθησε η επεξεργασία τους με το στατιστικό πακέτο, ώστε να προκύψουν τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Για τη στατιστική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκαν το κριτήριο Mann-Whitney U που συγκρίνει διαφορετικά δείγματα (π.χ. ΠΟ πριν

και ΟΕ πριν) και το μη παραμετρικό κριτήριο Wilcoxon Signed Rank που συγκρίνει το ίδιο δείγμα μαθητών (π.χ. ΠΟ πριν και μετά).

#### **4.9 Ανακεφαλαίωση**

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

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

### **5.1. Εισαγωγή**

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει την παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας της παρούσας εργασίας. Ειδικότερα, στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση, που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών και στη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου (βλ. ενότητα 5.2). Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη πριν και μετά τις δύο παραπάνω διδακτικές παρεμβάσεις (βλ. ενότητα 5.3).

### **5.2 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα**

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το 2<sup>ο</sup> Νόμο του Νεύτωνα τόσο πριν όσο και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις. Επιπλέον, συγκρίνονται τα μαθησιακά αποτελέσματα ανάμεσα σε αυτές τις διδακτικές παρεμβάσεις. Ειδικότερα, η ενότητα αυτή αποτελείται από 4 υποενότητες. Στην πρώτη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση της δύναμης και της ταχύτητας (βλ. υποενότητα 5.2.1). Στη δεύτερη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών για την κατεύθυνση της δύναμης με τη κίνηση (βλ. υποενότητα 5.2.2). Στην τρίτη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση της δύναμης με την επιτάχυνση (βλ. υποενότητα 5.2.3). Στην τέταρτη υποενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση της μάζας με την επιτάχυνση (βλ. υποενότητα 5.2.4).

#### **5.2.1 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση της συνισταμένης δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα με την ταχύτητά του.**

Στον Πίνακα 5.1 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των αντιλήψεων των μαθητών για τη σχέση δύναμης και ταχύτητας πριν και μετά την εποικοδομητικού τύπου διδακτική παρέμβαση (Διδακτική Παρέμβαση Ι) και τη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του

διδασκτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 1 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.1** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών για τη σχέση δύναμης και ταχύτητας, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	26	74,3	19	54,3	22	69	21	65,9
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	2	5,7	5	14,3	1	3,1	2	6,2
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	7	20	4	11,4	8	24,8	9	27,9
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	0	0	7	20	1	3,1	0	0

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.1, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που είχαν δώσει μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 74,3%. Πιο συγκεκριμένα οι μαθητές αυτοί θεωρούσαν ότι η σταθερή οριζόντια δύναμη είτε έχει την ίδια τιμή με το βάρος του κιβωτίου είτε είναι μεγαλύτερη από το βάρος του κιβωτίου είτε είναι μεγαλύτερη από τη συνολική δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση του κιβωτίου είτε είναι μεγαλύτερη από το βάρος του κιβωτίου ή από τη συνολική δύναμη που αντιστέκεται στην κίνησή του (εναλλακτικές αντιλήψεις). Το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση, χωρίς όμως να την αιτιολογήσουν (επίπεδο 1), ανέρχεται στο 5,7%. Επίσης, το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση μαζί με μια σχετική αλλά όχι πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 20%, ενώ δεν υπάρχει καμία απάντηση που να θεωρείται κατάλληλη και με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 54,3%. Το ίδιο προκύπτει και με το ποσοστό των μαθητών (11,4%) που έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση χωρίς όμως μια πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2). Το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση αυξήθηκε σε 14,3% (επίπεδο 1), ενώ αξιοσημείωτο είναι το ποσοστό των μαθητών (20%) που έδωσε την κατάλληλη απάντηση και με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.1), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 2 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 3.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που έδωσε μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 69%. Ειδικότερα, οι μαθητές αυτοί θεωρούσαν ότι η σταθερή οριζόντια δύναμη είτε έχει την ίδια τιμή με το βάρος του κιβωτίου είτε είναι μεγαλύτερη από το βάρος του κιβωτίου είτε είναι μεγαλύτερη από τη συνολική δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση του κιβωτίου είτε είναι μεγαλύτερη από το βάρος του κιβωτίου ή από τη συνολική δύναμη που αντιστέκεται στην κίνησή του (εναλλακτικές αντιλήψεις Το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση αλλά χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) σε 24,8%, ενώ το 3,1% των μαθητών έδωσε τόσο την κατάλληλη απάντηση χωρίς όμως καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1) όσο και την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση μειώθηκε σε 65,9% (επίπεδο 0). Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1) όσο και το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 6,2% και σε 27,9%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3) μειώθηκε.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.1), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 3 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 2.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,80$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=2,00$ ),  $Z=-2,646$ ,  $p=0,004$ .

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=2,00$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,97$ ),  $Z=-1,000$ ,  $p=0,1585$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=34,50$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=33,45$ ),  $U=542,500$ ,  $p=0,296$

Συνεπώς, για τη σχέση της συνισταμένης δύναμης που ασκείται σε ένα σώμα με την ταχύτητά του, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### 5.2.2 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη κατεύθυνση της δύναμης και την κίνηση.

Στον Πίνακα 5.2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών για τη σχέση κατεύθυνσης δύναμης και κίνησης (κάθε κίνηση προϋποθέτει τη δράση μιας δύναμης στη διεύθυνσή της), πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση I) όσο και στη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 2 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.2** Τα επίπεδα απαντήσεων των μαθητών σχετικά με το ότι κάθε κίνηση προϋποθέτει τη δράση μιας δύναμης στη διεύθυνσή της, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
ΕΠΙΠΕΔΟ 0	30	85,7	25	71,4	28	87,6	25	78,3
ΕΠΙΠΕΔΟ 1	1	2,9	0	0	0	0	2	6,2
ΕΠΙΠΕΔΟ 2	4	11,4	5	14,3	4	12,4	3	9,3
ΕΠΙΠΕΔΟ 3	0	0	5	14,3	0	0	2	6,2

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.2, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που είχαν δώσει μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 85,7%. Πιο συγκεκριμένα οι μαθητές αυτοί θεωρούσαν ότι είτε το κιβώτιο θα σταματήσει αμέσως είτε θα συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα για λίγο και στη συνέχεια θα σταματήσει σιγά σιγά είτε θα συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα είτε θα αυξήσει την ταχύτητά του για λίγο και στη συνέχεια θα αρχίσει να επιβραδύνεται (εναλλακτικές αντιλήψεις). Το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση, χωρίς όμως να την αιτιολογήσουν (επίπεδο 1) και το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2), ανέρχεται στο 2,9% και 11,4% αντίστοιχα. Αντίθετα, όπως προκύπτει, κανένας μαθητής δεν έδωσε την κατάλληλη απάντηση και με πλήρη αιτιολόγηση.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1) μειώθηκε σε 71,4% και 0% αντίστοιχα. Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) όσο και το



ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3) αυξήθηκε εξίσου σε 14,3%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.2), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 1 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που έδωσε μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 87,6%. Ειδικότερα, οι μαθητές αυτοί θεωρούσαν ότι είτε το κιβώτιο θα σταματήσει αμέσως είτε θα συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα για λίγο και στη συνέχεια θα σταματήσει σιγά σιγά είτε θα συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα είτε θα αυξήσει την ταχύτητά του για λίγο και στη συνέχεια θα αρχίσει να επιβραδύνεται (εναλλακτικές αντιλήψεις). Το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση αλλά χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) σε 12,4%, ενώ δεν υπήρχε καμία απάντηση ούτε στο επίπεδο 1 (κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση) ούτε στο επίπεδο 3 (κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) μειώθηκε αντίστοιχα σε 78,3% και 9,3%. Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1) όσο και το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3) αυξήθηκε εξίσου σε 6,2%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.2), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 2 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 3.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,86$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=2,00$ ),  $Z=-2,236$ ,  $p=0,0125$ .

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,94$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=2,00$ ),  $Z=-1,414$ ,  $p=0,0785$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=34,00$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=33,00$ ),  $U=560,000$ ,  $p=1,000$

Συνεπώς, για τη σχέση κατεύθυνσης της δύναμης και της ταχύτητας, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### 5.2.3 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση της δύναμης και της επιτάχυνσης.

Οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με το ότι η δύναμη είναι ανάλογη της ταχύτητας, παρουσιάζονται μέσα από τις ερωτήσεις 3 και 5. Αρχικά, θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της τρίτης ερώτησης και στη συνέχεια τα αποτελέσματα της πέμπτης.

Στον Πίνακα 5.3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των αντιλήψεων των μαθητών για τη σχέση δύναμης και επιτάχυνσης πριν και μετά την εποικοδομητικού τύπου διδακτική παρέμβαση (Διδακτική Παρέμβαση I) και τη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 3 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.3** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών για τη σχέση δύναμης και ταχύτητας, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	28	80	30	85,7	28	87,6	25	78,3
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	2	5,7	0	0	1	3,1	6	18,6
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	5	14,3	0	0	2	6,2	1	3,1
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	0	0	5	14,3	1	3,1	0	0

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.3, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που είχαν δώσει μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 80%. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές αυτοί θεωρούσαν ότι το κιβώτιο θα κινείται είτε με σταθερή ταχύτητα η οποία είναι μεγαλύτερη από την αρχική του κιβωτίου είτε για λίγο με σταθερή ταχύτητα η οποία είναι μεγαλύτερη από την αρχική ταχύτητα του κιβωτίου, και μετά με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα είτε με σταθερή ταχύτητα η οποία έχει διπλάσιο μέτρο από την αρχική ταχύτητα είτε για λίγο με ταχύτητα που αυξάνεται, και στη συνέχεια με ταχύτητα σταθερού μέτρου (εναλλακτικές αντιλήψεις). Το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση, χωρίς όμως να την αιτιολογήσουν (επίπεδο 1), ανέρχεται στο 5,7%. Επίσης, το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση μαζί με μια σχετική αλλά όχι πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 14,3%, ενώ δεν υπάρχει καμία απάντηση που να θεωρείται κατάλληλη και με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση (επίπεδο 0) αυξήθηκε σε 85,7%. Το ίδιο προκύπτει και με το ποσοστό των μαθητών(14,3%) που έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση και με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3). Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1) όσο και το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση χωρίς όμως μια πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) μειώθηκε σε 0%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.3), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 2 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 3.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που έδωσε μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 87,6%. Ειδικότερα, οι μαθητές αυτοί θεωρούσαν ότι το κιβώτιο θα κινείται είτε με σταθερή ταχύτητα η οποία είναι μεγαλύτερη από την αρχική του κιβωτίου είτε για λίγο με σταθερή ταχύτητα η οποία είναι μεγαλύτερη από την αρχική ταχύτητα του κιβωτίου, και μετά με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα είτε με σταθερή ταχύτητα η οποία έχει διπλάσιο μέτρο από την αρχική ταχύτητα είτε για λίγο με ταχύτητα που αυξάνεται, και στη συνέχεια με ταχύτητα σταθερού μέτρου (εναλλακτικές αντιλήψεις). Το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση αλλά χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) σε 6,2, ενώ το 3,1% των μαθητών έδωσε τόσο την κατάλληλη απάντηση χωρίς όμως καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1) όσο και την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση μειώθηκε σε 78,3% (επίπεδο 0). Επιπλέον, τόσο το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3) μειώθηκε αντίστοιχα σε 3,1% και 0%. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1) αυξήθηκε σε 18,6%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.3), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0, 2 και 3 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσεται στο επίπεδα 1.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,86$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=2,00$ ),  $Z=-2,236$ ,  $p=0,0125$ .

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II (M=1,97) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II (M=2,00),  $Z=-1,000$   $p=0,1585$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I (M=34,50) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II (M=33,45),  $U=542,500$ ,  $p=0,296$

Συνεπώς, για τη σχέση της δύναμης και της επιτάχυνσης, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

Στον Πίνακα 5.4 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των επιπέδων των αντιλήψεων των μαθητών για τη σχέση δύναμης και ταχύτητας πριν και μετά την εποικοδομητικού τύπου διδακτική παρέμβαση (Διδακτική Παρέμβαση I) και τη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 5 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.4** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών για τη σχέση δύναμης και ταχύτητας, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	28	80	25	71,4	28	87,6	26	81,4
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	2	5,7	2	5,7	0	0	2	6,2
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	3	8,6	5	14,3	4	12,4	4	12,4
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	2	5,7	3	8,6	0	0	0	0

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.4, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που είχαν δώσει μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 80%. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές αυτοί θεωρούσαν ότι η ταχύτητα του δίσκου είτε ελαττώνεται συνεχώς είτε παραμένει σταθερή είτε παραμένει σταθερή για λίγο και αυξάνεται μετά είτε αυξάνεται για λίγο και μετά παραμένει σταθερή (εναλλακτικές αντιλήψεις). Το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση, χωρίς όμως να την αιτιολογήσουν (επίπεδο 1) όσο και το πλήθος των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3), ανέρχεται στο 5,7%. Επίσης, το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση μαζί με μια σχετική αλλά όχι πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 8,6%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση

(επίπεδο 0) μειώθηκε σε 71,4%. Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση χωρίς όμως μια πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 14,3% και 8,6%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1) παρέμεινε σταθερό στο 5,7%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.4), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3, ενώ σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που έδωσε μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 87,6%. Ειδικότερα, οι μαθητές αυτοί θεωρούσαν ότι η ταχύτητα του δίσκου είτε ελαττώνεται συνεχώς είτε παραμένει σταθερή είτε παραμένει σταθερή για λίγο και αυξάνεται μετά είτε αυξάνεται για λίγο και μετά παραμένει σταθερή (εναλλακτικές αντιλήψεις). Το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση αλλά χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) σε 12,4%, ενώ δεν υπήρχε καμία απάντηση ούτε στο επίπεδο 1 (κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση) ούτε στο επίπεδο 3 (κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση μειώθηκε σε 81,4% (επίπεδο 0). Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1) αυξήθηκε σε 6,2%, ενώ τόσο το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3) παρέμεινε σταθερό (12,4% και 0% αντίστοιχα).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.4), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1, ενώ σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,87$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,97$ ),  $Z=-2,000$ ,  $p=0,023$ .

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II (M=2,00) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II (M=2,00), Z=0,000 p=0,5

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I (M=33,09) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II (M=35,00), U=528,000, p=0,173

Συνεπώς, για τη σχέση της δύναμης και της επιτάχυνσης, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

#### 5.2.4 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις αντιλήψεις των μαθητών για τη σχέση μάζας και επιτάχυνσης.

Στον Πίνακα 5.5 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη σχέση μάζας και επιτάχυνσης, πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση I) όσο και στη διδακτική παρέμβαση με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 4 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.5** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών για τη σχέση μάζας και επιτάχυνσης, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	6	17,1	5	14,3	3	9,4	4	12,5
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	1	2,9	4	11,4	3	9,4	3	9,3
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	9	25,7	1	2,9	11	34,3	7	21,9
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	19	54,3	25	71,4	15	46,9	18	56,3

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.5, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που είχαν δώσει μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 17,1%. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές αυτοί θεωρούσαν ότι είτε η επιτάχυνση του καροτσιού είναι σταθερή είτε το καρότσι κινείται με σταθερή ταχύτητα είτε η κίνηση του καροτσιού είναι ομαλά επιταχυνόμενη (εναλλακτικές αντιλήψεις). Το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση, χωρίς όμως να την αιτιολογήσουν (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 2,9%. Επίσης, το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2), ανέρχεται στο 25,7%. Αξιοσημείωτο

είναι το ποσοστό των μαθητών (54,3%) που έδωσα την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) μειώθηκε σε 14,3% και 2,9% αντίστοιχα. Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1) όσο και το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 11,4% και 71,4%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.5), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 2 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 3.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που έδωσε μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 9,4%. Ειδικότερα, οι μαθητές αυτοί θεωρούσαν ότι είτε η επιτάχυνση του καροτσιού είναι σταθερή είτε το καρότσι κινείται με σταθερή ταχύτητα είτε η κίνηση του καροτσιού είναι ομαλά επιταχυνόμενη (εναλλακτικές αντιλήψεις). Το ίδιο ισχύει και για το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση χωρίς καμία αιτιολόγηση (επίπεδο 1), ενώ το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση αλλά χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) και το ποσοστό των μαθητών που έδωσαν την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3) ανέρχεται αντίστοιχα σε 34,3% και 46,9%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση χωρίς αιτιολόγηση (επίπεδο 1) παρέμεινε σταθερό στο 9,3%, ενώ μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών που έδωσε την κατάλληλη απάντηση χωρίς πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 2) σε 21,9%. Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που έχει δώσει μια λανθασμένη απάντηση (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών έχει δώσει την κατάλληλη απάντηση με πλήρη αιτιολόγηση (επίπεδο 3) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 12,5% και 56,3%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.5), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 2 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 3. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I (M=1,29) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I (M=1,46),  $Z=-2,449$ ,  $p=0,007$ .

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II (M=1,49) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II (M=1,53),  $Z=-1,917$   $p=0,0761$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I (M=32,81) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II (M=35,30),  $U=518,500$ ,  $p=0,547$

Συνεπώς, για τη σχέση μάζας και επιτάχυνσης, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### **5.3. Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στις πρακτικές των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη.**

Στη συγκεκριμένη ενότητα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας που αφορούν στις πρακτικές των μαθητών στη σχεδίαση έρευνας και μαθηματικής σκέψης τόσο πριν όσο και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις. Επιπλέον, συγκρίνονται τα μαθησιακά αποτελέσματα ανάμεσα σε αυτές τις διδακτικές παρεμβάσεις. Ειδικότερα, η ενότητα αυτή αποτελείται εννέα υποενότητες. Στην πρώτη υποενότητα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στην υποβολή ερώτησης που μπορεί να διερευνηθεί (βλ. υποενότητα 5.3.1). Στη δεύτερη υποενότητα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στην εκφορά υπόθεσης (βλ. υποενότητα 5.3.2). Στην τρίτη υποενότητα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση των μεταβλητών και την εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν (βλ. υποενότητα 5.3.3). Στην τέταρτη υποενότητα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στην σχεδίαση πλάνων για έρευνα (βλ. υποενότητα 5.3.4). Στην πέμπτη υποενότητα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στην οπτική αναπαράσταση των δεδομένων (βλ. υποενότητα 5.3.5). Στην έκτη υπο-ενότητα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν τον μετασχηματισμό των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα (βλ. υποενότητα 5.3.6). Στην έβδομη υποενότητα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων και την εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων (βλ. υποενότητα 5.3.7). Στην όγδοη υποενότητα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν την εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων και συμπεράσματος (βλ. υποενότητα 5.3.8) και στην ένατη



υποενότητα παρουσιάζονται οι απαντήσεις των μαθητών που αφορούν στην εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή πληροφορίας από διάγραμμα (βλ. υποενότητα 5.3.9).

### 5.3.1 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην πρακτική των μαθητών που αφορά στην υποβολή ερώτησης

Στον Πίνακα 5.6 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που σχετίζονται με την πρακτική της υποβολής ερώτησης (διατύπωση ερευνητικού ερωτήματος) πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση Ι) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση ΙΙ), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 6 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.6** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην πρακτική της διατύπωσης του ερευνητικού ερωτήματος, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση Ι				Διδακτική παρέμβαση ΙΙ			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	F	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	6	17,1	3	8,6	3	9,3	3	9,3
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	11	31,4	11	31,4	3	9,3	2	6,2
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	3	8,6	5	14,3	11	34,1	11	34,1
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	15	42,9	16	45,7	15	47,3	16	53,5

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.6, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση Ι το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα σχετικό και πλήρες ερώτημα (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 42,9%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν ένα μη σχετικό ερώτημα (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 31,4%. Επιπλέον, το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει ένα ερώτημα (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 17,1%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερώτημα (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 8,6%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση Ι) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερώτημα (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα σχετικό και πλήρες ερώτημα (επίπεδο 3) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 14,3% και 42,9%. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που

πρότεινε ένα μη σχετικό ερώτημα (επίπεδο 1) παρέμεινε σταθερό στο 31,4%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει προτείνει ένα ερώτημα (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 8,6%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.6), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδα 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα σχετικό και πλήρες ερώτημα (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 47,3%. Επίσης, το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερώτημα (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 34,1%, ενώ τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει ένα ερώτημα (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα μη σχετικό ερώτημα (επίπεδο 1), ανέρχεται εξίσου στο 9,3%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα σχετικό και πλήρες ερώτημα (επίπεδο 3) αυξήθηκε 53,5%, ενώ τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει προτείνει ένα ερώτημα (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που προτείνει ένα σχετικό αλλά ελλιπές ερώτημα (επίπεδο 2) παρέμεινε σταθερό στο 9,3% και στο 34,1% αντίστοιχα. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα μη σχετικό ερώτημα (επίπεδο 1) μειώθηκε σε 6,2%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.6), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 3. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 2.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,40$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,49$ ),  $Z=-1,732$ ,  $p=0,0415$ .

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,16$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,19$ ),  $Z=-1,000$ ,  $p=0,1585$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=38,77$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=28,78$ ),  $U=393,000$ ,  $p=0,055$

Συνεπώς, για τη διατύπωση του ερευνητικού ερωτήματος, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### 5.3.2 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην εκφορά υπόθεσης.

Στον Πίνακα 5.7 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εκφορά υπόθεσης πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση I) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 7 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.7** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών στην εκφορά υπόθεσης, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

Επίπεδα	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	4	11,4	0	0	8	24,8	8	24,8
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	4	11,4	3	8,6	3	9,3	0	0
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	14	40	18	51,4	15	47,3	18	56,6
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	13	37,2	14	40	6	18,6	6	18,6

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.7, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν μια σχετική υπόθεση αλλά διατυπωμένη με ελλιπή τρόπο (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 40%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 37,2%. Επίσης, τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει καμία υπόθεση (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια μη σχετική υπόθεση (επίπεδο 1) ανέρχεται εξίσου στο 11,4%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια σχετική υπόθεση αλλά διατυπωμένη με ελλιπή τρόπο (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 51,4% και 40%. Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει προτείνει καμία υπόθεση (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια μη σχετική υπόθεση (επίπεδο 1) μειώθηκε αντίστοιχα σε 0% και 8,6%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.7), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των

απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 1 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το πλήθος των μαθητών που πρότειναν μια σχετική υπόθεση αλλά διατυπωμένη με ελλιπή τρόπο (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 47,3%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει καμία υπόθεση (επίπεδο 0) ανέρχεται σε 24,8%. Επίσης, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 18,6%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια μη σχετική υπόθεση (επίπεδο 1) ανέρχεται σε 9,3%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια σχετική υπόθεση αλλά διατυπωμένη με ελλιπή τρόπο (επίπεδο 2) αυξήθηκε 56,6%, ενώ τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει προτείνει καμία υπόθεση (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που προτείνει μια σχετική και πλήρη υπόθεση (επίπεδο 3) παρέμεινε σταθερό στο 24,8% και στο 18,6% αντίστοιχα. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια μη σχετική υπόθεση (επίπεδο 1) μειώθηκε σε 0%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.7), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 2. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 3.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,09$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,23$ ),  $Z=-2,236$ ,  $p=0,0125$

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,25$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,34$ ),  $Z=-1,732$ ,  $p=0,0525$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=32,16$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=36,02$ ),  $U=495,500$ ,  $p=0,300$

Συνεπώς, *όσον αφορά στην εκφορά υπόθεσης*, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### **5.3.3 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην αναγνώριση των μεταβλητών και την εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν**

#### ***α) Εντοπισμός ανεξάρτητης μεταβλητής***

Στον Πίνακα 5.8 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής της έρευνας, πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση Ι) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση ΙΙ), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 8 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.8** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση Ι				Διδακτική παρέμβαση ΙΙ			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	18	51,4	13	37,1	22	69	17	53,5
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	7	20	8	22,9	7	21,7	8	24,8
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	10	28,6	14	40	3	9,3	7	21,7
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	0	0	0	0	0	0	0	0

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.8, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση Ι το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή ή είχε αναφέρει περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 51,4%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που κατέγραψε την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποιοτικούς όρους (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 28,6%. Επίσης, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή ή πρότεινε μια σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποσοτικό ή ποιοτικό μέγεθος (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 20%, ενώ δεν υπάρχουν μαθητές που να είχαν καταγράψει την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποσοτικούς όρους (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση Ι) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών κατέγραψε την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποιοτικούς όρους (επίπεδο 2) αυξήθηκε σε 40%, ενώ τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή μας (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια μη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζει αν πρόκειται για ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος (επίπεδο 1) μειώθηκε αντίστοιχα σε 37,1% και 22,9%. Αντίθετα, ενώ δεν βρέθηκαν μαθητές που να κατέγραφαν την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποσοτικούς όρους (επίπεδο 3).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση Ι (Πίνακας 5.8) προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση Ι, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των

απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 2. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 3.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή ή είχε αναφέρει περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 69%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια μη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή ή πρότεινε μια σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποσοτικό ή ποιοτικό μέγεθος (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 27,1%. Επίσης, το ποσοστό των μαθητών που κατέγραψαν την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποιοτικούς όρους (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 9,3%, ενώ δεν υπάρχουν μαθητές που να είχαν καταγράψει την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποσοτικούς όρους (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει την ανεξάρτητη μεταβλητή ή είχε αναφέρει περισσότερες από μια ανεξάρτητες μεταβλητές (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 53,5%, ενώ σταθερό παρέμεινε το ποσοστό των μαθητών που κατέγραψαν την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποσοτικούς όρους (επίπεδο 3). Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μια μη σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή ή πρότεινε μια σχετική ανεξάρτητη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποσοτικό ή ποιοτικό μέγεθος (επίπεδο 1) όσο και το ποσοστό των μαθητών που κατέγραψαν την ανεξάρτητη μεταβλητή με ποιοτικούς όρους (επίπεδο 2) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 24,8% και 21,7%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.7), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 2. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 3.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,37$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,51$ ),  $Z=-2,236$ ,  $p=0,0125$

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,53$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,69$ ),  $Z=-2,518$ ,  $p=0,0725$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=31,23$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=37,03$ ),  $U=463,000$ ,  $p=0,152$

Συνεπώς, στον εντοπισμό της ανεξάρτητης μεταβλητής, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### **β) Εντοπισμός μεταβλητών ελέγχου**

Στον Πίνακα 5.9 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό των μεταβλητών της έρευνας που μένουν σταθερές, πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση Ι) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση ΙΙ), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 9 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.9** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό των μεταβλητών της έρευνας που μένουν σταθερές, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση Ι				Διδακτική παρέμβαση ΙΙ			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	11	31,4	11	31,4	19	59,7	17	53,5
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	16	45,7	10	28,6	10	31	9	27,9
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	8	22,9	9	25,7	3	9,3	5	15,5
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	0	0	5	14,3	0	0	1	3,1

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.9, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση Ι το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κάποιες μεταβλητές με ασαφή τρόπο ή πρότεινε μη σχετικές μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 45,7%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 31,4%. Ταυτόχρονα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μία ή δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 22,9%, ενώ δεν υπάρχουν μαθητές που να είχαν προτείνει περισσότερες από δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση Ι) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν έχει προτείνει μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 0) παρέμεινε σταθερό στο 31,4%, ενώ μειώθηκε το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κάποιες μεταβλητές με ασαφή τρόπο ή πρότεινε μη σχετικές μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 1) σε 28,6%. Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που προτείνει μία ή δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που είχαν προτείνει περισσότερες από δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 3) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 25,7% και 14,3%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση Ι (Πίνακας 5.9) προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση Ι, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1 και μια αύξηση του ποσοστού των

απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3. Αντίθετα, το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 παραμένει σταθερό.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 57,9%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κάποιες μεταβλητές με ασαφή τρόπο ή πρότεινε μη σχετικές μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 31%. Επίσης, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μία ή δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 9,3%, ενώ δεν υπάρχουν μαθητές που να είχαν προτείνει περισσότερες από δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κάποιες μεταβλητές με ασαφή τρόπο ή πρότεινε μη σχετικές μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 1) μειώθηκε αντίστοιχα σε 53,5% και 27,9%. Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μία ή δύο κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε περισσότερες από κατάλληλες μεταβλητές ελέγχου (επίπεδο 3) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 15,5% και 3,1%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.9), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 1 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν τα ίδια μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,31$ ) σε σχέση με πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,31$ ),  $Z=-1,000$ ,  $p=0,5$

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,53$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,59$ ),  $Z=-1,414$ ,  $p=0,0785$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=29,53$ ) σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=38,89$ ),  $U=403,500$ ,  $p=0,074$

Συνεπώς, στον εντοπισμό των μεταβλητών της έρευνας που μένουν σταθερές, η διδακτική παρέμβαση I δεν επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### **γ) Εντοπισμός εξαρτημένης μεταβλητής**

Στον Πίνακα 5.10 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό της μεταβλητής της έρευνας (εξαρτημένη μεταβλητή), πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση I) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου



(Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 10 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.10** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στον εντοπισμό της μεταβλητής της έρευνας (εξαρτημένη μεταβλητή), πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	4	11,4	2	5,7	15	47,3	11	34,1
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	19	54,3	12	34,3	6	18,6	6	18,6
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	0	0	2	5,7	0	0	2	6,2
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	12	34,3	19	54,3	11	34,1	13	41,1

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.10, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ή πρότεινε μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 54,3%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που κατέγραψε μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποσοτικά (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 34,3%. Ταυτόχρονα, το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 11,4%, ενώ δεν υπάρχουν μαθητές που είχαν καταγράψει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποιοτικά (επίπεδο 2).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που είχε καταγράψει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποιοτικά (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που είχε καταγράψει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποσοτικά (επίπεδο 3) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 5,7% και 54,3%. Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ή πρότεινε μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος (επίπεδο 1) μειώθηκε αντίστοιχα σε 5,7% και 34,3%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.10) προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 1 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 47,3%, το ποσοστό των μαθητών που κατέγραψε μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποσοτικά (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 34,1%. Ταυτόχρονα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ή πρότεινε μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 18,6%, ενώ δεν υπάρχουν μαθητές που είχαν καταγράψει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποιοτικά (επίπεδο 2).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που είχε καταγράψει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποιοτικά (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που είχε καταγράψει μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ποσοτικά (επίπεδο 3) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 6,2% και 41,1%. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 34,1%, ενώ σταθερό παρέμεινε το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη σχετική εξαρτημένη μεταβλητή ή πρότεινε μια σχετική εξαρτημένη μεταβλητή χωρίς να αποσαφηνίζεται αν πρόκειται για ποιοτικό ή ποσοτικό μέγεθος (επίπεδο 1).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.10), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3. Αντίθετα, το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1 παραμένει σταθερό.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,06$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,11$ ),  $Z=-1,414$ ,  $p=0,0495$

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,41$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,47$ ),  $Z=-2,518$ ,  $p=0,0725$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=28,33$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=40,20$ ),  $U=361,500$ ,  $p=0,07$

Συνεπώς, στον εντοπισμό της μεταβλητής της έρευνας (εξαρτημένη μεταβλητή), η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

#### **5.3.4 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην σχεδίαση πλάνων για έρευνα.**

Στον Πίνακα 5.11 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην σχεδίαση πλάνων για έρευνα, πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση I) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 11 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.11** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην σχεδίαση πλάνων για έρευνα, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΠΕΔΟ 0</b>	9	25,7	7	20	15	47,3	12	38,6
<b>ΕΠΠΕΔΟ 1</b>	7	20	5	14,3	3	9,3	4	12,4
<b>ΕΠΠΕΔΟ 2</b>	15	42,9	14	40	11	34,1	7	21,1
<b>ΕΠΠΕΔΟ 3</b>	4	11,4	9	25,7	3	9,3	9	27,9

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.11, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά σε 1 έως 3 από τα παρακάτω: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή και όργανο μέτρησης (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 42,9%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει πειραματική διαδικασία (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 25,7%. Ταυτόχρονα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη σχετική πειραματική διαδικασία (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 20%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά στην ανεξάρτητη μεταβλητή, στις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 11,4%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει μείωση σε 40% στο ποσοστό των μαθητών που πρότεινε πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά σε 1 έως 3 από τα παρακάτω: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή και όργανο μέτρησης (επίπεδο 2). Επίσης, προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει πειραματική διαδικασία (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη σχετική πειραματική διαδικασία (επίπεδο 1) μειώθηκε αντίστοιχα σε 20% και 14,3%. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά στην ανεξάρτητη μεταβλητή, στις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης (επίπεδο 3) αυξήθηκε σε 25,7%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.11) προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών.

Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0, 1 και 2 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 3.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει πειραματική διαδικασία (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 47,3%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά σε 1 έως 3 από τα παρακάτω: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή και όργανο μέτρησης (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 34,1%. Ταυτόχρονα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη σχετική πειραματική διαδικασία (επίπεδο 1) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά στην ανεξάρτητη μεταβλητή, στις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης (επίπεδο 3) ανέρχεται εξίσου στο 9,3%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει πειραματική διαδικασία (επίπεδο 0) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά σε 1 έως 3 από τα παρακάτω: ανεξάρτητη μεταβλητή, μεταβλητές ελέγχου, εξαρτημένη μεταβλητή και όργανο μέτρησης (επίπεδο 2) μειώθηκε αντίστοιχα σε 38,6% και 21,1%. Αντίθετα, τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη σχετική πειραματική διαδικασία (επίπεδο 1) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε πειραματική διαδικασία κάνοντας σαφή αναφορά στην ανεξάρτητη μεταβλητή, στις μεταβλητές ελέγχου, στην εξαρτημένη μεταβλητή και στο όργανο μέτρησης (επίπεδο 3) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 12,4% και 27,9%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.11), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 2 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 3.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,34$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,46$ ),  $Z=-2,000$ ,  $p=0,023$

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,50$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,56$ ),  $Z=-1,414$ ,  $p=0,0785$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=32,31$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=35,84$ ),  $U=501,000$ ,  $p=0,392$

Συνεπώς, στη σχεδίαση πλάνων για έρευνα, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### 5.3.5 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην οπτική αναπαράσταση των δεδομένων

Στον Πίνακα 5.12 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στη δημιουργία πίνακα για τη συλλογή και σύνοψη δεδομένων (οπτική αναπαράσταση δεδομένων), πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση I) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 12 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.12** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στη δημιουργία πίνακα για τη συλλογή και σύνοψη δεδομένων, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	16	45,7	3	8,6	11	34,1	9	27,9
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	1	2,9	1	2,9	0	0	1	3,1
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	18	51,4	31	88,5	21	65,9	22	69

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.12, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που συμπλήρωσε τον πίνακα έχοντας στην πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 51,4%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε συμπληρώσει τον πίνακα (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 45,7%. Ταυτόχρονα, το ποσοστό των μαθητών που συμπλήρωσε τον πίνακα με ακατάλληλα στοιχεία (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 2,9%, ενώ δεν υπάρχουν μαθητές που πρότειναν ορισμένα στοιχεία που αφορούσαν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 2).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που συμπλήρωσε τον πίνακα έχοντας στην πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής (επίπεδο 3) αυξήθηκε σε 88,5%. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε συμπληρώσει τον πίνακα (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 8,6%, ενώ τόσο το ποσοστό των μαθητών που συμπλήρωσε τον πίνακα με ακατάλληλα στοιχεία (επίπεδο 1) όσο και το ποσοστό

των μαθητών που πρότεινε ορισμένα στοιχεία που αφορούσαν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 2) παρέμεινε σταθερό αντίστοιχα στο 2,9% και στο 0%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.12) προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 3. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 2.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που συμπλήρωσε τον πίνακα έχοντας στην πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 65,9%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε συμπληρώσει τον πίνακα (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 34,1%. Αντίθετα, δεν υπάρχουν μαθητές που συμπλήρωσαν τον πίνακα με ακατάλληλα στοιχεία (επίπεδο 1) ούτε μαθητές που πρότειναν ορισμένα στοιχεία που αφορούσαν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 2).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που συμπλήρωσε τον πίνακα έχοντας στην πρώτη στήλη του πίνακα όλα τα στοιχεία της ανεξάρτητης μεταβλητής και στη δεύτερη στήλη όλα τα στοιχεία της εξαρτημένης μεταβλητής (επίπεδο 3) όσο και το ποσοστό των μαθητών που συμπλήρωσε τον πίνακα με ακατάλληλα στοιχεία (επίπεδο 1) αυξήθηκε αντίστοιχα σε 69% και 3,1%. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε συμπληρώσει τον πίνακα (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 27,9%, ενώ σταθερό παρέμεινε το ποσοστό των μαθητών που πρότειναν ορισμένα στοιχεία που αφορούσαν την ανεξάρτητη ή την εξαρτημένη μεταβλητή (επίπεδο 2).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.12), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 3. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 2.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,11$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,49$ ),  $Z=-3,606$ ,  $p=0,000$

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,31$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,34$ ),  $Z=-1,000$ ,  $p=0,1585$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I (M=36,27) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II (M=31,51), U=480,500, p=0,243

Συνεπώς, στη δημιουργία πίνακα για τη συλλογή και σύνοψη δεδομένων, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### 5.3.6 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στον μετασχηματισμό των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα.

Στον Πίνακα 5.13 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων (μετασχηματισμό δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα), πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση I) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 13 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.13** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
ΕΠΙΠΕΔΟ 0	7	20	3	8,6	0	0	0	0
ΕΠΙΠΕΔΟ 1	9	25,7	4	11,4	0	0	0	0
ΕΠΙΠΕΔΟ 2	0	0	0	0	0	0	0	0
ΕΠΙΠΕΔΟ 3	19	54,3	28	80	32	100	32	100

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.13, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που εντόπισε ορθά την πληροφορία από τον πίνακα (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 54,3%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη κατάλληλη απάντηση (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 25,7%. Ταυτόχρονα, το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε εντοπίσει καμία πληροφορία από τον πίνακα (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 20%, ενώ δεν υπάρχουν μαθητές που πρότειναν κατάλληλη αλλά μη επαρκή απάντηση (επίπεδο 2).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που εντόπισε ορθά την πληροφορία από τον πίνακα (επίπεδο 3) αυξήθηκε σε 80%, ενώ τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη κατάλληλη απάντηση (επίπεδο 1) όσο και το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε εντοπίσει καμία πληροφορία

από τον πίνακα (επίπεδο 0) μειώθηκε αντίστοιχα σε 11,4% και 8,6%. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλη αλλά μη επαρκή απάντηση (επίπεδο 2) παρέμεινε σταθερό στο 0%. Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.13) προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 1 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 3. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 2.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν και μετά τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι όλοι οι μαθητές (100%) εντόπισαν ορθά την πληροφορία από τον πίνακα (επίπεδο 3).

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,20$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,46$ ),  $Z=-3,000$ ,  $p=0,0015$

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,00$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,00$ ),  $Z=-1,000$ ,  $p=0,5$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=41,31$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=26,00$ ),  $U=304,000$ ,  $p=0,057$

Συνεπώς, στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### **5.3.7 Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα δεδομένων**

Στον Πίνακα 5.14 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων και εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων, πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση I) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 14 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.14** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).



ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
ΕΠΙΠΕΔΟ 0	7	20	4	11,4	11	34,1	10	31
ΕΠΙΠΕΔΟ 1	3	8,6	3	8,6	0	0	1	3,1
ΕΠΙΠΕΔΟ 2	24	68,6	24	68,6	21	65,9	21	65,9
ΕΠΙΠΕΔΟ 3	1	2,8	4	11,4	0	0	0	0

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.14 πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλο αλλά μη επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 68,6%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει συμπέρασμα (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 20%. Ταυτόχρονα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 8,6%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλο και επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 2,8%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλο αλλά μη επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) παρέμεινε σταθερό αντίστοιχα στο 68,6% και 8,6%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει συμπέρασμα (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 11,4%, ενώ. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλο και επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 3) αυξήθηκε σε 11,4%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.14) προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 3. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 2.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε επαρκές αλλά μη επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 65,9%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει συμπέρασμα (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 34,1%. Αντίθετα, δεν υπάρχουν μαθητές που πρότειναν μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) ούτε μαθητές που πρότειναν κατάλληλο και επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι παρέμεινε σταθερό τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλο αλλά μη επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών πρότεινε κατάλληλο και επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 3) αντίστοιχα σε 65,9% και 0%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει συμπέρασμα (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 31%. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) αυξήθηκε σε 3,1%

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.14), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2 και 3.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,20$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,29$ ),  $Z=-1,732$ ,  $p=0,0415$

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,35$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,35$ ),  $Z=-1,000$ ,  $p=0,5$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=33,07$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=35,02$ ),  $U=527,500$ ,  $p=0,612$

Συνεπώς, στην αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή συμπεράσματος από πίνακα δεδομένων, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### **5.3.8. Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων και συμπεράσματος**

Στον Πίνακα 5.15 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων και συμπεράσματος, πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση I) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 15 του ερωτηματολογίου.

**Πίνακας 5.15** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων και συμπεράσματος, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 0</b>	8	22,9	7	20	21	65,9	8	24,8
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 1</b>	1	2,9	1	2,9	0	0	3	9,3
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 2</b>	24	68,6	23	65,7	11	34,1	21	65,9
<b>ΕΠΙΠΕΔΟ 3</b>	2	5,7	4	11,4	0	0	0	0

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.15 πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλο αλλά μη επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 68,6%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει καμία απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 22,9%. Ταυτόχρονα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλο και επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 3) ανέρχεται στο 5,7%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 2,9%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλο αλλά μη επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει καμία απάντηση (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 65,7% και 20% αντίστοιχα. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλο και επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 3) αυξήθηκε σε 11,4%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) παρέμεινε σταθερό στο 2,9%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.15) προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 2 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 3. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει καμία απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 65,9%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε επαρκές αλλά μη επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 34,1%. Αντίθετα, δεν υπάρχουν μαθητές που πρότειναν μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) ούτε μαθητές που πρότειναν κατάλληλο και επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 3).

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε ένα κατάλληλο αλλά μη επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 2) όσο και το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) αυξήθηκε σε 65,9% και 9,3% αντίστοιχα. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει καμία απάντηση (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 24,8%, ενώ σταθερό παρέμεινε το ποσοστό των μαθητών που πρότεινε κατάλληλο και επαρκές συμπέρασμα (επίπεδο 3) παρέμεινε σταθερό στο 0%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.15), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 1 και 2. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 3.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,18$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,26$ ),  $Z=-1,732$ ,  $p=0,0415$

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,34$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,66$ ),  $Z=-2,172$ ,  $p=0,0585$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=30,31$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=38,03$ ),  $U=431,000$ ,  $p=0,07$

Συνεπώς, στην εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων και συμπεράσματος, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

### 5.3.9. Η συμβολή των διδακτικών παρεμβάσεων στην εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή πληροφορίας από διάγραμμα.

Στον Πίνακα 5.16 παρουσιάζονται οι συχνότητες και οι εκατοστιαίες συχνότητες των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή πληροφορίας από διάγραμμα, πριν και μετά τόσο της εποικοδομητικού τύπου διδακτικής παρέμβασης (Διδακτική Παρέμβαση I) όσο και της διδακτικής παρέμβασης με τη χρήση του διδακτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου (Διδακτική Παρέμβαση II), όπως προέκυψαν από τις απαντήσεις τους στην ερώτηση 16 του ερωτηματολογίου

**Πίνακας 5.16** Τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών που αφορούν στην εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή πληροφορίας από διάγραμμα, πριν και μετά τις διδακτικές παρεμβάσεις: συχνότητες (f & f%).

ΕΠΙΠΕΔΑ	Διδακτική παρέμβαση I				Διδακτική παρέμβαση II			
	Προ-τεστ		Μετά-τεστ		Προ-τεστ		Μετά-τεστ	
	f	f%	f	f%	f	f%	f	f%
ΕΠΙΠΕΔΟ 0	5	14,3	3	8,6	17	44,2	12	38,6
ΕΠΙΠΕΔΟ 1	14	40	5	14,3	7	21,7	7	21,7
ΕΠΙΠΕΔΟ 2	16	45,7	27	77,1	11	34,1	13	39,7

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 5.16, πριν τη Διδακτική Παρέμβαση I το ποσοστό των μαθητών που προτείνει ένα κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 45,7%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που πρότείνει ένα μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 40%. Ταυτόχρονα, το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει καμία απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 14,3%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση (Διδακτική Παρέμβαση I) προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που εντόπισε προτείνει ένα κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 2) αυξήθηκε σε 77,1%, ενώ τόσο το ποσοστό των μαθητών που πρότείνει μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) όσο και το ποσοστό των μαθητών που δεν είχε προτείνει καμία απάντηση (επίπεδο 0) μειώθηκε αντίστοιχα σε 14,3% και 8,6%.

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση I (Πίνακας 5.16) προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση I, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 0 και 1 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 2.

Όσον αφορά τα αποτελέσματα πριν τη Διδακτική Παρέμβαση II, προκύπτει ότι το ποσοστό των μαθητών που δεν προτείνει καμία απάντηση (επίπεδο 0) ανέρχεται στο 44,2%, ενώ το ποσοστό των μαθητών που προτείνει ένα κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 2) ανέρχεται στο 34,1%. Ταυτόχρονα, το ποσοστό των μαθητών που πρότείνει μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1) ανέρχεται στο 21,7%.

Μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο σχολικό εγχειρίδιο (Διδακτική Παρέμβαση II) προκύπτει ότι, το ποσοστό των μαθητών που προτείνει ένα κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 2) αυξήθηκε σε 39,7%. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που δεν προτείνει καμία απάντηση (επίπεδο 0) μειώθηκε σε 38,6%, ενώ σταθερό παρέμεινε το ποσοστό των μαθητών που πρότείνει ένα μη κατάλληλο συμπέρασμα (επίπεδο 1).

Από τη συγκριτική μελέτη των απαντήσεων των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση II (Πίνακας 5.16), προκύπτει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα επίπεδα των αντιλήψεων των μαθητών. Πιο συγκεκριμένα, μετά τη διδακτική παρέμβαση II, διαπιστώνεται μια μείωση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 0 και μια αύξηση του ποσοστού των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στα επίπεδα 2. Αντίθετα, σταθερό παραμένει το ποσοστό των απαντήσεων των μαθητών που εντάσσονται στο επίπεδο 1.

Το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών ήταν σημαντικά βελτιωμένα μετά τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,23$ ) παρά πριν τη διδακτική παρέμβαση I ( $M=1,54$ ),  $Z=-3,317$ ,  $p=0,0005$

Επίσης, το κριτήριο Wilcoxon Signed-Ranks έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δεν διαφοροποιούνται σημαντικά μετά τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,59$ ) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II ( $M=1,66$ ),  $Z=-1,414$ ,  $p=0,0785$

Επιπλέον, το κριτήριο Mann-Whitney U έδειξε ότι τα επίπεδα των απαντήσεων των μαθητών δε διαφοροποιούνται σημαντικά πριν τη διδακτική παρέμβαση I (M=32,19) και πριν τη διδακτική παρέμβαση II (M=35,98),  $U=496,500$ ,  $p=0,348$

Συνεπώς, στην εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων και στην εξαγωγή πληροφορίας από διάγραμμα, η διδακτική παρέμβαση I επέφερε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με τη διδακτική παρέμβαση II.

## 5.4 ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

Στην παρούσα ενότητα πραγματοποιήθηκε η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της συγκεκριμένης εργασίας. Ειδικότερα, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα των αρχικών και τελικών ερωτηματολογίων σχετικά με τις αντιλήψεις των μαθητών για τη δύναμη και κίνηση και τις πρακτικές που αφορούν τον σχεδιασμό έρευνας και τη μαθηματική σκέψη, πριν και μετά την διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στην επικοινωνιακή προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Επίσης, παρουσιάστηκαν τα αποτελέσματα των αρχικών και τελικών ερωτηματολογίων που αφορούσαν τα παραπάνω πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου. Τέλος, πραγματοποιήθηκε η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που αφορούσε στη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην επικοινωνιακή προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού βιβλίου.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup> : ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 6.1 Εισαγωγή

Τα τελευταία τριανταπέντε χρόνια έχει προκύψει ένας μεγάλος αριθμός εμπειρικών ερευνών με σκοπό την διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για τις βασικότερες περιοχές της διδασκόμενης φυσικό-επιστημονικής γνώσης (βλ. ενότητα 2.2). Παράλληλα, μια κατεύθυνση της έρευνας εστιάζεται στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών, μέσα από την ενεργό εμπλοκή τους με διδασκαλίες που εδράζονται στη εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών (βλ. ενότητα 2.3). Επιπλέον, πέραν της αλλαγής των αντιλήψεων των μαθητών, έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης πρακτικών από τους μαθητές και έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (βλ. ενότητα 2.4).

Ωστόσο παρά το γεγονός ότι έχουν διερευνηθεί οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την δύναμη και τη κίνηση των σωμάτων (βλ. ενότητα 3.2), είναι ιδιαίτερα περιορισμένος ο αριθμός των ερευνών που αφορούν στη διδακτική αντιμετώπιση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και κίνηση των σωμάτων και ειδικότερα για την εννοιολογική περιοχή του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα (βλ. ενότητα 3.3). Αυτές οι εργασίες εστιάζουν περισσότερο σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης. Επιπρόσθετα, απουσιάζουν έρευνες που μελετούν την επίδραση εποικοδομητικού τύπου διδακτικών παρεμβάσεων με τη χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού και διερευνήσεων στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και κίνηση των σωμάτων και στην ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη από αυτούς. Τέλος, δεν εντοπίζονται έρευνες που να αποσκοπούν στη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων του διδακτικού υλικού που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση σχετικά με τη σχέση δύναμης και κίνησης και των μαθησιακών αποτελεσμάτων από την εφαρμογή διδακτικού υλικού που βασίζεται στο διδακτικό υλικό σχολικού εγχειριδίου με χρήση του ίδιου εκπαιδευτικού λογισμικού για την εννοιολογική περιοχή του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα.

Από τις παραπάνω διαπιστώσεις προέκυψε η αναγκαιότητα πραγματοποίησης της παρούσας εργασίας με σκοπό να μελετηθεί η συμβολή μιας διδακτικής προσέγγισης βασισμένης στο εποικοδομητικό μοντέλο για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση προσομοιώσεων και διερευνήσεων, στην εξέλιξη των αντιλήψεων σχετικά με την έννοια της δύναμης και τη κίνηση και στη ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη σε μαθητές της Α΄ Λυκείου. Ειδικότερα, ως ερευνητικοί στόχοι της εργασίας αυτής τέθηκαν:

(α) η διερεύνηση της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και κίνηση των σωμάτων με τον Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα.

(β) η διερεύνηση της συμβολής της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη.

(γ) η διερεύνηση της ύπαρξης διαφοροποιήσεων ανάμεσα στα μαθησιακά αποτελέσματα (αντιλήψεις και πρακτικές) αυτής της διδακτικής παρέμβασης η οποία βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου της Φυσικής Α΄ Λυκείου για τον Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα.

Ερευνητικά εργαλεία της παρούσας εργασίας αποτέλεσε το ερωτηματολόγιο το οποίο είχε δύο μέρη και το εκπαιδευτικό υλικό. Το πρώτο μέρος του ερωτηματολογίου διερευνούσε τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την έννοια της δύναμης και τη κίνηση (υπο-παράγραφος 4.5.2α., Παράρτημα 1) , το δεύτερο εξέταζε τις πρακτικές των μαθητών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη (υπο-παράγραφος 4.5.2β., Παράρτημα 1) ενώ το εκπαιδευτικό υλικό συγκροτήθηκε για την τροποποίηση των αντιλήψεων των μαθητών για τη δύναμη και κίνηση και την ανάπτυξη πρακτικών που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη (βλ. ενότητα 4.4, Παράρτημα 2).

Αντικείμενο του συγκεκριμένου κεφαλαίου αποτελεί η παρουσίαση των συμπερασμάτων της παρούσας εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, στην πρώτη ενότητα παρουσιάζονται και σχολιάζονται τα κύρια ευρήματα της έρευνας (βλ. ενότητα 6.2). Στη δεύτερη ενότητα καταγράφονται οι περιορισμοί της έρευνας (βλ. ενότητα 6.3) και στην τρίτη ενότητα διατυπώνονται προτάσεις για μελλοντική έρευνα (βλ. ενότητα 6.4).

## **6.2 Κύρια ευρήματα και σχολιασμός τους**

Η παρουσίαση και ο σχολιασμός των κύριων ευρημάτων της έρευνας διαρθρώνονται σε τρεις επιμέρους ενότητες. Στην πρώτη υπο-ενότητα αποτυπώνεται η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που σχεδιάστηκε και εφαρμόστηκε με βάση την εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με την δύναμη και τη κίνηση των σωμάτων με τον Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα (βλ. υποενότητα 6.2.1). Στη δεύτερη υπο-ενότητα παρουσιάζεται η συμβολή αυτής της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές που αφορούν την σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη( βλ. υποενότητα 6.2.2). Τέλος, η τρίτη υποενότητα αφορά τη σύγκριση των μαθησιακών αποτελεσμάτων της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου για το Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα (βλ. υποενότητα 6.2.3).

### **6.2.1. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών στις αντιλήψεις των μαθητών για το Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα**



Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας καταδεικνύουν ότι η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τη δύναμη και την κίνηση των σωμάτων (και πιο συγκεκριμένα στις αντιλήψεις που αφορούν στη σχέση δύναμης και ταχύτητας, κατεύθυνσης της δύναμης και κίνησης, δύναμης και επιτάχυνσης και στη σχέση μάζας και επιτάχυνσης) στους μαθητές Α΄ Λυκείου, μέσω της εφαρμογής μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην εποικοδομητικού τύπου προσέγγιση με χρήση επιστημονικών πρακτικών, αναδείχθηκε εφικτή. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση Ι (εποικοδομητική παρέμβαση) το μεγαλύτερο μέρος των μαθητών εκδήλωνε εναλλακτικές αντιλήψεις διαφορετικές της σχολικής γνώσης, μετά την παρέμβαση προέκυψε ότι η πλειοψηφία των μαθητών ενεργοποιούσε αντιλήψεις προς την κατεύθυνση της σχολικής γνώσης. Επιπλέον, προέκυψε ότι διαφοροποιούνται σημαντικά οι αντιλήψεις των μαθητών πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση Ι. Τα παραπάνω αποτελέσματα συνάδουν με αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών από τις οποίες προέκυψε ότι η διδακτική παρέμβαση που εφαρμόστηκε συνέβαλε στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών για τη δύναμη και την κίνηση σωμάτων (Viennot 1979, Clement 1981, Watts&Zylberztain 1981, Thijs 1992, Αλιμήσης 1998, Allen 2002, Κώτση & Κολοβού 2002, Κώτσης & Αναγνωστόπουλος 2006, Τουλάτου, 2006, Πετροχείλου et. al. 2007).

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας είναι δυνατόν να αποδοθούν στις δραστηριότητες που αναπτύχθηκαν και στη διδακτική διαδικασία που ακολουθήθηκε. Οι δραστηριότητες που επιλέχθηκαν για τη συγκρότηση του εκπαιδευτικού υλικού που εφαρμόστηκε, παρείχαν τη δυνατότητα στους μαθητές να εκφράσουν τις αρχικές αντιλήψεις τους, να τις συζητήσουν με τους συμμαθητές τους και μέσα από διαδικασίες να οικοδομήσουν νέα γνώση. Η χρήση μοντέλων διδασκαλίας που βασίζονται στην εποικοδομητική προσέγγιση συμβάλλει σημαντικά στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών (Skoumios & Gkolia, 2016). Επιπλέον, η χρήση επιστημονικών πρακτικών, συνεισέφερε στην αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών. Οι επιστημονικές πρακτικές είναι αναγκαίες για την κατανόηση των ιδεών και εννοιών των Φυσικών Επιστημών και την αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών (NRC, 2012).

Ωστόσο, αν και η διδακτική επεξεργασία των αντιλήψεων των μαθητών για τη δύναμη και την κίνηση των σωμάτων αναδείχθηκε εφικτή, υπάρχουν μαθητές που δεν τροποποίησαν τις αντιλήψεις τους. Η παραπάνω διαπίστωση μπορεί να οφείλεται στο ισχυρό χαρακτήρα των αντιλήψεων αυτών και στο γεγονός ότι δύσκολα οι αντιλήψεις επηρεάζονται από τη διδασκαλία. Ο ανθεκτικός χαρακτήρας των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών έχει επαρκώς τεκμηριωθεί στην ερευνητική βιβλιογραφία (Brown, 1992; Chi, Kristensen, & Roscoe, 2012; Gunstone, Gray & Searle, 1992; Mestre & Touger, 1989; Pantazopoulou & Skoumios, 2013; Skoumios & Hatzinikita, 2005; 2006).

## **6.2.2. Η συμβολή της διδακτικής παρέμβασης που βασίστηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη μάθηση με χρήση επιστημονικών πρακτικών στην σχεδίαση ερευνών και στη μαθηματική σκέψη**

Τα ευρήματα της παρούσας εργασίας καταδεικνύουν ότι η ανάπτυξη των επιστημονικών πρακτικών σχεδίασης ερευνών και μαθηματικής σκέψης (και συγκεκριμένα πρακτικών που αφορούν στην αναγνώριση ερωτημάτων για έρευνα, στην αναγνώριση των μεταβλητών, στη σχεδίαση της πειραματικής διαδικασίας, στην οπτική αναπαράσταση των δεδομένων, στον μετασχηματισμό δεδομένων από πίνακα σε διάγραμμα, στην αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων και εξαγωγής πληροφορίας από πίνακα δεδομένων, στην εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων και συμπεράσματος και στην εξαγωγή πληροφορίας από διάγραμμα) στους μαθητές Α΄ Λυκείου, μέσω της εφαρμογής μια διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην εποικοδομητικού τύπου παρέμβαση, αναδείχθηκε εφικτή. Πιο συγκεκριμένα, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση Ι (εποικοδομητική παρέμβαση) οι μαθητές δεν είχαν αναπτυγμένες τις παραπάνω πρακτικές, μετά τη διδακτική παρέμβαση διαπιστώθηκε σημαντική διαφοροποίηση στις συγκεκριμένες πρακτικές των μαθητών.

Τα ευρήματα της εργασίας αυτής συνάδουν με τα ευρήματα εργασιών που αφορούν στη συμβολή διδακτικών παρεμβάσεων που βασίζονται στις πρακτικές που αναπτύσσουν οι μαθητές σε άλλες εννοιολογικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών (Ανδρικοπούλου & Σκουμιάς, 2016; Μουντζούρη & Σκουμιάς, 2016).

Η βελτίωση των πρακτικών που αφορούν στην σχεδίαση ερευνών και στην μαθηματική σκέψη μπορεί να αποδοθεί στον σχεδιασμό της εποικοδομητικού τύπου διδασκαλίας με χρήση επιστημονικών πρακτικών. Μέσω των δραστηριοτήτων που συγκροτήθηκαν δόθηκαν ευκαιρίες στους μαθητές να διατυπώσουν ερευνητικά ερωτήματα, να εκφέρουν κατάλληλες υποθέσεις, να αναγνωρίζουν τις μεταβλητές (ανεξάρτητη μεταβλητή, εξαρτημένη μεταβλητή και μεταβλητή ελέγχου), να εξετάσουν τον τρόπο με τον οποίο οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν και να σχεδιάσουν πλάνα για έρευνα.

Η δυσκολία των μαθητών να αναπτύξουν επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας και στην μαθηματική σκέψη μπορεί να οφείλετε στο γεγονός ότι οι μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με αυτές τις πρακτικές αφού κατά κύριο λόγο στις σχολικές τάξεις ακολουθείτε η παραδοσιακή προσέγγιση στη διδασκαλία σύμφωνα με την οποία ο εκπαιδευτικός λειτουργεί ως κάτοχος και φορέας της γνώσης την οποία εισάγει στους μαθητές με ερωτήσεις και απαντήσεις (Antoniadou & Skoumios 2013).

### **6.2.3. Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση επιστημονικών πρακτικών και της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου**

Μελετώντας τις απαντήσεις των μαθητών στα αρχικά ερωτηματολόγια, πριν την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση για τη διδασκαλία των

Φυσικών Επιστημών και πριν την εφαρμογή της διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου, διαπιστώνουμε ότι, τόσο οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την έννοια της δύναμης και τη κίνηση και οι πρακτικές που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη, κινούνται στα ίδια επίπεδα. Οι μαθητές δηλαδή τείνουν να εμφανίζουν παρόμοιες εναλλακτικές αντιλήψεις για τη σχέση δύναμης και κίνησης, ενώ δεν έχουν ανεπτυγμένες σε ικανοποιητικό βαθμό τις πρακτικές που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη.

Η σύγκριση των απαντήσεων των μαθητών στο τελικό ερωτηματολόγιο, τόσο μετά τη διδακτική παρέμβαση που συγκροτήθηκε όσο και μετά τη διδακτική παρέμβαση που βασίζεται στο διδακτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου, δείχνει ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις. Από την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού που δημιουργήθηκε συνάγεται ότι διαφοροποιούνται σημαντικά οι απαντήσεις των μαθητών τόσο στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που αφορούν στις αντιλήψεις για τον Δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα όσο και στις ερωτήσεις που αφορούν στις επιστημονικές πρακτικές (σχεδίαση ερευνών και μαθηματική σκέψη). Αντίθετα, από την εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού του σχολικού εγχειριδίου στους μαθητές συνάγεται ότι δεν διαφοροποιούνται σημαντικά οι απαντήσεις των μαθητών ούτε στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που αφορούν στις αντιλήψεις ούτε και στις ερωτήσεις που αφορούν στις επιστημονικές πρακτικές.

Επομένως, η διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στο εκπαιδευτικό υλικό που δημιουργήθηκε για τις αντιλήψεις των μαθητών για τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα και τις επιστημονικές πρακτικές που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη είχε σημαντικά καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα από τη διδακτική παρέμβαση που βασίστηκε στο σχολικό εγχειρίδιο.

Η παρούσα εργασία συμβάλλει στην έρευνα του πεδίου της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών αφού γνωστοποίησε ότι είναι εφικτή η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τον δεύτερο νόμο του Νεύτωνα και η ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές μέσω διδακτικών παρεμβάσεων, ζήτημα για το οποίο ήταν ιδιαίτερα περιορισμένα τα ερευνητικά δεδομένα.

### **6.3 Περιορισμοί της έρευνας**

Ένας περιορισμός της παρούσας έρευνας αποτελεί το δείγμα της. Έχει αναφερθεί ότι το δείγμα της έρευνας (στο οποίο εφαρμόστηκε η διδακτική παρέμβαση που στηρίχθηκε στην εποικοδομητική προσέγγιση με χρήση επιστημονικών πρακτικών και με την αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού) αποτέλεσαν 35 μαθητές ηλικίας κατά μέσο όρο 15 χρόνων από δύο τμήματα της Α΄ Λυκείου του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑΛ Ρόδου. Επίσης, το δείγμα των μαθητών στο οποίο εφαρμόστηκε το εκπαιδευτικό υλικό του σχολικού εγχειριδίου με την αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού ήταν 32 μαθητές ηλικίας κατά μέσο όρο 15 χρόνων δυο τμημάτων της Α΄ Λυκείου του 1<sup>ου</sup> ΕΠΑΛ Ρόδου. Συνεπώς, ως περιορισμοί της έρευνας θα μπορούσαν να θεωρηθούν αρχικά το είδος του Λυκείου, ο αριθμός των μαθητών και η ηλικιακή τους ομάδα. Η εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού σε περισσότερους μαθητές μικρότερης ηλικίας, όπως για παράδειγμα μαθητές Β΄ Γυμνασίου και σε άλλου είδους Λύκεια όπως για

παράδειγμα τα Γενικά Λύκεια της Ρόδου, θα μπορούσε να οδηγήσει σε μια πληρέστερη γνώση της συμβολής της διδακτικής ακολουθίας για τον δεύτερο Νόμο του Νεύτωνα στις αντιλήψεις των μαθητών και στις πρακτικές που αφορούν στη σχεδίαση έρευνας και στη χρήση μαθηματικής σκέψης. Επιπρόσθετα, περιορισμό της παρούσας εργασίας αποτελεί και η αποκλειστική χρήση ερωτηματολογίων για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων. Η χρήση της συνέντευξης ή ο συνδυασμός ερωτηματολογίων και συνέντευξης, θα μπορούσε πιθανόν να οδηγήσει σε ασφαλέστερα συμπεράσματα όσον αφορά στη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για την εννοιολογική περιοχή του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα καθώς και στις πρακτικές που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη.

#### **6.4 Προτάσεις για μελλοντική έρευνα**

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων και την καταγραφή των συμπερασμάτων της παρούσας εργασίας προκύπτουν οι παρακάτω προτάσεις για τη διεξαγωγή μελλοντικής έρευνας:

- Πραγματοποίηση της έρευνας, με τη χρήση του ίδιου εκπαιδευτικού υλικού και αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων τόσο πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση όσο και τρεις ή και περισσότερους μήνες μετά τη διδακτική παρέμβαση, ώστε να διερευνηθεί αν τα μαθησιακά αποτελέσματα παραμένουν αμετάβλητα σε βάθος χρόνου.
- Υλοποίηση του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών αντίστοιχης ηλικίας και σε άλλα Λύκεια από διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας, ώστε να διερευνηθεί αν τα μαθησιακά αποτελέσματα μπορούν να γενικευτούν.
- Μελέτη της συμβολής του εκπαιδευτικού υλικού που συγκροτήθηκε σε άλλες επιστημονικές πρακτικές των μαθητών (π.χ. συγκρότηση εξηγήσεων, εμπλοκή σε επιχειρηματολογία, ανάπτυξη και χρήση μοντέλων)
- Πραγματοποίηση έρευνας με τη χρήση εκπαιδευτικού υλικού που βασίζεται στην εποικοδομητική προσέγγιση με χρήση επιστημονικών πρακτικών σε άλλες εννοιολογικές περιοχές των Φυσικών Επιστημών, ώστε να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα αυτής της διδακτικής παρέμβασης.
- Υλοποίηση έρευνας με τη χρήση εποικοδομητικού τύπου εκπαιδευτικού υλικού και αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων για την εννοιολογική περιοχή του Δεύτερου Νόμου του Νεύτωνα σε μαθητές Γυμνασίου.
- Πραγματοποίηση έρευνας για τη μελέτη της συμβολής αυτής της διδακτικής παρέμβασης όχι μόνο στις αντιλήψεις και στις πρακτικές των μαθητών αλλά και στις στάσεις τους απέναντι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών.

## **6.5 Ανακεφαλαίωση**

Στην τελευταία ενότητα της συγκεκριμένης εργασίας παρουσιάστηκαν και σχολιάστηκαν τα κυριότερα ευρήματα της παρούσας έρευνας που αφορούσαν στην συμβολή της διδακτικής παρέμβασης στην εξέλιξη των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με την έννοια της δύναμης και τη κίνηση και στις πρακτικές που αφορούν τη σχεδίαση έρευνας και τη μαθηματική σκέψη. Τέλος εντοπίστηκαν ορισμένοι περιορισμοί της εργασίας και δόθηκαν προτάσεις για μελλοντική έρευνα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΕΛΛΗΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Ανδρικοπούλου, Ε. & Σκουμιός, Μ. (2016). Οι επιπτώσεις μιας διδακτικής παρέμβασης για τους ηλεκτρομαγνήτες στις πρακτικές σχεδίασης έρευνας των μαθητών του δημοτικού σχολείου. Μ. Σκουμιός & Χ. Σκουμπουρδή (επιμ.). Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή: «Το εκπαιδευτικό υλικό στα Μαθηματικά και το εκπαιδευτικό υλικό στις Φυσικές Επιστήμες: μοναχικές πορείες ή αλληλεπιδράσεις;», σελ. 547-556. Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Ρόδος.
- Βρύζας Κ. (1990) «Μέσα επικοινωνίας και εκπαίδευση», Σύγχρονη Εκπαίδευση, 51, Μαρτ.- Απρ. 1990 , 77-89
- Βοσνιάδου , Σ. (1994). Η εννοιολογική αλλαγή στην παιδική ηλικία: παραδείγματα απο το χώρο της αστρονομίας , στο : Κουλαϊδής Β., (επιμελητής έκδοσης), *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου. Γνωστική, επιστημολογική και διδακτική προσέγγιση*, Αθήνα, εκδ. Gutenberg, 233-261
- Γαλάνης Π (2012, June 14). Μεθοδολογία δειγματοληψίας στις επιδημιολογικές μελέτες, 29(5), 632–637.
- Δανασλής & Αφεντάκης Αντ., (2004). *Η εξέλιξη της παιδαγωγικής και διδακτικής σκέψης* (17ος -20ος αι.), Αθήνα, 151-153
- Ευαγγελοπούλου, Α. (2012). *Αντιλήψεις των Μαθητών της Α' Λυκείου για την έννοια της τριβής, τους νόμους της και το ρόλο της στη σχετική μεταφορική και περιστροφική κίνηση. Πρόταση για εποικοδομητική διδακτική παρέμβαση σε ένα συνεργατικό περιβάλλον μάθησης και διδασκαλίας*. Διδακτορική Διατριβή στο Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης (ΔΠΘ), Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αλεξανδρούπολη
- Ευαγγέλου, Υ.Β., & Κώτσης, Κ.Θ. (2012). Μαθησιακά αποτελέσματα μετά από την εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Πέμπτης και Έκτης Δημοτικού σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 3, 141-158.
- Ίδρυμα Μελετών Λαμπράκη Δημητρούλια Τ. (2001). *Παρατηρητήριο της εκπαίδευσης. Νέες Τεχνολογίες της Πληροφορίας στη Σχολική Εκπαίδευση*, Αθήνα, σ. 94.

- Καράογλου, Γ., Κώτσης, Κ., & Ρίζος Ι. (2010). Μελέτη των εναλλακτικών ιδεών μαθητών της Α΄ Λυκείου για την έννοια της κίνησης με τη χρήση του I.B.C.M. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 3(2), 85-95.
- Καριώτογλου, Π., Κουνατίδης, Φ., & Καρνέζου, Μ. (2004). Βιβλιογραφική ανασκόπηση των ιδεών των μαθητευομένων για την έννοια της δύναμης. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου & Μ. Πατσαδάκης (επιμ.), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σ. 429-434). Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Κόκκοτας, Π. (2002): *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών II. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*, 3η έκδοση βελτιωμένη, εκδ. Γρηγόρη, Αθήνα.
- Κόκκοτας, Π. (2004). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών)*, Μέρος II. Αθήνα: ΚΟΚΚΟΤΑΣ.
- Κόκκοτας, Π. (2008). *Διδακτική των φυσικών επιστημών (μέρος 2ο). Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κολιόπουλος, Δ. (2001). Σχεδιασμός διδακτικού υλικού για την έννοια της ενέργειας, Στο: Κολιόπουλος, Δ., Κουλαϊδής, Β., Τσατσαρώνη, Α., Χατζηνικήτα, Β., Χρηστίδου, Β. & Ogborn, J. (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Τόμος Β΄, σ. 367-409). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κόμης, Ι. Β., (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των επικοινωνιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών
- Κοντογεώργος Δ., Μαραγκός Κ., *Οι Νέες Τεχνολογίες ως Εργαλείο κατανόησης βασικών εννοιών στο Γυμνάσιο* 6ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικών & Πληροφορικής Θεσσαλονίκη 2002.
- Κουλαϊδής, Β., (1994). Επιστημολογία και κατασκευή Αναλυτικών Προγραμμάτων: Η επιλογή περιεχομένου για την διδασκαλία των ΦΕ. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 75, 22-29.
- Κουλαϊδής, Β., (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: αντικείμενο και αναγκαιότητα*. Στο Β. Κουλαϊδής (επιστ. ευθ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*, (τόμος Α, σελ.

25-50). Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα.

Κουλαϊδής, Β. (επ.) (2007), Σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη κριτικής-

δημιουργικής σκέψης, Αθήνα: ΟΕΠΕΚ

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: 9ο Συνέδριο Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου, 339-350

Κωνσταντίνου, Κ.Π., Φερωνύμου, Γ., Κυριακίδου, Ε. & Νικολάου, Χ. (2002). *Οι Φυσικές Επιστήμες στο Νηπιαγωγείο: Βοήθημα για την Νηπιαγωγό*. Λευκωσία: Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού Κύπρου

Κώτσης, Κ., (2002). Κοινά χαρακτηριστικά των αντιλήψεων των φοιτητών Π.Σ.Δ.Ε για τις δυνάμεις του βάρους, της τριβής, της άνωσης των υγρών και της αντίστασης του αέρα. *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 3, 201-211.

Κώτσης, Κ.Θ., & Βέμης, Κ. (2002). Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, η εννοιολογική αλλαγή και η διάρκεια γνώσης από την διδασκαλία στο Δημοτικό για φαινόμενα που στηρίζονται στον τρίτο νόμο του Νεύτωνα. Στο Αθ. Μαργετουσάκη & Π.Γ. Μιχαηλίδης (επιμ.), Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου για την «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση» (σ. 257-262). Ρέθυμνο: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Κώτσης, Κ.Θ., & Κολοβός Φ. (2002). Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των παιδιών, η εννοιολογική αλλαγή και η διάρκεια γνώσης από την διδασκαλία στο Δημοτικό στην έννοια της δύναμης. Στο Αθ. Μαργετουσάκη & Π.Γ. Μιχαηλίδης (επιμ.), Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου για την «Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση» (σ. 250-256). Ρέθυμνο: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Κώτσης, Κ.Θ. (2004). Διαφορές αντιλήψεων σε έννοιες της μηχανικής φοιτητών Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης, οι οποίοι εισήχθησαν στο Πανεπιστήμιο με τα δυο τελευταία εισαγωγικά συστήματα εξετάσεων. Στο Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου & Μ. Πατσαδάκης (επιμ.), Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη



*«Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση»* (σ. 422-428). Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Κώτσης, Κ.Θ. (2005). Η αλλαγή των αντιλήψεων των μαθητών του Δημοτικού στην έννοια της δύναμης από τη διδασκαλία τους με τα νέα σχολικά εγχειρίδια. Στο Κ. Σκορδούλης & Ε. Νικολαΐδη (επιμ.), *Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών»* (σ. 218-225). Αθήνα: Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα.

Κώτσης, Κ.Θ., & Αναγνωστόπουλος, Α. (2006). Αντιλήψεις των μαθητών Α Λυκείου για βασικές έννοιες και αρχές της Φυσικής, όπως ταχύτητα, επιτάχυνση, μάζα, βάρος και 2ος νόμος του Νεύτωνα. Στο Ε. Σταυρίδου (επιμ.), *Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ένωσης για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΕΔΙΦΕ) με θέμα «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίες Μάθησης»* (σ. 411-418). Βόλος: Εκδόσεις Νέων Σεχνολογιών.

Κώτσης, Κ.Θ. (2011). *Ερευνητική προσέγγιση του διαχρονικού χαρακτήρα των εναλλακτικών ιδεών στη διδακτική της Φυσικής*. Ιωάννινα.

Μακράκης, Β. (2000). *Υπερμέσα στην εκπαίδευση. Μια κοινωνικο-επικοινωνιακή προσέγγιση*. Μεταίχμιο: Αθήνα

Μαρκαντώνης Χρίστος, Δημητρακάκης Κων/νος, & Μανιάτης Παναγιώτης. (n.d.). Μια επικοινωνιακή προσέγγιση στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών με τη χρήση Η/Υ. Η περίπτωση του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος (pp. 15–24). Presented at the 4ο Συνέδριο ΕΤΠΕ 29/9-31/10/2004, Παν/μιο Αθηνών.

Μεϊμάρης, Β. (1992) *Νέες Τεχνολογίες και Εκπαίδευση στα θέματα διδακτικής των Μαθηματικών*, Προτάσεις

Μικρόπουλος, Α. (2000). *Εκπαιδευτικό Λογισμικό- Θέματα αξιολόγησης και σχεδίασης λογισμικού υπερμέσων*. Αθήνα: Εκδόσεις Κλειδάριθμος

Μουντζούρη, Γ. & Σκουμιός, Μ. (2016). Διδακτική επεξεργασία αντιλήψεων και ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών σε μαθητές του δημοτικού σχολείου: η περίπτωση της αλλαγής κατάστασης των σωμάτων και της θερμοκρασίας. *Διδακασία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, 52, 16-31.

- Μπακογιάννης, Σπ. & Γρηγοριάδου, Μ. (2000). Μοντέλο αξιολόγησης εκπαιδευτικού λογισμικού- Η συμμετοχή του μαθητή ως αξιολογητή. 2ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση», Πάτρα, Πανεπιστήμιο Πατρών, 13-15 Οκτωβρίου 2000.
- Ντίνος Σ. (2014). *Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, η εννοιολογική αλλαγή και η διάρκεια γνώσης εννοιών της μηχανικής, των φυσικών επιστημών στο Δημοτικό σχολείο*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων Σχολή Επιστημών της Αγωγής, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Μεταπτυχιακή εργασία- Ιωάννινα.
- Πανέτσος, Σ., Κατσίρης, Ι., (2008). Η Διδασκαλία με Χρήση ΤΠΕ Βασιζόμενη στην Εποικοδομητική Προσέγγιση. Η Περίπτωση του Ακολουθιακού Ψηφιακού Κυκλώματος. Τμήμα Εκπαιδευτικών Ηλεκτρονικής, Ανωτάτη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης. Στο: *4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής*, 323-332
- Πετροχείλου Ελένη, Ρίζος Ιωάννης, Μάνεσης Ευάγγελος, & Κώτσης Κωνσταντίνος. (2007). Εξέλιξη των αντιλήψεων φοιτητών τμήματος Φυσικής σε έννοιες της Νευτώνειας Μηχανικής κατά τα δύο πρώτα έτη των σπουδών τους (Vol. 5, pp. 519–529). Πρακτικά 5ου Πανελληνίου συνεδρίου, τεύχος Β΄ Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, , Ιωάννινα.
- Ραβάνης Κ. (1997). Συγκρουσιακές διδακτικές διαδικασίες: από τις περιγραφικές στις συστηματικές όψεις. Το παράδειγμα της Οπτικής. Στο Καλκάνης Γ. (επιμ.), *Οι Φυσικές Επιστήμες και η Τεχνολογία στην Α΄ βάρθμα Εκπαίδευση*. Ανακοινώσεις Δημερίδας, 7 – 8 Φεβ. 1997, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 84 – 89
- Ραβάνης Κ. (2003). Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, Αθήνα.
- Ράπτης, Αρ. & Ράπτη, Αθ. (1999/2003). *Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορίας (τόμοι Α΄-Β΄)*. Αθήνα: έκδοση των συγγραφέων
- Ράπτης, Α. & Ράπτη, Α. (2004). Μάθηση και Διδασκαλία στην εποχή της

πληροφορίας: Ολική προσέγγιση. Τόμοι Α& Β Αθήνα: Εκδόσεις Ράπτη

Ράπτης Α. & Ράπτη, Α. (2007). *Μάθηση και Διδασκαλία στην Εποχή της Πληροφορίας. Ολική Προσέγγιση*, Αθήνα

Χ. Σαβρανίδης, Τ. Μικρόπουλος. GR-HYPERPRO. Ένα Ελληνικό Ολοκληρωμένο Εργαλείο

Ανάπτυξης Εκπαιδευτικού Λογισμικού. *Β' Πανελλήνιο Συν. Διδακτική των*

*Μαθηματικών & Πληροφορική στην Εκπαίδευση*. Λευκωσία (1995)

Σιτσανλής Η., (7/1/2009), 2<sup>ος</sup> Νόμος του Νεύτωνα (α), Ανακτήθηκε στις 10

Φεβρουαρίου 2014 από τη διεύθυνση

[http://www.seilias.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=197&Itemid=37](http://www.seilias.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=197&Itemid=37)

Σκοπέτος, Δ. (2007). Μελέτη των ιδεών των παιδιών για τις δυνάμεις-Εποικοδομητική

προσέγγιση των Δυνάμεων στο Γυμνάσιο. Διπλωματική εργασία, ΕΑΠ.

Σολομωνίδου, Φ., & Σταυρίδου, Ε. (1993). Οι έννοιες της δράσης και της αντίδρασης: μελέτη

γνωστικών δυσκολιών και διδακτική αντιμετώπιση με ένα καινοτομικό μοντέλο  
ερευνητικής και διδακτικής παρέμβασης. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 24, 19-33.

Σολομωνίδου, Χ. (2006). *Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία. Εποικοδομητισμός και*

*σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*. Αθήνα: ΜΕΤΑΙΧΜΙΟ, σελ.160

Σπυροπούλου-Κατσάνη, Δ. (2000). *Διδακτικές και Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές*

*Επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Τυποθήτω.

Σπυροπούλου - Κατσάνη Δ. (2002): Διδακτικές και Παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές

Επιστήμες, εκδ. τυπωθήτω Γ. Δαρδανός, Αθήνα.

Στύλος, Γ., Ευαγγελάκης, Γ., & Κώτσης Κ. (2007). Αντιλήψεις πρωτοετών φοιτητών επτά

τμημάτων του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων σχετικά με έννοιες της Νευτώνειας  
Μηχανικής. Στο Α. Κατσίκης, Κ. Κώτσης, Α. Μικρόπουλος & Γ. Τσαπαρλής (επιμ.),  
*Πρακτικά 5ου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην*  
*Εκπαίδευση»* (σ. 528-537). Ιωάννινα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Στύλος, Γ., & Κώτσης, Κ. (2009). Συγκριτική μελέτη των αντιλήψεων 1ετών και 2ετών

φοιτητών του Τμήματος Φυσικής σχετικά με έννοιες τις Νευτώνειας Μηχανικής. Στο Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου & Α. Ζουπίδης (επιμ.), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση»* (σ. 487-494). Φλώρινα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.

Τζάνη, Μ. (2005). *Σημειώσεις για το μάθημα «Μεθοδολογία έρευνας κοινωνικών επιστημών»*. ΕΚΠΑ, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Ανακτήθηκε από <http://goo.gl/Fs8cE>

Τζιμογιάννης, Α., & Μικρόπουλος, Σ.Α. (2000). Η χρήση των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής: η έννοια της επιτάχυνσης. *Σύγχρονη Εκπαίδευση: Τρίμηνη Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 112, 127-134.

Τζιμογιάννης, Αθ, (2002) *Προετοιμασία του Σχολείου της Κοινωνίας της Πληροφορίας. Προς ένα Ολοκληρωμένο Μοντέλο Ένταξης των τεχνολογιών της πληροφορίας και της Επικοινωνίας στο Ελληνικό Εκπαιδευτικό Σύστημα*, Σύγχρονη Εκπαίδευση, 122, σελ. 55-65

Τζιμογιάννης, Α., & Μικρόπουλος, Σ.Α. (2010). Η συμβολή των προσομοιώσεων πειραμάτων στη διδασκαλία της Φυσικής: η έννοια της ταχύτητας. *Σύγχρονη Εκπαίδευση: Τρίμηνη Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών Θεμάτων*, 111, 120-131.

Τουλάτου, Μ. (2006). Η δύναμη της καθημερινής πρακτικο-βιωματικής εμπειρίας. Διπλωματική εργασία, ΕΑΠ.

Τσαπαρλής, Γ. (1991). *Θέματα Διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη Μέση Εκπαίδευση*. Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα.

Φράγκου, Σ., Παπανικολάου, Κ., Αλιμήσης, Δ., Κυνηγός, Χ. (2009). Εκπαιδευτικοί σε ρόλο σχεδιαστή εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ρομποτικής: η περίπτωση της επιμόρφωσης εκπαιδευτικών στα πλαίσια του TERECoP project, Στο: *5ο Πανελλήνιο Συνέδριο των Εκπαιδευτικών για τις ΤΠΕ*, Σύρος, 8-10 Μαΐου 2009.

Χαλκιά, Κ. (2010α). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες. Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις* (Τόμος Α'). Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα

Χατζηνηκίτα, Β. & Χρηστίδου Β. (2001). Πρακτικο-βιωματική γνώση των μαθητών: Γενικά χαρακτηριστικά. Στο: J. Bliss, G. Cooper, Δ. Κολιόπουλος, Β. Κουλαϊδής, Κ. Ραβάνης, J. Solomon, Α. Τσατσαρώνη, Β. Χατζηνηκίτα, Β. Χρηστίδου. (Επιμ.). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τόμος Α* (σελ.153-178). Πάτρα: ΕΑΠ.

Ψύλλος, Δ., Κουμάρας, Π. & Καριώτογλου, Π. (1993). Επικοινωνιακή δομή της γνώσης στην τάξη με συνέρευνα δασκάλου και μαθητή. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 70, 34-42.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397–419.
- Achieve, Inc. (2013). *Next Generation Science Standards* (2013). Retrieved from <http://www.nextgenscience.org/>
- Adey, P., & Shayer, M. (1994). *Really raising standards: Cognitive intervention and academic achievement*. London: Routledge.
- Ajaja, O. P. (2010). Processes of science skills acquisition: competences required of science teachers for imparting them. *Journal of Qualitative Education*, 6(4)1-6.
- Akatugba, A. H., & Wallace, J. (1999). Sociocultural influences on physics students' use of proportional reasoning in a non-western country. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(3), 305-320.
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans*. Project 2061. New York: Oxford University Press. Ανακτήθηκε από <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- American Association for the Advancement of Science (1993). *Benchmarks for Sci Literacy*. New York: Oxford University Press. <http://www.project2061.org/tools/benchol/bolframe.htm>
- American Association for the Advancement of Science. (2009). Benchmarks online. Retrieved from <http://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php?chapter=1#A0>
- Anderson, R. D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1–12.
- Antoniadou, P. & Skoumios, M. (2013). Primary teachers' conceptions about science teaching and learning. *The International Journal of Science in Society*, 4(1), 69-82.

- Arena, P. (1996). The role of relevance in the acquisition of science process skills. *Australian Science Teachers Journal*, 42(4), 34-38.
- 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>
- Arons, A. B. (1981). Thinking, reasoning and understanding in introductory physics courses. *The Physics Teacher*, 19(3), 166–172.
- Ashiq H., Azeem, M., Shakoor, A. (2011). “Physics teaching methods: scientific inquiry vs traditional lecture.” *International Journal of Humanities and Social Science* 1(19): 269-276.
- Australian Curriculum Assessment and Reporting Authority. (2012). Senior secondary curriculum—biology. Retrieved June 14, 2013, from <http://www.australiancurriculum.edu.au/Static/docs/senior%20secondary/Senior%20Secondary%20Curriculum%20-%20Biology%20November%202012.pdf>
- Aycan, Ş., & Yumuşak, A. (2003). Lise müfredatındaki fizik konularının anlaşılma düzeyleri üzerine bir araştırma. *Milli Eğitim Dergisi*, 159, 171-180.
- Bansford, J.D., McNamara, T.P., Miller, D.L., (1991) *Mental models and reading comprehension*. In: Barr, R, Kamil, M.L, Mosenthal, P.B., Pearson, P.D. (Eds.) *Handbook of Reading Research*, Vol. 2. New York: Longman, σελ. 490-511.
- Barnes, D. (1976). *From Communication to Curriculum*, Harmondsworth, Penguin Books
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing Computational Thinking to K – 12: What is involved and what is the role of the Computer Science Education Community? *Acm Inroads*, 2 (1), 48-54. doi: 10.1145/1929887.1929905.
- Bass, K. M., Magone, M. E., & Glaser, R. (2002). Informing the design of performance assessment using a content-process analysis of two NAEP science tasks (CSE Technical Report No. 564). Retrieved December 1, 2013, from <http://www.cse.ucla.edu/products/reports/TR564.pdf>

- Basson, I. (2002). Physics and mathematics as interrelated fields of thought development using acceleration as an example, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 33(5),679-690.
- Baviskar S.N., Hartle R.T. & Whitney T. (2009). Essential characteristics to describe constructivist teaching. *International Journal of Science Education* 31(2), 541-550
- Bayraktar, S. (2009). Micronceptions of Turkish pre-service teachers about force and motion. *International Journal of Science and mathematical Education*, 7(2), 273-291.
- Benzécri, J. P. (1992). Correspondence analysis handbook. New York: Marcel Dekker
- Bilgin, O. (2006). the effects of hands-on activities incorporating a cooperative learning approach on eight grade students' science process skills and attitudes toward science. *J. Baltic Science Education*, 1, 9, 27-37.
- Bliss Joan, Ogborn Jon, & Whitelock Denise. (1989). Secondary school pupils' commonsense theories of motion, *11(3)*, 261–272.
- Bloom, B., Englehart, M. Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. New York, Toronto: Longmans, Green.
- Bricheno, P. (2000). Science attitude changes on transition. Paper presentation at the ASE conference, Leeds.
- Brown, D. (1989). Students' concept of force: the importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, 24, 353.
- Brown, A. L., & Campione, J. C. (1994). Guided discovery in a community of learners. In K. McGilly (Ed.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (pp. 229-270). Cambridge, MA: MIT Press/ Bradford Books.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–



- Bruner, J., Goodnow J., Austin, G. (1986). *A Study of Thinking*, Transaction Publishers.
- Brunkhorst, B. J. (1992). A study of student outcomes and teacher characteristics in exemplary middle and junior-high science programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(6), 571-583. doi: 10.1002/tea.3660290606
- Brunye, T., Rapp, d.n., & Taylor, H.A. (2004). Building mental models of multimedia procedures: Implications for memory structure and content. Paper presented at the 24th Annual Meeting of the Cognitive Science Society.
- Buarapha, K., Singh, P., & Roadrangka, V. (2006). Teaching, learning and conceptual development of force and motion in third-year preservice physics teachers. *The Journal of Behavioral Science*, 1(1), 62-66.
- Buffler, A., Allie, S., Lubben, F., & Campbell, B. (2001). The development of first year physics students' ideas about measurement in terms of point and set paradigms. *International Journal of Science Education*, 23(11), 1137-1156.
- Burak. (2009). An investigation of the relationship between science process skills with efficient laboratory use and science achievement in chemistry education, *Journal of Turkish Science Education*. 6, 3, 114-132.
- Butuner, S. Ö. & Uzun, S. (2010). Fen öğretiminde karşılaşılan matematik temelli sıkıntılar: Fen ve teknoloji öğretmenlerinin tecrübelerinden yansımalar, *Kuramsal Eitimbilim*, 4(2), 262-272.
- Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry. In J. Minstrel & E. H. V. Zee (Eds.), *Inquiring into inquiry learning and teaching in science* (pp. 20-46). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science (AAAS).
- Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scatter, P., Carlson-Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *BSCS SE instructional model: Origins and effectiveness*. A report prepared for the Office of Science Education, National Institutes of Health.

Colorado Springs, CO: BSCS.

- Bybee, R.W. (2011). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: Understanding ‘a framework for K-12 science education’. *Science Teacher*, 78(9), 34–40.
- Byrnes, J. P., & Wasik, B. A. (1991). Role of conceptual knowledge in mathematical procedural learning. *Developmental Psychology*, 27(5), 777–786.
- Campbell (2006). *The effects of the 5E learning cycle model on students’ understanding of force and motion concepts*. (M.A. Thesis. University of Central Florida, Orlando, USA).
- Candan, A, Turkmen, L. Cardak, O. (2006). The effect of concept mapping on primary school students’ understanding of the concepts of force and motion. *Journal of Turkish Science Education*, 3(1), 66-75.
- Caramazza, A., McCloskey, M., Green, B. (1981). Naïve beliefs in “sophisticated” subjects: misconceptions about trajectories of object. *Cognition*, 9(2), 117-123.
- Carroll, J. B., (1963) *A model of school learning* Teachers College Record, 64, σελ. 723-733.
- Champagne, A., Klopfer, L. E., & Anderson, J. H. (1980). Factors influencing the learning of Classical mechanics. *American Journal of Physics*, 48, 1074 – 1079.
- Chang, C. Y. (2001). A problem-solving based computer-assisted tutorial for the earth sciences. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17(3), 263–274.
- Chang, S.-N., & Chiu, M.-H. (2005). The development of authentic assessments to investigate ninth graders’ scientific literacy: In the case of scientific cognition concerning the concepts of chemistry and physics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 117–140.
- Chen, Z., & Klahr, D. (1999): All Other Things Equal: Acquisition and Transfer of the Control of Variables Strategy. *Child Development*, 70(5), 1098-1120.
- Chi, M.T.H., Kristensen, A.K., & Roscoe, R. 2012. Misunderstanding emergent causal mechanism in natural selection. In K. Rosengren, S. Brem, & G. Sinatra (Eds.),

*Evolution Challenges: Integrating Research and Practice in Teaching and Learning about Evolution* (pp. 145-173). Oxford University Press.

Chin, C., & Kayalvizhi, G. (2002). Posing questions for open investigations: What questions do pupils ask? *Research in Science & Technological Education*, 20(2), 269-287.

Clement, J. (1982). Students' preconceptions in introductory mechanics. *American Journal of Physics*, 50(1), 66-71.

Collins D. W., Flores-Godoy J-J, Tsakalis K. S. and Hoppensteadt F. C., (2003). *Diffusion bay simulation and its impact on the overall FAB performance: A simplified example*, IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing (ISSM '03), pp. 315-318

Confrey, J., & Smith, E. (1994). Exponential Functions, Rates of Change, and the Multiplicative Unit. In *Learning Mathematics* (pp. 31–60). Springer, Dordrecht.  
[https://doi.org/10.1007/978-94-017-2057-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-017-2057-1_2)

Çorlu, M. A., & Corlu, M. S. (2012). Scientific inquiry based professional development models in teacher education. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 12(1), 514–521.

Crawford, B. A. (2000). Embracing the essence of inquiry: New roles for science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(9), 916–937.

Crawford, B. A. (2007). Learning to teach science as inquiry in the rough and tumble of practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(4), 613–642.

Demastes S.Sherry, Good G.Ronald, & Peebles Patsye. (1996). Patterns of Conceptual Change in Evolution, 33(4), 407–431.

Demirci, N. (2005). A study about students' misconceptions in force and motion concepts by incorporating a web-assisted physics program. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 4(3), 40-48.

Dekkers, P. J. J., & Thijj. G. D. (1998). Making productive use of students' initial conceptions in developing the concept of force. *Science Education*, 82, 31-51.

- Department for Education and Skills/Qualification and Curriculum Authority. (2004).  
Science—the national curriculum for England. London: HMSO.
- DiSessa, A. A. (1983). Phenomenology and the evolution of intuition. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 15 – 33). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13(5), 533–568.
- Dreyfus, A., Jungwirth, E., & Eliovitch, R. (1990). Applying the “cognitive conflict” strategy for conceptual change – some implications, difficulties, and problems.” *Science Education*, 74(5) 555–569.
- Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* Milton Keynes, Open University Press.
- Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A. (1985). *Children’s ideas in science. Milton Keynes.* Open University Press.
- Driver, R. & Oldham, V. (1986). "A constructivist approach to curriculum development in science," *Studies in Science Education*, 18, 105-122.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P. & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science—research into children’s ideas.* London: Routledge.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., Wood-Robinson, V. (1998). “Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών- Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών”, Επιμέλεια- πρόλογος: Κόκοτας Π., Ελληνική μετάφραση. Χατζή Μ., Εκδόσεις Τυπωθήτω, Γιώργος Δάρδανος, Αθήνα.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών. Αθήνα: Εκδόσεις ΤΥΠΟΘΗΤΩ.
- Duffy, T.M. & Jonassen, D.H. (eds.) (1992). *Constructivism and the Technology of Instruction: Conversation.* Hillsdale, New Jersey: Erlbaum

- Duggan, S. & Gott, R. (1996). The place of investigation in practical work in the UK National Curriculum for Science. *International Journal of Science Education*, 17(2), 137 – 147.
- Duggan, S., & Gott, R. (2000). Intermediate general national vocational qualification (GNVQ) science: A missed opportunity for a focus on procedural understanding? *Research in Science and Technological Education*, 18(2), 201–214.
- Duit, R. 2009. *Bibliography: Students' and Teachers' Conceptions and Science Education*. Leibniz Institute for Science Education, Kiel, Germany.
- Duschl, R. A., Shouse, A. W., & Schweingruber, H. A. (2007). What Research Says about K-8 Science Learning and Teaching. *Principal*, 87(2), 16–22.
- Duschl, A. (2012). The second dimension – crosscutting concepts: understanding A Framework for K – 12 *Science Education*. *Science Teacher*, 79, 34 – 38.  
Ανακτήθηκε από <http://goo.gl/B1fB6d>
- Duschl, R. A., & Bybee, R. W. (2014). Planning and carrying out investigations: an entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. *International Journal of STEM Education*, 1(1), 12.  
<https://doi.org/10.1186/s40594-014-0012-6>
- Dykstra, D. I., Boyle, C. F., & Monarch, I. A. (1992). Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, 76(6), 615–652. <https://doi.org/10.1002/sci.3730760605>
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.
- Enderstein, L. G., & Spargo, P. E. (1996). Beliefs regarding force and motion: a longitudinal and cross cultural study of South African school pupils. *International Journal of Science Education*, 18(4), 479–492. <https://doi.org/10.1080/0950069960180406>
- Ergul, R., Simsekli, Y., Calis, S., Ozdilek, Z., Gocmencelebi, S., Sanli, M. (2011). Effect of inquirybased science teaching on elementary school students' science process skills and science attitudes. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy*. 5, 1, 48-68
- Ertepinar, H., & Geban, O. (1996). Effect of instruction supplied with the investigativeoriented laboratory approach on achievement in a science course.

Educational Research, 38(3), 333–341.

Eryilmaz, A. (2002). Effects of conceptual assignments and conceptual change discussions on students' misconceptions and achievement regarding force and motion. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10), 1001-1015. doi: 10.1002/tea.10054

Fan, X. (2015). Effectiveness of an inquiry-based learning using interactive simulations for enhancing students' conceptual understanding in physics. <https://doi.org/10.14264/uql.2015.1005>

Felita, W. (2008). The effects of hands on science instruction on the science achievement of middle school. *Dissertation Abstracts International*, 70, 2.

Fleer, Marilyn. (2007). "Concept formation: A cultural-historical perspective". In M. Fleer (Ed.), *Young children: Thinking about the scientific world*. Watson ACT: Early Childhood Australia, 11-13.

Flick, L. B. (2004). Developing understanding of scientific inquiry in secondary students. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Eds.), *Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. 157–172). Dodrecht: Kluwer.

Frederiksen, C., et al. (1988). Monitoring cognitive processing in semantically complex domains. In N. Frederiksen, R. Glaser, A. Lesgold & M. Shafto (Eds.), *Diagnostic monitoring of skill and knowledge acquisition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Furtak, E. M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching. *Science Education*, 90(3), 453–467.

Galili, I. & Bar, V. (1992). Motion implies Force: where to expect vestiges of the misconception? *International Journal of Science Education*, 14(1), 63-81.

Garnett P.J., Garnett, P. J., and Hackling, M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: a review of research and implications for teaching and learning, *Studies in Science Education*, 25, 69-95.

Gerber, B. L., et al. (2001). Relationships among informal learning environments, teaching procedures and scientific reasoning ability. *International Journal of Science*

*Education*, 23(5), 535-549. doi: 10.1080/095006901750162892

- Gilbert, J., & Watts, M. (1983). Misconceptions and alternative conceptions: Changing perspectives in science education. *Studies in Science Education*, 10, 61 – 98.
- Gill, P. (1996). Focus: Can we count on biology? *Journal of Biological Education*, 30(3), 159–160.
- Giordan & de Vecchi (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel: Delachaux et Niestlé.
- Glaesser, J., Richard G., Ros, R. & Barry C. (2009). The Roles of Substantive and Procedural Understanding in Open-Ended Science Investigations: Using Fuzzy Set Qualitative Comparative Analysis to Compare Two Different Tasks. In: *Research in Science Education*, 39(4), 595-624.
- Goossens, L. (1992). Training scientific thinking in children and adolescents: A critical commentary and quantitative integration. In A. Demetriou, M. Shayer, & A. Efklides (Eds.), *Neo-Piagetian theories of cognitive development: Implications and applications for education* (pp. 160-179). London: Routledge.
- Gorsky, P., & Finegold, M. (1992). Using Computer Simulation to Restructure Students' Conceptions of Force. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 11(2), 163–78.
- Gott, R. & Duggan, S. (1995). *Investigative work in the Science Curriculum*. USA: Open University Press.
- Gott, R. & Roberts, R. (2003). A written test for procedural understanding: a case study into pupil's performance. *Paper presented at ESERA 2003*. Amsterdam
- Gott, R., Duggan, S., & Roberts, R. (n.d.). Concepts of evidence. Retrieved from [www.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/CofEv\\_Gott%20et%20al.pdf](http://www.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/CofEv_Gott%20et%20al.pdf)
- Gott, R., & Roberts, R. (2008). Concepts of evidence and their role in open-ended practical investigations and scientific literacy; background to published papers. Retrieved from [https://www.dur.ac.uk/resources/education/research/res\\_rep\\_short\\_master\\_final.pdf](https://www.dur.ac.uk/resources/education/research/res_rep_short_master_final.pdf)

- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K -12: A Review of State of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38 – 43. doi: 0.3102/0013189X12463051.
- Gunstone, R. F., Gray, C. M. R., & Searle, P. (n.d.). Some long-term effects of uninformed conceptual change. *Science Education*, 76(2), 175–197. <https://doi.org/10.1002/sce.3730760206>
- Hackling, M. W. & Fairbrother, R. W. (1996). Helping students to do open investigations in science. *Australian Science Teachers Journal*, 42 (4), 26-33.
- Hackling, M. W. (1998). *Working scientifically' Implementing and assessing open investigation work in science*. Perth: Education Department of Western Australia
- Hackling, M.W (2005). *Working Scientifically: Implementing and Assessing Open Investigation Work in Science*. Department of Education and Training, Western Australia. A resource book for primary and secondary teachers of Science, prepared for the Department of Education and Training, Western Australia.
- Halim, L., Yong, T. K., & Meerah, T. S. M. (2014). Overcoming Students' Misconceptions on Forces in Equilibrium: An Action Research Study. *Creative Education*, 5, 1032-1042.
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53, 1056 – 1065.
- Hammer, D. (1996). More than misconceptions: Multiple perspectives on student knowledge and reasoning, and an appropriate role for education research. *American Journal of Physics*, 64(10), 1316-1325.
- Harlen, W. (2000). *Teaching, learning and assessing science*, (3rd ed) London: Paul Chapman publishing, 5-12.
- Harwood, W. S. (2004). A new model for inquiry—is the scientific method dead? *Journal of College Science Teaching*, 33(7), 29–33.
- Hewson, M. (1982). *Student's Existing Knowledge as a Factor Influencing the Acquisition of Scientific Knowledge*. Phd. Thesis University of Witwatersrand Johannesburg, S. Africa



- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A.B. (1984). The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and the Design on Science Instruction. *Instructional Science*, 13(1), 1–13
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: A response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 99–107.
- Hodson, Derek. 1985. "Philosophy of science, science and science education." *Studies in Science Education* 12: 25-57.
- 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*. Garden Grove, CA.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok-Naaman, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791–806.
- Hurley, M.M. (2001). Reviewing integrated science and mathematics: the search for evidence and definitions from new perspectives. *School Science and Mathematics*, 101(5), 259-268
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1964). *The early growth of logic in the child*. London:Routledge & Kegan Paul.
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2001). The changing meanings of force: From coherence to fragmentation. *Cognitive Science Quarterly*, 2(1), 5 – 62. Retrieved October 30, 2006, from <http://www.cs.phs.uoa.gr/el/staff/vosniadou/force.pdf>
- ISTAR Assessment. (2011). Inquiry for scientific thinking and reasoning. Retrieved from <http://www.istarassessment.org/>
- Itza-Ortiz, S., Rebello, S., & Zollman, D. (2004). Students' models of Newton's second law in mechanics and electromagnetism. *European Journal of Physics*, 25(1), 81-89.

- Jack, G. U. (2013). The influence of identified student and school variables on students' science process skills acquisition. *Journal of Education and Practice*, 4, 5 ISSN 2222-1735 (Paper) ISSN 2222-288X (Online) www.iiste.org
- Jagger, J.M. (1987). Student's understanding of acceleration. *Mathematics in School*, 16(4), 24–25.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36, 183–204
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2003). Investigating Greek student's ideas about forces and motion. *Research in Science Education*, 33, 375-392.
- Johnson, D.W., Johnson, R.T., (1987) *Learning together and alone* Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Jonassen, D. H. (1994). Thinking Technology: Toward a Constructivist Design Model. *Educational Technology*, 34(4), 34–37.
- Jones T. Alister (1983). Investigation of student's understanding of speed, velocity and acceleration. *Research in Science Education*, 13, 95–104.
- Jones, D. T., Taylor, W. R., & Thornton, J. M. (1992). A new approach to protein fold recognition. *Nature*, 358, 86-89.
- Jones, M. T., et al. (2007). Implementing inquiry kit curriculum: Obstacles, adaptations, and practical knowledge development in two middle school science teachers. *Science Education*, 91(3), 492-513.
- Jose Mestre, & Jerold Touger. (1989). Cognitive research-what's in it for physics teachers? *The Physics Teacher*, 27, 447–456.
- kang S., Scharmann L., Noh, T., (2004), Reexamining the role of cognitive conflict in science concept learning, *Research in Science Education*, 34, 71-96.
- Karakuyu, Y. (2008). Fizik Öğretmenlerinin Fizik Eğitiminde Karşılaştığı Sorunlar:

- Kerr, K., Beggs, J. and Murphy, C. (2006). 'Comparing Children's and Student Teachers' Ideas about Science Concepts', *Irish Educational Studies*, 25(3), 289-302.
- Keys, C. W., Bryan, L. A. (2001). Co-constructing Inquiry-based Science with teachers: Essential research for lasting reform. *Journal of Research in Science*, 25 (1) 6631-6645.
- Khishfe, R., & Lederman, N. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: Integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 395–418.
- Kıray, S.A., & Kaptan, F. (2012). The effectiveness of an integrated science and mathematics program: Science-centered mathematics assisted integration. *Energy Education Science and Technology Part B: Social and Educational Studies*, 4(2), 943-956.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, 12(1), 1–48.
- KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005a). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz—Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss [Decisions of the Assembly of German Ministers of Education—Educational standards in biology for lower secondary school]. München: Luchterhand.
- KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005b). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz—Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss [Decisions of the Assembly of German Ministers of Education—Educational standards in chemistry for lower secondary school]. München: Luchterhand.

- KMK/Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005c). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz— Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss [Decisions of the Assembly of German Ministers of Education— Educational standards in physics for lower secondary school]. München: Luchterhand.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science. The Cognition and Development of Discovery Processes*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Klahr, D., & Nigam, M. (2004): The Equivalence of Learning Paths in Early Science Instruction. Effects of Direct Instruction and Discovery Learning. *Psychological Science* 15(10), 661- 667.
- Koeppen, K., Hartig, J., Klieme, E., & Leutner, D. (2008). Current issues in competence modeling and assessment. *Journal of Psychology*, 216(2), 61–73.
- Kozma, R., et al. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949-968.
- Kozma, R., et al. (2005). Students becoming chemists: Developing representationl competence. In K. J. Gibert (Ed.), *Visualization in Science Education* (Vol. 1, pp. 121-146). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Krajcik, J., Soloway, E., Blumenfeld, P., & Marx, R. (1998). Scaffolded technology tools to promote teaching and learning in science. In C. Dede (Ed.), *ASCD 1998 yearbook: Learning with technology* (pp. 31-45). Alexandria, VA: ASCD.
- Krajcik, J., Blumenfeld, P., Marx, R., & Soloway, E. (2000). Instructional, curricular, and technological supports for inquiry in science classrooms. In J. Minstrell & E. H. van Zee (Eds.), *Inquiry into inquiry: Science learning and teaching* (pp. 283 -315). Washington, DC: American Association for the Advancement of Science Press.
- Kremer, K., Specht, C., Urhahne, D., & Mayer, J. (2014). The relationship in biology between the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Biological Education*, 48(1), 1–8.
- Kwon, J. (1997) “The necessity of cognitive conflict strategy in science teaching.” Paper

presented at the International Conference on Science Education: Globalization of Science Education, May 26-30, Seoul, Korea.

Kyriazi, E. & Constantinou, C. (2005). The Science Fair as a Means for Developing Graphing Skills in Elementary School. In P. Michaelide & A. Margetousaki, (eds). Proceedings of the 2nd International Conference on Hands on Science: “Science in a Changing Education” (pp. 359-368), Rethymno: The Laboratory for Science Teaching, Department of Education, University of Crete.

Lanka, S. (2007). Analysis report on teacher training system: Investigation of pre-service teachers’ assessment in scientific process skills. *Research in Science and Technology Education*, 25 (1) 1- 10.

Lazarowitz, R., Baird, J. H., Bowlden, V., & Hertz-Lazarowitz, R. (1996). Teaching biology in a group mastery learning mode: High school students’ academic achievement and affective outcomes. *International Journal of Science Education*, 18(4), 447–462.

Lebart, L., Morineau, A., & Pitron, M.(1981).*Statistique exploratoire multidimensionnelle* (Exploratory multidimensional statistics).Paris: Dunod Editeur.

Lederman, N. G. (2007). *Nature of science: Past, present, and future*. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 831–879). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Lee, Y. J. (1998) “The effect of cognitive conflict on students' conceptual change in Physics.” Doctoral dissertation, Korea National University of Education.

Lemmer, M. 2013. Nature, Cause and Effect of Students' Intuitive Conceptions Regarding Changes in Velocity. *International Journal of Science Education* 35(2), 239-261.

Lévy B., Millié Ph., Spiegelman F., Sanchez-Marin J. & Guihéry N., (2006). *About the scientific contribution of Jean-Paul Malrieu*, *Theor. Chem. Acc.* 116, pp. 383–389

Li, M., Shavelson, R. J., Kupermintz, H., & Ruiz-Primo, M. A. (2002). On the relationship between mathematics and science achievement in the United States. In D. F.

- Robitallie and A. E. Beaton (eds.). *Secondary analysis of the TIMSS data* (pp. 233-249). Kluwer Academic Publisher: the Netherlands.
- Lubben, F., & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data. *International Journal of Science Education*, 18(8), 955–968.
- Lunetta V.N., (1998). The school science laboratory: historical perspectives and centers for contemporary teaching. . In P. Fensham (Ed.). *Developments and dilemmas in science education* (pp 169-188), London, Falmer Press.
- Maloney, D. P. (1984). Rule-governed Approaches to Physics--Newton's Third Law. *Physics Education*, 19(1), 37–42.
- Marioni, C. (1989). Aspects of students' understanding in classroom settings (age 10-17): Case study on motion and inertia. *Physics Education*, 24(5), 273-277.
- 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, 501-516.
- Mathewson J. H., (1999), *Visual-Spatial Thinking: An Aspect of Science Overlooked by Educators*, *Science Education* 83, pp. 33-54
- Mattheis, F. E., et al. (1988). Effects of a laboratory-centered inquiry program on laboratory skills, science process skills, and understanding of science knowledge in middle grades students.
- Matthews, M. R. (2007, αγγλική έκδοση 1994). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες. Ο ρόλος της ιστορίας και της φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*(επιστημονική επιμέλεια και εισαγωγή: Φανή Σέρογλου). Αθήνα: Επίκεντρο.
- McCloskey, M. (1983). Naive theories of motion. In D. Gentner & A. L. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 299 –324). Hillsdale, NJ: Erlbaum
- McDermott, L. C. (1990). A perspective on teacher preparation in physics and other sciences: The need for special science courses for teachers. *American Journal of Physics*, 58(8), 734–742.

<https://doi.org/10.1119/1.16395>

Micheloud, F. X. (1997). Correspondence analysis [WWW document]. URL <http://www.micheloud.com/FXM/index3.htm>

Mielants H. & Mielants E., (1999). *The importance of simulation as a mode of analysis: Theoretical and practical implications and considerations*, BTNG 27 (3-4) pp. 293-322.

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. [Science Education]. *Journal of Research in Science Teaching* 47(4), 474-496.

Minstrell, J. (1982). Explaining the “at rest” condition of an object. *The Physics Teacher*, 20(1), 10-14.

Möller, A., Hartmann, St. & Mayer, J. (2010). Differentiation and development of five levels in scientific inquiry skills: a longitudinal assessment of Biology students in grade 5 to 10. Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching (NARST), Philadelphia, United States.

Myers, E. (2006). *A Personal Study of Science Process Skills in a general Physics Classroom*. A Capstone submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Masters of Arts in Education, Natural Sciences/Environmental Education, Hamline University, Saint Paul, Minnesota

National Research Council (1996). *National science education standards: Observe, interact, change, learn*. Washington, D.C.: National Academy Press.

National Research Council (NRC). (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, DC: National Academy Press.

National Research Council (NRC). (2011). *A Framework for K–12 Science Education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.

- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Next Generation Science Standards, 2013. Appendix F, Science and Engineering Practices . Στο *Next Generation Science Standards: For States, by States*, (τομ. 2, σελ. 382-412). Washington, DC: National Academy Press. Ανακτήθηκε από <http://goo.gl/zuzZxj>
- NGSS Lead States. (2013). Next generation science standards: For states, by states. Retrieved December 1, 2013, from <http://www.nextgenscience.org/next-generation-science-standards>
- Niedderer Hans, & Goldberg Fred. (1994). An Individual Student's Learning Process in Electric Circuits. Presented at the Paper presented at NARST Annual Meeting 1994 in Anaheim.
- NSF, (2006). *Report of the National Science Foundation Blue Ribbon Panel on Simulation-Based Engineering Science*, Ανακτήθηκε στις 10 Φεβρουαρίου 2015 από τη διεύθυνση [http://www.nsf.gov/pubs/reports/sbes\\_final\\_report.pdf](http://www.nsf.gov/pubs/reports/sbes_final_report.pdf)
- OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A framework for PISA 2006*. Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2012). The PISA 2015 assessment framework: Key competencies in reading, mathematics and science. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>.
- OECD (2013). *PISA 2015 Draft Science Framework*. Retrieved from <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Science%20Framework%20pdf>
- Offer, J., & Vasquez-Mireles, S. (2009). Mix it up: Teacher's beliefs on mixing mathematics and science. *School Science and Mathematics*, 109(3), 146-152.
- Ollerenshaw, C., Ritchie, R. (1993). *Primary Science: Making it Work*. David Fulton Publishers, London



- Ontario Ministry of Education. (2008a). The Ontario curriculum, Grades 9 and 10: Science, 2008.
- Ontario Ministry of Education. (2008b). The Ontario curriculum, Grades 11 and 12: Science, 2008: Queen's Printer for Ontario.
- Oon, P. T., & Subramaniam, R. (2011). On the declining interest in physics among students—from the perspective of teachers. *International journal of Science education*, 33(5), 727-746.
- Orton, T., & Roper, T. (2000). Science and mathematics: A relationship in need of counselling? *Studies in Science Education*, 35(1), 123–153.  
doi:[10.1080/03057260008560157](https://doi.org/10.1080/03057260008560157).
- Osborne, R.J., & Gilbert, J.K. (1980). A technique for exploring student's views of the world. *Physics Education*, 15, 376-379.
- Osborne, R. (1985). Building on children's intuitive ideas. In R. Osborne & P. Freyberg (eds.), *Learning in Science*, Heinemann, Auckland, New Zealand.
- Osborne, R., Freyberg, P. (1985). *Children's science*. In R. Osborne & P. Freyberg (Eds.), *Learning in Science*. (pp. 5-14). Auckland, NZ: Heinemann.
- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177–196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Owen J. M., Calnin G. T. & Lambert F. C., (2002). *Evaluation of Science and Technology Education at the Dawn of a New Millennium: (Chapter 6) Evaluation of Information Technology*, Springer Netherlands, ISBN 978-0-306-46749-3 (Print) 978-0-306-47560-3 (Online)
- Palmer, D. (1997). The effect of context on students' reasoning about forces. *International Journal of Science Education*, 19 (6), 681–696.
- Pantazopoulou, A. & Skoumios, M. (2013). The persistence of students' conceptions about buoyancy in gases. *The International Journal of Science in Society*, 4 (3), 95-108

- Park, J. & Han, S. (2002). Using deductive reasoning to promote the change of students' conceptions about force and motion. *International Journal of Science Education*, 24(6), 593-609.
- Park-Rogers, M. A., Volkmann, M.J., & Abell, S. K. (2007). Science and mathematics: A natural connection. *Science and Children*, 45(2), 60-61.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. N.Y.: Basic Books.
- Pfundt, H. & Duit, R. (2004). *Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education*. Kiel: IPN.
- PHET (26/10/2012), *Δυνάμεις και κίνηση*, Ανακτήθηκε στις 10 Φεβρουαρίου 2014  
url: <https://phet.colorado.edu/el/simulation/legacy/forces-and-motion>
- Phillips, D.C., Ed. (2000). *Constructivism in education: Opinions and second opinions on controversial issues*. Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Posner G.J and Strike, K.A. et. Ad (1982). Accommodation of a scientific conception: Towards a theory of conceptual change. *Science Education* 66 (2)
- Reiner, M., Slotta, J. D., Chi, M. T. H., & Resnick, L. B. (2000). Naive physics reasoning: A commitment to substance-based conceptions. *Cognition and Instruction*, 18, 1 – 34.
- Remziye, Yeter, Sevgül, Zehra, Meral. (2011). The effects of inquiry-based science teaching on elementary school students' science process skills and science attitudes, *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*, 5, 1.
- Rezba, R.J. (1995) *Learning and assessing science process skills*. Dubque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Rillero, P. (1998). Process skills and content knowledge. *Science Activities*, 35(3), 35.
- Roberts, R., & Gott, R. (2003). Assessment of biology investigations. *Journal of Biological Education*, 37(3), 114–121.
- Roehrig, G. H., et al. (2004). Constraints experienced by beginning secondary science

teachers in implementing scientific inquiry lessons. *International Journal of Science Education*, 26(1), 3-24. doi: 10.1080/0950069022000070261

Roth, W.-M., & Roychoudhury, A. (1993). The Development of Science Process Skills in Authentic Contexts. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(2), 127-152.

Roth, W.M. 1995. *Authentic school science*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.

Rumelhart, D.E. and Norman D.A. (1978). Accretion, Tuning and Restructuring: The three modes of Learning. In Cotton, J.A. and KLATZKY, R (Eds), *Semantic factors in cognition*. Hilldale N.J.

Russell, C. B., et al. (2011). A comparative study of traditional, inquiry-based, and research-based laboratory curricula: impacts on understanding of the nature of science. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 57-67. doi: 10.1039/C1RP90008K

Sabanand, N. and Kess, J. (1990), Concepts in force and motion, *The Physics Teacher*, 28(8), 530-533.

Sadeh, I., & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1137–1160.

Sahin, E., & Yagbasan, R. (2012). Determining which introductory physics topics pre-service physics teachers have difficulty understanding and what accounts for these difficulties. *European Journal of Physics*, 33(2), 315.

Schauble, L., Glaser, R., Duschl, R. A., Schulze, S., & John, J. (1995). Students' understanding of the objectives and procedures of experimentation in the science classroom. *Journal of the Learning Sciences*, 4(2), 131–166.

Schneider, R. M., Krajcik, J., Marx, R.W., & Soloway, E. (2002). Performance of Students in Project-Based Science Classrooms on a National Measure of Science Achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(5), 410–422.

Schwartz, R., Lederman, N., & Crawford, B. (2004). Developing views of nature of science

in an authentic context: An explicit approach to bridging the gap between nature of science and scientific inquiry. *Science Education*, 88(4), 610–645.

Schwarz, C. V., & Gwekwerere, Y. N. (2007). Using a guided inquiry and modeling instructional framework (EIMA) to support preservice K-8 science teaching. *Science Education*, 91(1), 158-186.

Science and Technology/Engineering Standards. (2011). *Pre-K to Grade 8 by grade and Introductory High School Courses. Based on the Next Generation Science Standards*. Department of Education. Massachusetts.

Scott, W. Richard (1987). “The adolescence of institutional theory,” *Administrative Science Quarterly* 32:493-511.

Scott, P., Asoko, H., & Driver, R. (1992). Teaching for conceptual change: A review of strategies. In R. Duit, F. Goldberg, & H. Niedderer (Eds.), *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies* (pp. 310-329). Kiel, Germany: University of Kiel.

Sequeira, M. and Leite, L. (1991), Alternative conceptions and history of science in physics teacher education, *Science Education*, 75, 45

Shymansky, J. A. (1983). The effects of new science curricula on student performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 387-404.

Sjoberg, S., & Lie, S. (1981). *Ideas about force and movement among Norwegian pupils and students*. Institute of Physics Report Series: Report 81-11, University of Oslo.

Sequeira, M., & Leite, L. (1991). Alternative conceptions and history of science in physics teacher education. *Science Education*, 75(1), 45–56. <https://doi.org/10.1002/sce.3730750105>

Skoulidis N. & Polatoglou H. M., (2007). *Integrated tool for the teaching of structural and Optical properties of nanostructures*, *Journal of Materials Education* Vol. 29 (1-2), pp. 117-132

- Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2005). The role of cognitive conflict in science concept learning, *International Journal of Learning*, 12 (7), p. 185-194.
- Skoumios, M. & Hatzinikita, V. (2006). Research-based teaching about science at the upper primary school level, *International Journal of Learning*, 13 (5), p. 29-42.
- Skoumios, M. (2008). Sociocognitive conflict processes in science learning: benefits and limits, *Journal of Baltic Science Education*, 7 (3), 165-174.
- Skoumios, M. (2009) The effect of sociocognitive conflict on students' dialogic argumentation about floating and sinking. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4 (4), 381-399.
- Skoumios, M. (2013). The nature of the criteria the students use to justify their ideas during a computer assisted instruction based on socio-cognitive conflict processes. *Ubiquitous Learning: An International Journal*, 5 (3), 25-41.
- Skoumios, M., & Moutzouri, G. (2016).The contribution of teaching sequences to the development of student's conceptions:temperature and phase changes. *International Journal of Science, Mathematics and Technology Learning*,23(2), 1-19.
- Skoumios, M. & Gkolia, E. (Sep2016). Developing Instructional Materials on the Speed of Sound in Solids, Liquids, and Gases for Primary School Students: A Constructivist Approach with Computer Simulations. *Ubiquitous Learning; An International Journal*, 9(3), 1–17.
- Slavin, R. E., (1987) *Developmental and motivational perspectives on cooperative learning: A reconciliation*, *Child Development*, 58(5), σελ. 1161-1167
- Sneider, C., (n.d.). *What do I do with crosscutting concepts?* Mr. Graw Hill Education online website, <https://www.mheonline.com/ngss/view/9>
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63–82.
- Stinner, A. (1994). Providing a contextual base and a theoretical structure to guide the teaching of high school physics. *Physics Education*, 29(6), 375. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/29/6/007>

- Strike, K. et al (1985). A Conceptual Change View of Learning and Understanding. Στο West, L. & Pines, L. (Eds.): *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Orlando, Academic Press
- Sund, R. B., Trowbridge, L. W., Tillery, B. W., & Olson, K. V. (1967). *Elementary science teaching activities: A discovery laboratory approach*. Columbus, Ohio: C. E. Merrill Books.
- Symington, D. & Kirkwood, V. (1995). "Science in the Primary School Classroom". In B. Hand & V. Prain (Eds.), *Teaching and learning in science: the constructivist classroom*. Sydney: Harcourt Brace, 193-210.
- Tall, D., ( 1991) *Advanced Mathematical Thinking* , Kluwer(ed.), Dordrecht
- Tao, P. K. (1997). Confronting students' alternative conceptions in mechanics with the Force and Motion Microworld. *Computers in Physics*, 11(2), 199-207.
- Tao,P.K,& Gunstone ,R.F. (1999).A process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*,36(7),859-882.
- Terry, C., Jones, G. and Hurford, W. (1985), Children's conceptual understanding of force and equilibrium, *Physics Education*, 20(4), 162-165.
- Terry, C., & Jones‡, G. (1986). Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 291–298.  
<https://doi.org/10.1080/0140528860080305>
- Thier, Herbert. (1970). *Teaching elementary school science: A laboratory approach*. Lexington, Mass.: Heath.
- Thijs, G. (1992). Evaluation of an introductory course on "force" considering students' preconceptions. *Science Education*, 76(2), 155-174.
- Thornton, R. & Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, 66(4), 338-352.

- Treagust, D., & Duit, R. 2009. Multiple Perspectives of Conceptual Change in Science and the Challenges Ahead. *Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia* 32(2), 89-104.
- Trowbridge E. David, & McDermott C. Lillian. (1980). Investigation of student understanding of the concept of velocity in one dimension. *American Association of Physics Teachers*, 48, 1020–1028. <https://doi.org/10.1119/1.12298>
- Tsurusaki, Katelin, B. (2009). Connecting school science and students' everyday lives. *Dissertation Abstracts International*, 69, 10.
- Turpin, T., Cage, B. N. (2004). The effects of an integrated, activity-based science curriculum on student achievement, science process skills, and science attitudes. *Electronic Journal of Literacy through Science*, 3.
- Umran Betul Cebesoy, & Betul Yeniterzi. (2016). Seventh Grade Student's Mathematical Difficulties in Force and Motion Unit, 5(1). <https://doi.org/10.19128/turje.51242>
- Venville, G., Rennie L., & Wallace, J. (2004). Decision making and sources of knowledge: how students tackle integrated tasks in science, technology and mathematics. *Research in Science Education*, 34, 115-135
- Viennot, L. (1979). Spontaneous Reasoning in Elementary Dynamics, στο: *European Journal Science Education*, 1(2), 205-221.
- Von Secker, C. E., et al. (1999). Estimating the impact of instructional practices on student achievement in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1110-1126. doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1110::AID-TEA4>3.0.CO;2-T
- Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: a psychological point of view. *International Journal of Science Education*, 20(10), 1213- 1230.
- Wandersee, J. et al. (1993). Research on Alternative Conceptions in Science. Στο Gabel, D. (Ed.): *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York, Macmillan

- Wang, J. (2005). Relationship between mathematics and science achievement at the 8th grade. *International Online Journal Science Math Education*, 5, 1-17.
- Watson, R., Goldsworthy, A., & Wood-Robinson, V. (1999). What is not fair with investigations? *School Science Review*, 80(292), 101–106.
- Watson, R., Swain, J., & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific enquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25–46.
- Watts, D. M., & Zylbersztajn, A. (1981). A survey of some children's ideas about force. *Physics Education*, 16(6), 360.
- Watts, D. M. (1982). Gravity - don't take it for granted! *Physics Education*, 17(3), 116.
- 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* (S. 289–294). Ankara, Turkey: Pegem Akademi.
- Wheatley, G. (1991). Constructivist perspectives on science and Mathematics learning. *Science Education*, 75(1), 9-21.
- Whitaker, R. J. (1983). Aristotle is not dead: Student understanding of trajectory motion, *American Journal of Physics*, 51(4), 352–357.
- White B, & Horwitz P. (1988). Computer microworlds and conceptual change: A new approach to science education.
- 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, 151-182.
- Widolo, A., Duit, R. & Muller, C. (2002). Constructivist views of teaching and learning in practice: teachers' views and classroom behavior, Paper presented at the *Annual meeting of the national Association for Research in Science Teaching*, New Orleans



- Wiggins, G. P., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Windschitl, M. (2004). Folk theories of “inquiry:” How preservice teachers reproduce the discourse and practices of an atheoretical scientific method. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 481-512. doi: 10.1002/tea.20010
- Worth, K., Duque, M., & Saltiel, E. (2009). *Designing and implementing inquiry-based science units for primary education*. Seed Cities for Science. A community approach for a sustainable growth of science education in Europe. La main ala pate: France. Ανακτήθηκε από: <http://goo.gl/mJ2kpl>
- Wynne, H. (1999). Purposes and procedures for assessing science process skills. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice* 6(1). Retrieved March 3, 2006 from ProQuest database.
- Yager, R. E. (1991). The Constructivist Learning Model. *Science Teacher*, 58(6), 52-57.
- Yager, R. (1994). Integrated science: The importance of ‘how’ versus ‘what’. *School Science & Mathematics*, 94(7), 338-347.
- Yuruk, N. (2007). A case study of one student’s metaconceptual process and the changes in her alternative conceptions of force and motion. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(4), 305-325.
- Zietsman, A. I., & Hewson, P. W. (1986). Effect of instruction using microcomputer simulations and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(1), 27–39. <https://doi.org/10.1002/tea.3660230104>
- Zimmerman, C. (2007). The development of scientific thinking skills in elementary and middle school. *Developmental Review*, 27(2), 172–223.
- Zion, M., Slezak, M., Shapira, D., Link, E., Bashan, N., Brumer, M., Orian, T., Nussinowitz, R., Court, D., Agrest, B., Mendelovici, R., & Valanides, N. (2004). Dynamic, Open Inquiry in Biology Learning. *Science Education*, 88(5), 875-894.

Zohar, A., & Aharon-Kravetsky, S. 2005. Exploring the effects of cognitive conflict and direct teaching for students of different academic levels. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 829-855.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 (Ερωτηματολόγιο)

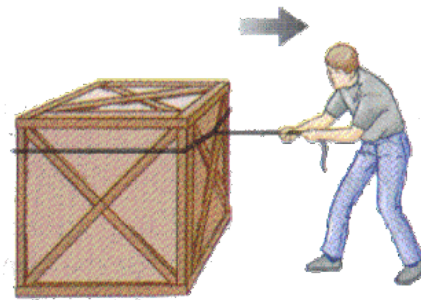
## ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ



Όνομα: \_\_\_\_\_

Τάξη / Σχολείο: \_\_\_\_\_

**Ερώτηση 1:** Ο άνθρωπος της παρακάτω εικόνας τραβά το κιβώτιο με μια σταθερή δύναμη με αποτέλεσμα αυτό να κινείται με σταθερή ταχύτητα. Η σταθερή οριζόντια δύναμη που εφαρμόζει ο άνθρωπος:

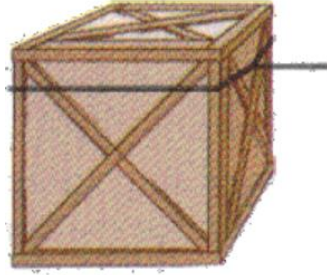


- (α) Έχει την ίδια τιμή με το βάρος του κιβωτίου
- (β) Είναι μεγαλύτερη από το βάρος του κιβωτίου
- (γ) Έχει την ίδια τιμή με τη συνολική δύναμη που αντιστέκεται στη κίνηση του κιβωτίου.
- (δ) Είναι μεγαλύτερη από τη συνολική δύναμη που αντιστέκεται στη κίνηση του κιβωτίου.
- (ε) Είναι μεγαλύτερη από το βάρος του κιβωτίου ή από τη συνολική δύναμη που αντιστέκεται στην κίνηση του.

Δικαιολόγησε όσο πιο αναλυτικά μπορείς την απάντησή σου

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

**Ερώτηση 2:** Το σχοινί με το οποίο ο άνθρωπος της ερώτησης 1 τραβά το κιβώτιο κόβεται ξαφνικά, τότε το κιβώτιο:

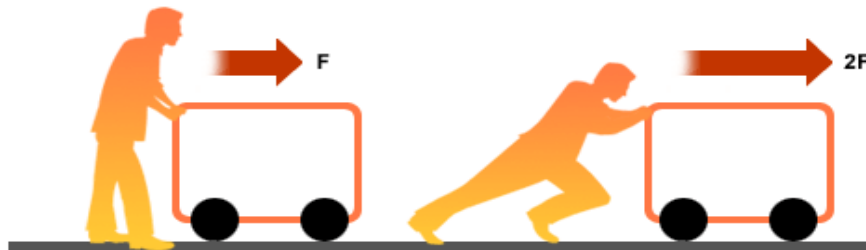


- (α) Θα σταματήσει αμέσως.
- (β) Θα συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα για λίγο και στη συνέχεια θα σταματήσει σιγά σιγά.
- (γ) Θα αρχίσει αμέσως να επιβραδύνεται ( να μειώνεται συνεχώς η ταχύτητά του) μέχρι να σταματήσει.
- (δ) Θα συνεχίσει να κινείται με σταθερή ταχύτητα.
- (ε) Θα αυξήσει την ταχύτητα του για λίγο και στη συνέχεια θα αρχίσει να επιβραδύνεται.

Δικαιολόγησε όσο πιο αναλυτικά μπορείς την απάντησή σου

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

**Ερώτηση 3:** Σπρώχνετε ένα κιβώτιο με σταθερή οριζόντια δύναμη, με αποτέλεσμα το κιβώτιο να μετακινείται με σταθερή ταχύτητα πάνω σε οριζόντιο δάπεδο. Κατόπιν σπρώχνετε το ίδιο κιβώτιο στο ίδιο πάτωμα με σταθερή οριζόντια δύναμη διπλάσια της αρχικής δύναμης. Το κιβώτιο τώρα κινείται:

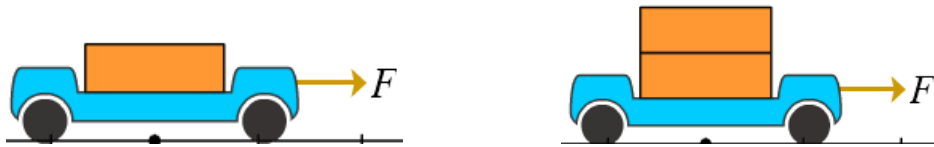


- (α) Με σταθερή ταχύτητα η οποία είναι μεγαλύτερη από την αρχική ταχύτητα του κιβωτίου
- (β) Για λίγο με σταθερή ταχύτητα η οποία είναι μεγαλύτερη από την αρχική ταχύτητα του κιβωτίου, και μετά με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα.
- (γ) Με σταθερή ταχύτητα η οποία έχει διπλάσιο μέτρο από την αρχική ταχύτητα .
- (δ) Με συνεχώς αυξανόμενη ταχύτητα.
- (ε) Για λίγο με ταχύτητα που αυξάνεται, και στη συνέχεια με ταχύτητα σταθερού μέτρου.

Δικαιολόγησε όσο πιο αναλυτικά μπορείς την απάντησή σου

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

**Ερώτηση 4:** Σε ένα καλά γυαλισμένο δάπεδο ένας άνθρωπος σπρώχνει ένα φορτηγάκι με άδεια καρότσα με μία δύναμη. Στην πορεία της κίνησης του κάποιοι εργάτες ρίχνουν άμμο συνεχώς στην καρότσα του. Με ποια από τις παρακάτω προτάσεις συμφωνείς;



- (α) Η επιτάχυνση του καροτσιού είναι σταθερή
- (β) Η επιτάχυνση του καροτσιού συνεχώς μειώνεται
- (γ) Το καρότσι κινείται με σταθερή ταχύτητα
- (δ) Η κίνηση του καροτσιού είναι ομαλά επιταχυνόμενη

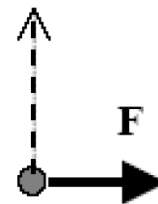
Δικαιολόγησε όσο πιο αναλυτικά μπορείς την απάντησή σου

.....

.....

.....

**Ερώτηση 5:** Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένας λείος μικρός δίσκος του χόκεϋ που γλιστρά πάνω σε οριζόντιο επίπεδο πάτωμα χωρίς τριβές κατά μήκος της ευθείας στην κατεύθυνση του διακεκομμένου βέλους. Εσείς κοιτάτε το δίσκο από ψηλά. Εάν μια δύναμη  $F$  ασκείται **κάθετα** στη διεύθυνση κίνησης του δίσκου, σε όλη τη διάρκεια της κίνησης του, τότε η ταχύτητα του δίσκου:



- (α) Ελαττώνεται συνεχώς
- (β) Παραμένει σταθερή
- (γ) Αυξάνεται συνεχώς
- (δ) Παραμένει σταθερή για λίγο και αυξάνεται μετά
- (ε) Αυξάνεται για λίγο και μετά παραμένει σταθερή

Δικαιολόγησε όσο πιο αναλυτικά μπορείς την απάντησή σου

.....

.....

.....

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

Ο Γιάννης και η Μαρία παίζουν στο σαλόνι του σπιτιού τους σπρώχνοντας αυτοκινητάκια. Ο Γιάννης πιστεύει ότι τα αυτοκινητάκια κυλούν πιο εύκολα και διανύουν μεγαλύτερη απόσταση (μέχρι να σταματήσουν) στα μάρμαρα του σαλονιού παρά στο χαλί της κρεβατοκάμαρας. Η Μαρία πιστεύει ότι αν σπρώξει τα αυτοκινητάκια αυτά διανύουν μέχρι να σταματήσουν την ίδια απόσταση στα μάρμαρα του σαλονιού και στο χαλί της κρεβατοκάμαρας. Επειδή διαφωνούν αποφάσισαν να κάνουν μια έρευνα.

**Ερώτηση 6:** Ποιο ερώτημα έχουν να ερευνήσουν;

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

**Ερώτηση 7:** Ποια θα μπορούσε να είναι μια απάντηση στο ερώτημα που θα ερευνήσουν;

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

**Ερώτηση 8:** Τι θα αλλάξουν στην έρευνα που θα κάνουν;

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

**Ερώτηση 9:** Τι δεν θα αλλάξουν στην έρευνα που θα κάνουν;

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

**Ερώτηση 10:** Τι θα ελέγχουν (μετρούν) στην έρευνα που θα κάνουν;

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

**Ερώτηση 11:** Ποια πειραματική διαδικασία θα πρέπει να ακολουθήσουν; Να περιγράψεις αναλυτικά τι θα πρέπει να κάνουν.

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

*Για να απαντήσεις στις ερωτήσεις 12-15 διάβασε το παρακάτω κείμενο.*

Ο Δημήτρης πήρε τρία ίδια ποτήρια που περιέχουν την ίδια ποσότητα νερού διαφορετικών θερμοκρασιών (20°C , 40°C , 100°C). Σε κάθε ποτήρι διάλυσε 10 g ζάχαρης αναδεύοντας με τον ίδιο ακριβώς τρόπο όπως στην παρακάτω φωτογραφία,



20°C



40°C

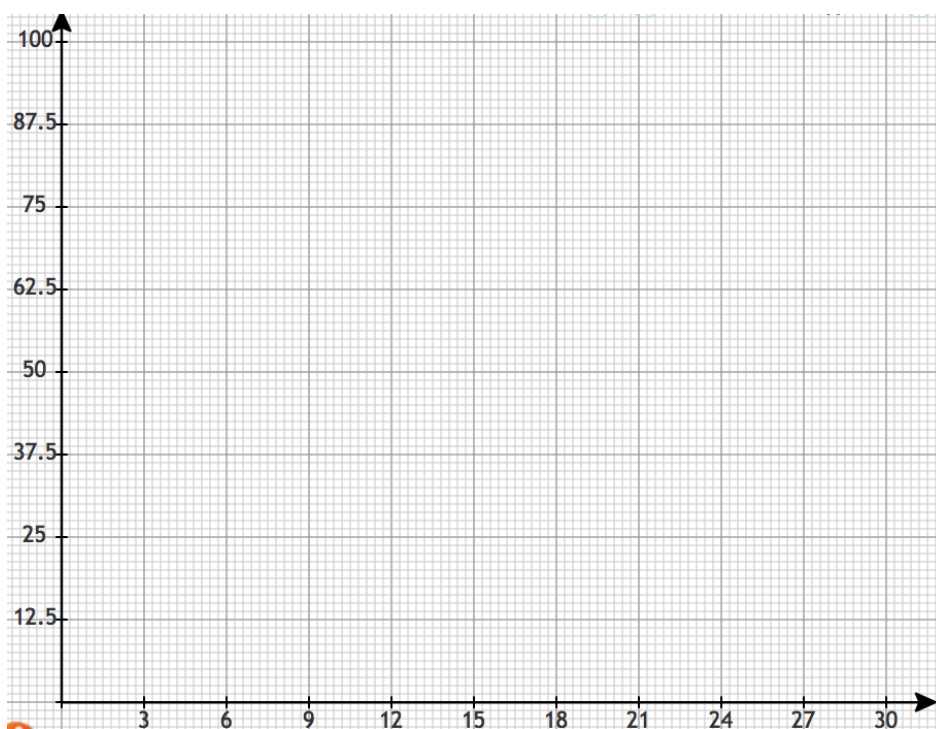


100°C

Μέτρησε το χρόνο διάλυσης της κάθε φορά. Βρήκε ότι, όταν η θερμοκρασία του νερού ήταν 20°C ο χρόνος διάλυσης της ζάχαρης ήταν 26 δευτερόλεπτα, όταν η θερμοκρασία του νερού ήταν 40°C ο χρόνος διάλυσης της ζάχαρης ήταν 13 δευτερόλεπτα και όταν η θερμοκρασία του νερού ήταν 100°C ο χρόνος διάλυσης της ζάχαρης ήταν 6,5 δευτερόλεπτα.

**Ερώτηση 12:** Να παρουσιάσεις τα παραπάνω δεδομένα του Δημήτρη σε ένα πίνακα.

**Ερώτηση 13:** Να παρουσιάσεις τα παραπάνω δεδομένα σε ένα καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων στο επίπεδο.



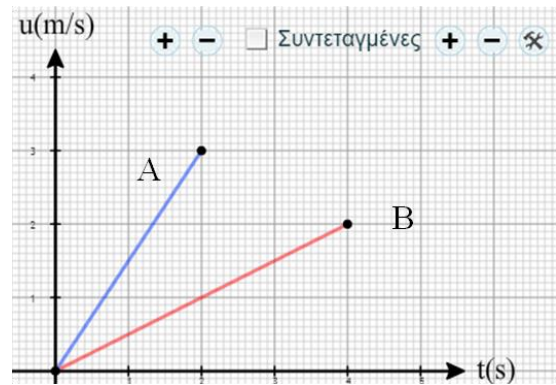
**Ερώτηση 14:** Με βάση τα δεδομένα του Δημήτρη, τι σχέση έχει η θερμοκρασία του νερού με το χρόνο διάλυσης της ζάχαρης σε αυτό; Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

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

**Ερώτηση 15:** Με βάση τα δεδομένα του Δημήτρη, να απαντήσεις στην παρακάτω ερώτηση: Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει το χρόνο διάλυσης της ζάχαρης σε αυτό; 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 ορθή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

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

**Ερώτηση 16:** Δύο άνθρωποι σπρώχνουν δύο σώματα Α και Β που έχουν ίσες μάζες σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Οι ταχύτητές τους μεταβάλλονται με το χρόνο όπως φαίνεται στο διάγραμμα. Σε ποιο σώμα ενεργεί μεγαλύτερη δύναμη.



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

**Σε ευχαριστούμε**



# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 (Φύλλα Εργασίας)

## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 1

Δραστηριότητα 1:



Ο οδηγός του παραπάνω μηχανοκίνητου ελκίθρου κρατά σταθερά το γκάζι και έτσι στο έλκηθρο ενεργεί μια σταθερή οριζόντια δύναμη. Δεν ενεργεί άλλη οριζόντια δύναμη στο έλκηθρο. Τι θα συμβεί αν διπλασιαστεί η δύναμη που ενεργεί στο έλκηθρο; Επέλεξε μια από τις παρακάτω προτάσεις με την οποία συμφωνείς.

- (α) Η ταχύτητα του ελκίθρου θα διπλασιαστεί
- (β) Η ταχύτητα του ελκίθρου θα παραμένει σταθερή
- (γ) Η επιτάχυνση του ελκίθρου θα διπλασιαστεί
- (δ) Η επιτάχυνση του ελκίθρου θα μείνει σταθερή

Γιατί;.....  
.....  
.....

Σχεδιάστε στα παρακάτω σχήματα σε δυο χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_1+\Delta t$ , τις ταχύτητες και τις επιταχύνσεις τους :



$t=t_1$



$t=t_1+\Delta t$



$t=t_1$



$t=t_1+\Delta t$

- ✓ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.
- ✓ Υπάρχουν ομοιότητες ανάμεσα στην άποψή σου και στις απόψεις των συμμαθητών σου; Αν ναι ποιες είναι αυτές;  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_
- ✓ Προσπάθησε να πείσεις τους συμμαθητές σου για την άποψη 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;

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_





Δραστηριότητα 2:

**Σχεδίαση της έρευνας**

➤ Τι πρόκειται να ερευνήσουμε;

.....

➤ Ποιες είναι οι απόψεις μας;

.....

➤ Γιατί το πιστεύουμε αυτό;

.....

➤ Συμπληρώνουμε τον παρακάτω πίνακα:

Τι αλλάζουμε;	Τι κρατούμε ίδια;	Τι ελέγχουμε;

**Πραγματοποίηση της έρευνας**

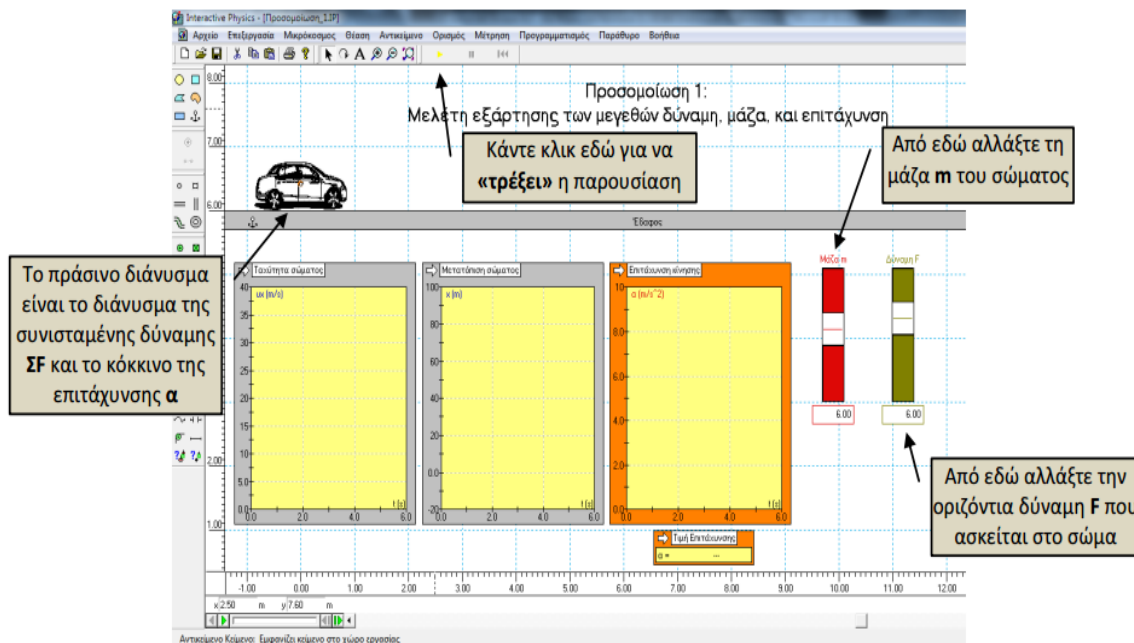
Ανοίξτε το λογισμικό Interactive Physics και επιλέξτε την Προσομοίωση 1. Στην προσομοίωση εμφανίζεται ένα σώμα που μπορεί να κινείται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Στο σώμα μάζας **m** ενεργεί μια οριζόντια σταθερή δύναμη **F**, στη διεύθυνση της κίνησης.

- ❖ Από το παράθυρο ιδιότητες για το όχημα έχουμε θέσει για την στατική και την κινητική τριβή, μεταξύ σώματος και επιπέδου τη τιμή μηδέν.
- ❖ Έχουμε επιλέξει τέτοιο χρόνο παύσης της προσομοίωσης, ώστε το όχημα να βρίσκεται μέσα στο οπτικό μας πεδίο.
- ❖ Ορίσαμε τιμές του άξονα της ταχύτητας έως 6m/s και του άξονα του χρόνου έως 6 sec, ενώ στο διάγραμμα θέσης –χρόνου ορίσαμε τις τιμές στον άξονα θέσης έως 20m.
- ❖ Τα ίχνη εμφανίζονται ανά 0,8sec
- ❖ Με τη βοήθεια της γραμμής πλαισίων στο κάτω μέρος της οθόνης



μπορείτε να τρέξετε την προσομοίωση ελέγχοντας τις χρονικές στιγμές και τις αντίστοιχες ταχύτητες.

- ❖ Από τη γραφική παράσταση της θέσης με το χρόνο μπορείτε να βγάλετε συμπέρασμα για το είδος της κίνησης του οχήματος.



Εκτελώντας την προσομοίωση, συμπληρώστε τους παρακάτω πίνακες για τις διάφορες τιμές της  $F$  και του χρόνου :

Πίνακας 1					
A/A	t(sec)	m(Kg)	F(N)	u(m/s)	$\alpha$ (m/s <sup>2</sup> )
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		
<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		
<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		
<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		

1) Όταν ενεργήσει η σταθερή δύναμη  $F$  στο σώμα τί παρατηρείται στην ταχύτητά του;

Πίνακας 2					
A/A	t(sec)	m(Kg)	F(N)	u(m/s)	$\alpha$ (m/s <sup>2</sup> )
<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>		
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		
<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>		
<b>4</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>8</b>		
<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>10</b>		





$t_1=1\text{sec}$



$t_2=4\text{sec}$



$t_1=1\text{sec}$



$t_2=4\text{sec}$

➤ Τι ήταν δύσκολο για εμάς σε αυτή την έρευνα;

.....  
.....

**Δραστηριότητα 3:**

Ένας άνθρωπος ασκεί μια δύναμη  $F$  σε ένα κιβώτιο που βρίσκεται στο χιόνι και αυτό αποκτά επιτάχυνση  $a$ , τότε: Πιστεύεις ότι η ταχύτητά του θα μεγαλώνει συνέχεια ;

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 ορθή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

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



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

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

---

---

---

✓ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

---

---

---



**Δραστηριότητα 4:**

Ένας άνθρωπος σπρώχνει ένα χαλασμένο αυτοκίνητο με σταθερή, οριζόντια δύναμη σε ένα δρόμο που δεν εμφανίζει τριβές, και σε κάποια στιγμή το αφήνει να κυλίσει, σύμφωνα με τα παρακάτω σχήματα, τότε:



(α) Το αυτοκίνητο θα σταματήσει μετά από λίγα μέτρα

(β) Το αυτοκίνητο θα συνεχίσει με σταθερή ταχύτητα

Με ποιο από τα παραπάνω συμφωνείς;

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 ορθή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

.....

.....

.....

.....

.....

Σχεδιάστε την ταχύτητα και την επιτάχυνση του αυτοκινήτου στα δυο σχήματα



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

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

---

---

✓ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

---

---

---



### Δραστηριότητα 5:

Ο Κώστας με τη Φανή παίζουν Air hockey όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Ο Κώστας κτυπά τον ακίνητο δίσκο με μια δύναμη και η Φανή αποκρούει την μπάλα, οπότε αποφασίζει να κτυπήσει το δίσκο με διπλάσια δύναμη οπότε βάζει γκολ. Τί συμπέρασμα βγάξετε για την ταχύτητα και την επιτάχυνση του δίσκου σε σχέση με τη πρώτη βολή; 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 ορθή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

.....

.....

.....

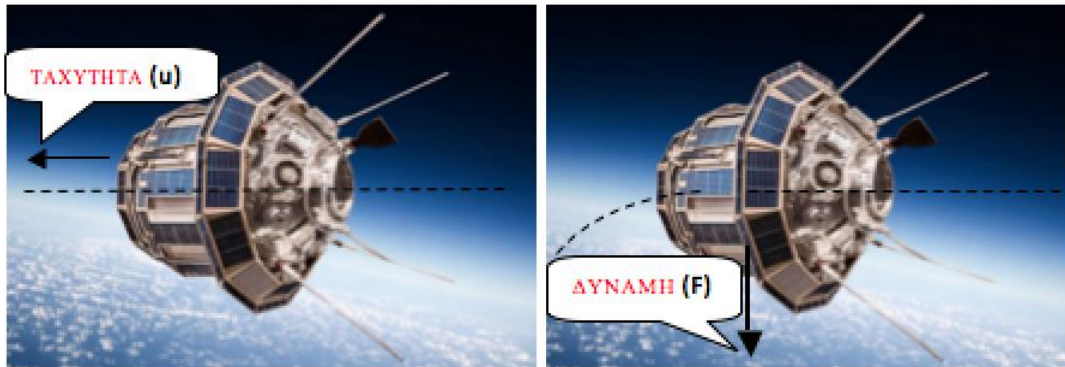
Στις επόμενες εικόνες σχεδιάστε την ταχύτητα και την επιτάχυνση όταν ο Κώστας κτυπάει το δίσκο αρχικά με μια δύναμη, και κατόπιν με μια διπλάσια.



### Δραστηριότητα 6:



Ο γεωστατικός δορυφόρος του παρακάτω σχήματος κινείται στο διάστημα σε τροχιά γύρω από τη Γη με σταθερή ταχύτητα, και δεν υπόκειται σε εξωτερικές δυνάμεις, όπου κάποια στιγμή ασκείται μια δύναμη  $F$ , κάθετα στην τροχιά κίνησής του,



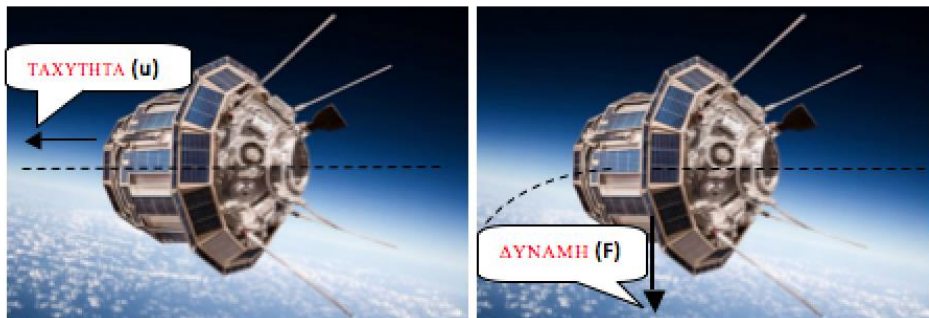
τότε τί συμπέρασμα βγάξετε :

- (α) Για την ταχύτητά του
- (β) Για την επιτάχυνσή του.

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 ορθή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

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

Σχεδιάστε στα παρακάτω σχήματα την ταχύτητα και την επιτάχυνση του δορυφόρου.



- ✓ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.
- ✓ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη;

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



**Δραστηριότητα 7:**

Στην Δραστηριότητα 1: «Ο οδηγός του παραπάνω μηχανοκίνητου ελκίθρου κρατά σταθερά το γκάζι και έτσι στο έλκητρο ενεργεί μια σταθερή οριζόντια δύναμη. Δεν ενεργεί άλλη

οριζόντια δύναμη στο έλκηθρο. Τι θα συμβεί αν διπλασιαστεί η δύναμη που ενεργεί στο έλκηθρο; Επέλεξε μια από τις παρακάτω προτάσεις με την οποία συμφωνείς».

- (α) Η ταχύτητα του ελκίθρου θα διπλασιαστεί
- (β) Η ταχύτητα του ελκίθρου θα παραμένει σταθερή
- (γ) Η επιτάχυνση του ελκίθρου θα διπλασιαστεί
- (δ) Η επιτάχυνση του ελκίθρου θα μείνει σταθερή



Δες τί απάντηση έδωσες στη Δραστηριότητα 1.

.....  
.....

Τι απάντηση θα δώσεις τώρα.

.....  
.....

Αν δώσεις διαφορετική απάντηση στις παραπάνω ερωτήσεις, τί νομίζεις ότι ήταν εκείνο που σου έκανε να αλλάξεις γνώμη;

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

Σχεδιάστε ξανά στα παρακάτω σχήματα σε δυο χρονικές στιγμές  $t_1$  και  $t_1 + \Delta t$ , τις ταχύτητες και τις επιταχύνσεις τους :



$t=t_1$



$t=t_1+\Delta t$



$t=t_1$



$t=t_1+\Delta t$

Ο σχεδιασμός των παραπάνω μεγεθών είναι ίδιος με το τρόπο που τα σχεδίασες στη δραστηριότητα 1; Αν όχι, τί είναι αυτό που σε έκανε να αλλάξεις γνώμη;

.....

.....

.....

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



## ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 2

*Δραστηριότητα 8:*

Στο έλκυθρο του προηγούμενου προβλήματος ο οδηγός του κουβαλάει ένα σακί. Εάν τοποθετήσει άλλο ένα ακριβώς το ίδιο, και η δύναμη που ενεργεί είναι ακριβώς η ίδια με πριν, τότε:

(α) Η ταχύτητα του θα παραμείνει σταθερή

(β) Η επιτάχυνσή του θα μείνει η ίδια

(γ) Η επιτάχυνση του θα γίνει η μισή

Γιατί;.....

.....

.....

Σχεδιάστε τη δύναμη την ταχύτητα και την επιτάχυνση στο έλκυθρο με το ένα σακί, και στη συνέχεια ομοίως με τα δύο σακιά.



1 Σακί



2 Σακιά

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

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

✓ Μπορείς να δικαιολογήσεις την απάντησή σου;

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



Αριθμός  
Ομάδας:



Δραστηριότητα 9:

Σχεδίαση της έρευνας

➤ Τι πρόκειται να ερευνήσουμε;

.....

➤ Ποιες είναι οι απόψεις μας;

.....

➤ Γιατί το πιστεύουμε αυτό;

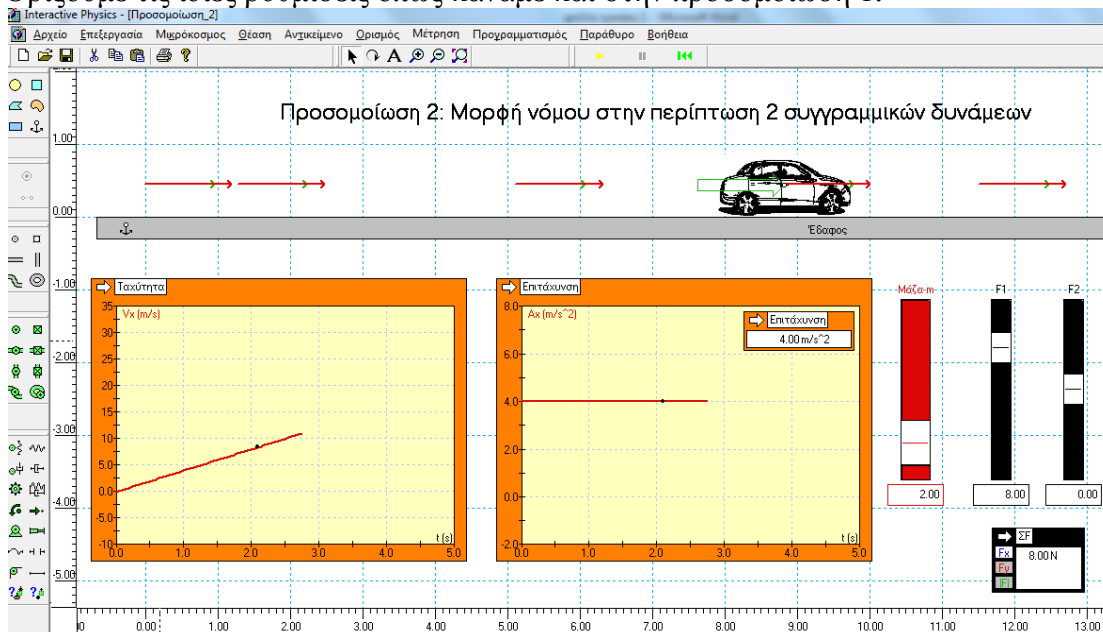
➤ Συμπληρώσουμε τον παρακάτω πίνακα:

Τι αλλάζουμε;	Τι κρατούμε ίδια;	Τι ελέγχουμε;

**Πραγματοποίηση της έρευνας**

Ανοίξτε το λογισμικό Interactive Physics και επιλέξτε την Προσομοίωση 2. Στην προσομοίωση εμφανίζεται ένα σώμα που μπορεί να κινείται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Στο σώμα μάζας  $m$  ενεργεί μια οριζόντια σταθερή δύναμη  $F_1$ , στη διεύθυνση της κίνησης (την  $F_2$  την θέτουμε ίση με ,μηδέν).

Ορίζουμε τις ίδιες ρυθμίσεις όπως κάναμε και στην προσομοίωση 1.



Εκτελώντας την προσομοίωση 2, συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα για διάφορες τιμές της μάζας ( $m$ ), με δεδομένες τις τιμές του χρόνου ( $t$ ) και της  $F_1$ .

A/A	t(sec)	m(Kg)	$F_1$ (N)	$F_2$ (N)	$\alpha$ (m/s <sup>2</sup> )	$F_1/m$ (N/ Kg)
1	1		5	0		
2	2		5	0		
3	3		5	0		
4	4		5	0		
5	5		5	0		
6	6		5	0		



1) Όταν ενεργήσει στο σώμα σταθερή δύναμη και η μάζα του μεγαλώνει, τι παρατηρείτε για την επιτάχυνσή του;

.....

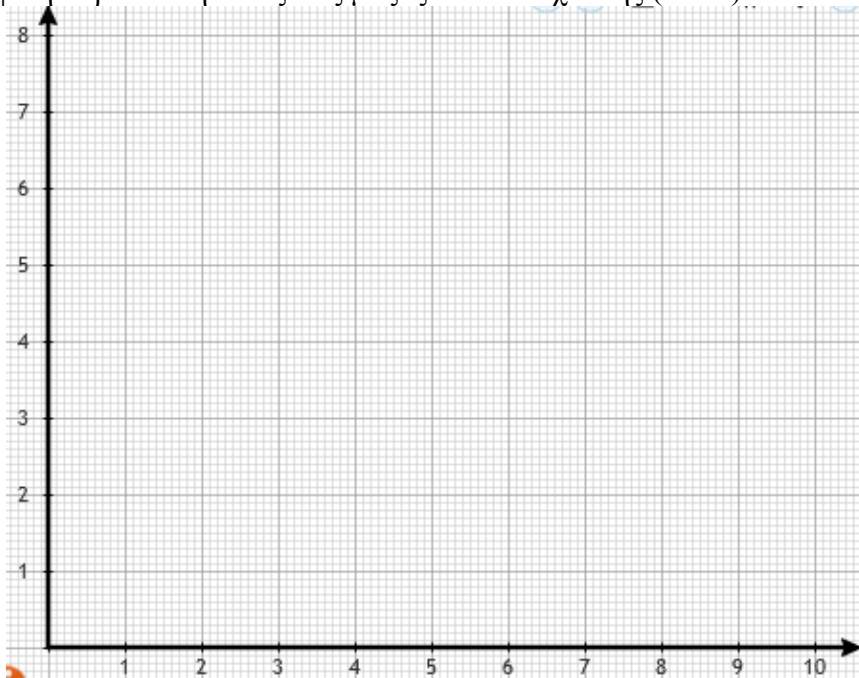
2) Τι ποσά είναι (ανάλογα ή αντιστρόφως ανάλογα), η μάζα και η επιτάχυνση εάν η δύναμη είναι σταθερή;

.....

3) Όσο μεγαλώνει η μάζα του σώματος εφαρμόζοντας σταθερή δύναμη στο σώμα, τι παθαίνει η ταχύτητά του;

.....

4) Κάντε γραφική παράσταση σε άξονες μάζας και επιτάχυνσης ( $m - a$ ).



5) Συγκρίνετε τις τιμές της επιτάχυνσης με τις τιμές του πηλίκου  $F_1/m$ , τι παρατηρείτε;

.....

#### Διαπιστώσεις – Συμπληρώσεις

➤ Τι διαπιστώσαμε από την έρευνα που κάναμε;

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

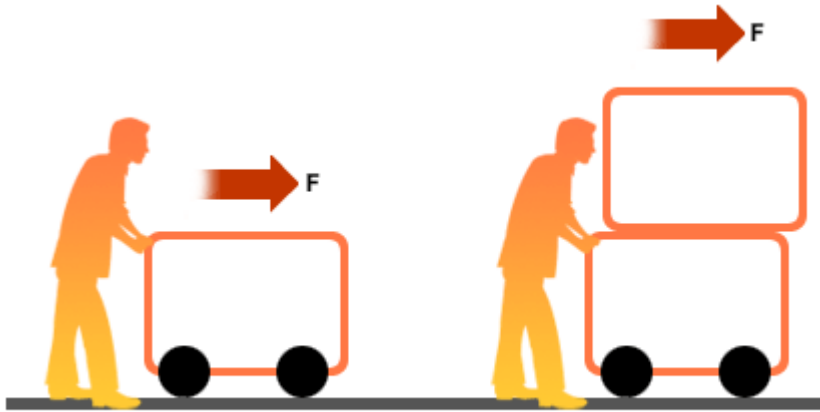
➤ Αυτό που διαπιστώσαμε ήταν αυτό που περιμέναμε;

.....

➤ Τι ήταν δύσκολο για εμάς σε αυτή την έρευνα;

.....  
.....  
*Δραστηριότητα 10:*

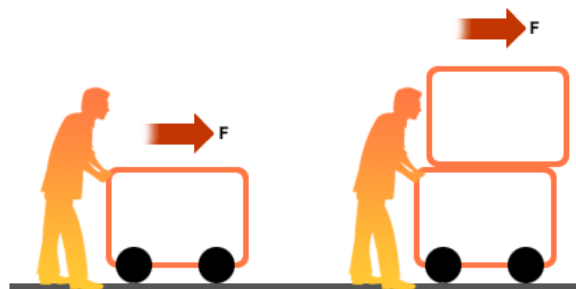
Ένας άνθρωπος ασκεί μια δύναμη  $F$  σε ένα κιβώτιο μάζας  $m$ . Εάν βάλουμε πάνω στο κιβώτιο άλλο ένα το ίδιο και ασκήσουμε πάλι την ίδια δύναμη  $F$  σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα τότε:



- Σε ποιά περίπτωση θα έχουμε τη μεγαλύτερη επιτάχυνση;

- .....  
.....
- Δικαιολόγησε την απάντησή σου.

- .....  
.....
- Σχεδιάστε την επιτάχυνση του κιβωτίου και στα δυο σχήματα



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

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

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



### Δραστηριότητα 11:

Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε δύο μικρούς και λεπτούς δίσκους του χόκεϋ πάνω σε οριζόντιο τραπέζι χωρίς τριβές. Εσείς κοιτάζετε από πάνω. Οι δίσκοι έχουν ίδιες διαστάσεις αλλά ο Α έχει διπλάσια μάζα από τον Β. Στους δυο δίσκους εφαρμόζουμε ίσες δυνάμεις μέχρι να φτάσουν στη γραμμή του τερματισμού. Η αντίσταση του αέρα είναι μηδενική.



Κατά τη διάρκεια της κίνησης η επιτάχυνση του βαρύτερου δίσκου είναι:

- (α) Διπλάσια από την επιτάχυνση του ελαφρύτερου δίσκου Β.
- (β) Μεγαλύτερη από την επιτάχυνση του ελαφρύτερου δίσκου Β αλλά όχι απαραίτητα διπλάσια
- (γ) ίση με την επιτάχυνση του ελαφρύτερου δίσκου Β
- (δ) Μισή από την επιτάχυνση του ελαφρύτερου δίσκου Β
- (ε) Μικρότερη από την επιτάχυνση του ελαφρύτερου δίσκου Β αλλά όχι απαραίτητα η μισή.

Με ποιά από τα παραπάνω συμφωνείτε;

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 ορθή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

.....

.....

.....

Σχεδιάστε τη ταχύτητα και την επιτάχυνση σε κάθε δίσκο:





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

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

---

---

---

---



*Δραστηριότητα 12:*

Στη δραστηριότητα 8: «Στο έλκυθρο του προηγούμενου προβλήματος ο οδηγός του κουβαλάει ένα σακί. Εάν τοποθετήσει άλλο ένα ακριβώς το ίδιο, και η δύναμη που ασκεί με το γκάζι είναι ακριβώς η ίδια με πριν, τότε:»

(α) Η ταχύτητα του θα παραμείνει σταθερή

(β) Η επιτάχυνσή του θα μείνει η ίδια

(γ) Η επιτάχυνση του θα γίνει η μισή

Δες τί απάντηση έδωσες στη Δραστηριότητα 8.

.....

Τι απάντηση θα δώσεις τώρα.

.....

Αν δώσεις διαφορετική απάντηση στις παραπάνω ερωτήσεις, τί νομίζεις ότι ήταν εκείνο που σου έκανε να αλλάξεις γνώμη;

.....

.....

Σχεδιάστε ξανά τη δύναμη την ταχύτητα και την επιτάχυνση στο έλκυθρο με το ένα σακί, και στη συνέχεια ομοίως με τα δύο σακιά.



1 Σακί



2 Σακιά

Ο σχεδιασμός των παραπάνω μεγεθών είναι ίδιος με το τρόπο που τα σχεδίασες στη δραστηριότητα 8; Αν όχι, τί είναι αυτό που σε έκανε να αλλάξεις γνώμη;

.....

.....

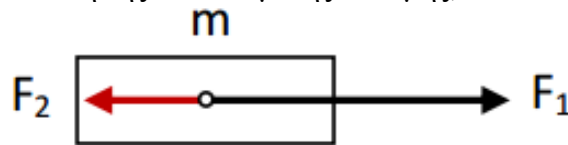
✓ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.



### ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ 3

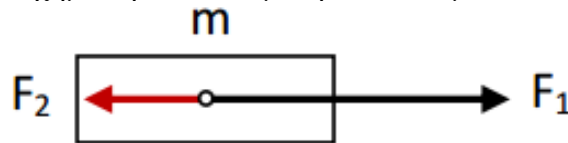
#### Δραστηριότητα 13:

Δύο οριζόντιες δυνάμεις,  $F_1$  και  $F_2$ , με κατεύθυνση όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, ασκούνται σε σώμα μάζας  $m$  που βρίσκεται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Το σώμα κινείται με επιτάχυνση μέτρου  $a$ . Ποιά νομίζετε ότι είναι η σχέση της κατεύθυνσης της επιτάχυνσης με την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης;



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 ορθή και ότι οποιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη.

Σχεδιάστε στο παρακάτω σχήμα την συνισταμένη των δυνάμεων και την επιτάχυνση



- ✓ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.
- ✓ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη;

---

---

---



# Αριθμός Ομάδας:



Δραστηριότητα 14:

## Σχεδίαση της έρευνας

- Τι πρόκειται να ερευνήσουμε;

.....

- Ποιες είναι οι απόψεις μας;

.....

- Γιατί το πιστεύουμε αυτό;

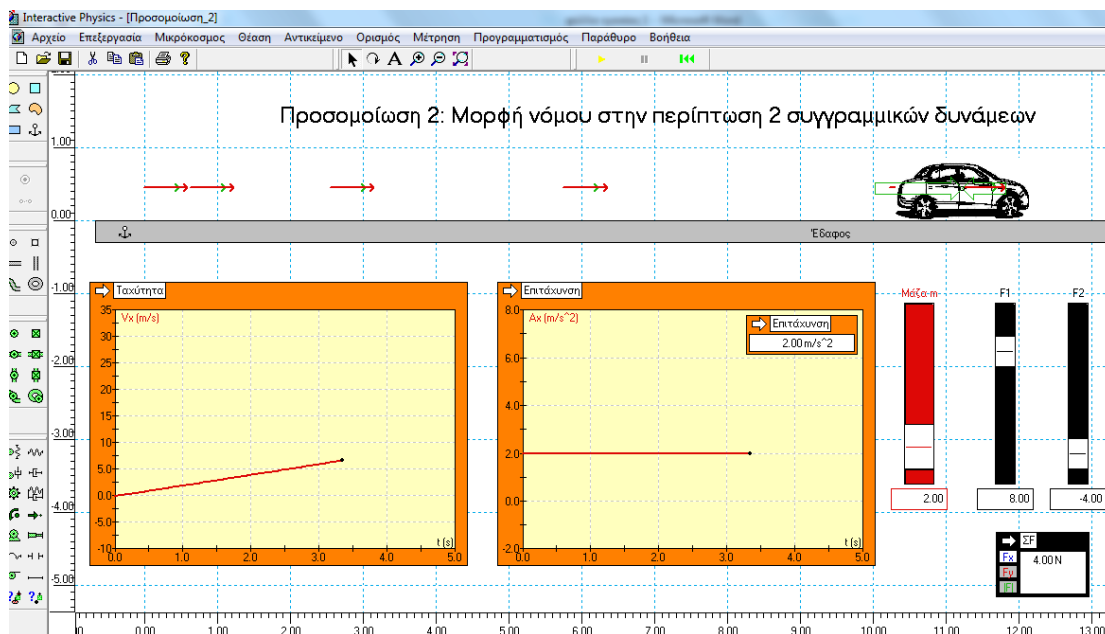
.....

- Συμπληρώνουμε τον παρακάτω πίνακα:

Τι αλλάζουμε;	Τι κρατούμε ίδια;	Τι ελέγχουμε;

## Πραγματοποίηση της έρευνας

Ανοίγουμε το λογισμικό Interactive Physics και επιλέγουμε τη 2<sup>η</sup> προσομοίωση. Στην προσομοίωση εμφανίζεται ένα σώμα που μπορεί να κινείται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Στο σώμα μάζας  $m$  ενεργούν δυο οριζόντιες σταθερές δυνάμεις  $F_1$  και  $F_2$ , στη διεύθυνση της κίνησης. Η  $F_2$  όταν παίρνει αρνητικές τιμές σημαίνει ότι έχει αντίθετη φορά της κίνησης του σώματος. Ορίζουμε τις ίδιες ρυθμίσεις όπως κάναμε και στην προσομοίωση 1.



Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα για διάφορες τιμές των  $F_1$ ,  $F_2$  και  $m$  (αρνητική τιμή της δύναμης  $F_2$  σημαίνει ότι η δύναμη έχει αντίθετη φορά).

A/A	$F_1$ (N)	$F_2$ (N)	$\Sigma F = F_1 + F_2$ (N)	$m$ (Kg)	$\alpha$ ( $m/s^2$ )	$\Sigma F/m$ (N/Kg)
1	4	0		2		
2	4	-1		2		
3	4	-2		2		
4	4	-4		2		
5	8	-2		2		
6	8	-5		2		

1) Τι είδους κίνηση εκτελεί το σώμα όταν  $\Sigma F > 0$ ;

.....

2) Αν αυξήσουμε την συνολική δύναμη ( $\Sigma F$ ) που ασκείται στο σώμα τι παρατηρούμε για την επιτάχυνση;

.....

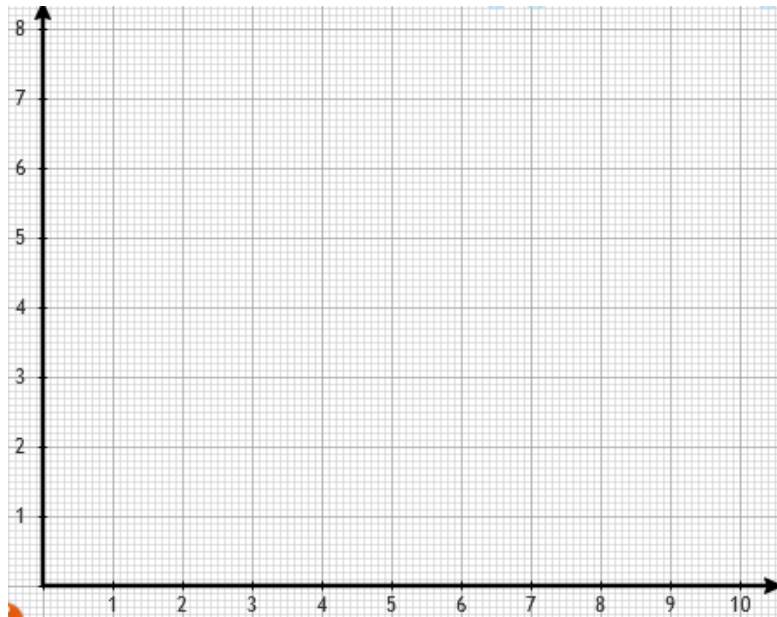
3) Αν μεγαλώσουμε το μέτρο της  $F_2$ , τι παθαίνει η ταχύτητά του σώματος και τι η επιτάχυνση του;

.....

4) Με βάση τα αποτελέσματα της προσομοίωσης, τι συμπέρασμα προκύπτει για τη σχέση μεταξύ της επιτάχυνσης  $\alpha$  και του λόγου  $\Sigma F/m$ ;

.....

..... 5) Για τις τιμές του παραπάνω πίνακα, κάντε διάγραμμα Συνισταμένης δύναμη επιτάχυνσης ( $\Sigma F - \alpha$ ).



6) Αν λύσουμε ως προς τη δύναμη  $F$  (ή την συνισταμένη δύναμη  $\Sigma F$ ) ποια σχέση προκύπτει;

$$F = \dots\dots\dots \text{ ή } \Sigma F = \dots\dots\dots$$

και ποια είναι η διανυσματική μορφή των παραπάνω σχέσεων;

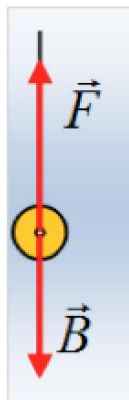
$$\vec{F} = \dots\dots\dots \text{ ή } \Sigma \vec{F} = \dots\dots\dots$$

7) Με βάση τις παραπάνω σχέσεις, με τι ισούται η μονάδα της δύναμης στο διεθνές σύστημα (στο S.I.), το 1 Newton (1 N);

$$1 \text{ N} = \dots\dots\dots$$

*Δραστηριότητα 15:*

Τραβάμε με ένα σχοινί ένα σώμα κατακόρυφα προς τα πάνω όπως δείχνει το παρακάτω σχήμα, με μία δύναμη  $F=20\text{N}$  και το βάρος του είναι  $B=10\text{N}$ .



Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις ως Σωστές ή Λανθασμένες και να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας:

- ❖ Από τα δεδομένα του σχήματος προκύπτει ότι το σώμα επιταχύνεται προς τα πάνω.

.....  
.....  
.....  
❖ Η συνισταμένη των δυνάμεων έχει την ίδια κατεύθυνση με την επιτάχυνση

.....  
.....  
.....  
❖ Η συνισταμένη των δυνάμεων έχει αντίθετη κατεύθυνση με την επιτάχυνση

.....  
.....  
.....  
❖ Σχεδιάστε στο παραπάνω σχήμα τη συνισταμένη δύναμη και την επιτάχυνση



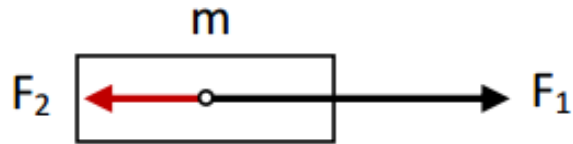
- ✓ Συζήτησε την απάντησή σου με τους συμμαθητές της ομάδας σου.
- ✓ Μετά τη συζήτηση που είχες με τους συμμαθητές σου, υποστηρίζεις την ίδια άποψη;



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

*Δραστηριότητα 16:*

Στη δραστηριότητα 13: «Δύο οριζόντιες δυνάμεις,  $F_1$  και  $F_2$ , με κατεύθυνση όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, ασκούνται σε σώμα μάζας  $m$  που βρίσκεται πάνω σε λείο οριζόντιο επίπεδο. Το σώμα κινείται με επιτάχυνση μέτρου  $a$ . Ποιά νομίζετε ότι είναι η σχέση της κατεύθυνσης της επιτάχυνσης με την κατεύθυνση της συνισταμένης δύναμης;



➤ Τι απάντηση έδωσες πριν τη διδασκαλία;

.....  
 .....

➤ Τι απάντηση θα δώσεις τώρα;

.....  
 .....

➤ Αν δώσεις διαφορετική απάντηση, τι νομίζεις ότι ήταν εκείνο που σου έκανε να αλλάξεις γνώμη;

.....  
 .....

➤ Ζωγραφίστε το παραπάνω σχήμα και σχεδιάστε τη συνισταμένη δύναμη και την επιτάχυνση.



Ο σχεδιασμός των παραπάνω μεγεθών είναι ίδιος με το τρόπο που τα σχεδίασες στη δραστηριότητα 13; Αν όχι, τί είναι αυτό που σε έκανε να αλλάξεις γνώμη;

.....  
 .....

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

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

---

---

---

---

